ISSN-2448-7236

MEMORIAS DEL CONGRESO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, INDUSTRIAL Y TELECOMUNICACIONES, SISTEMAS Y ELECTRÓNICA

AÑO 9. No. 9. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES
DEPARTAMENTOS DE FÍSICA, MATEMÁTICAS E INGENIERÍA

ISSN-2448-7236
Publicada en página web del evento

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025

DIRECTORIO

UNAM

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Rector

Dra. Patricia Dávila Aranda
Secretaria General

Dr. Hugo Alejandro Concha Cantú
Abogado General

FESC

Dr. David Quintanar Guerrero
Director

Dr. Benjamín Velasco Bejarano
Secretario General

Lic. Jaime Jiménez Cruz
Secretario Administrativo

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería mecánica eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, es una publicación electrónica anual, septiembre 2024 – agosto 2025, editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, carretera Cuautitlán Teoloyucan km. 2.5, Colonia San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, Tel. (55)56231999 ext.: 39446, eventoslier@hotmail.com. Editores responsables: Dr. Victor Hugo Hernández Gómez e Ing. Omar Olvera García. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No.: 04-2023-081117441200-102 e ISSN-2448-7236, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de autor. Responsable de la última actualización de este número, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 6 de septiembre de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los compiladores o editores de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

D. R. © 2024 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán.
C. P. 04510, México, Distrito Federal.

"Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales". Hecho en México

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

HISTORIA DEL CONGRESO

INFORMACIÓN DE LA MEMORIA

ARBITRAJE

ARTÍCULOS

AGRADECIMIENTOS

LEGAL

PRESENTACIÓN

Las Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, es un documento de publicación anual, el cual lo integran artículos seleccionados por el Comité Científico Técnico entre los presentados en el Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica de la FES Cuautitlán.

El Comité Científico Técnico está integrado por especialistas del área, provenientes de diferentes instituciones de educación superior. Para publicar en las memorias es necesario participar en el Congreso y respetar las fechas establecidas para la entrega de documentos. La versión final del artículo debe contemplar las observaciones realizadas por el Comité Científico Técnico. Como esta publicación está registrada ante el Indautor, es necesario entregar el formato de transferencia de derechos que se proporciona junto con el formato del artículo.

REGRESAR AL CONTENIDO

HISTORIA DEL CONGRESO

El primer congreso realizado fue del 4 al 8 de septiembre del 2006 y fue organizado por la Coordinación de IME en conjunto con los Departamentos de Física, Matemáticas e Ingeniería, coordinado por el Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez. El nombre del evento fue Primer Congreso Científico Tecnológico de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista de la Fes Cuautitlán.

Posteriormente año tras año se ha organizado el evento, conservando ese nombre hasta el año de 2013, ya que se tuvo una actualización de los planes de estudio de la FESC y se incrementaron las carreras de ingeniería, por lo cual se incluyeron en el nombre como Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería mecánica eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, el cual a la fecha conserva dicho nombre el evento.

En total se ha realizado el evento en diecinueve ocasiones en los cuales se ha publicado una memoria en donde se incluyen los artículos presentados en el evento. A partir de la quinta memoria y hasta la octava, se contó con el ISBN correspondiente y a partir del 11 congreso la memoria del evento se convirtió en una publicación electrónica denominada Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, con el ISSN-2448-7236.

Los artículos, antes de ser presentados en el evento y ser publicados, han pasado por un comité revisor, el cual ha tenido el nombre de Comité Científico Técnico, el cual lo han integran doctores, maestros e ingenieros del área. A los autores se les da una fecha de entrega del extenso, pasa por dicho comité y posteriormente se les envía el dictamen con las observaciones de lo que deben modificar para su aceptación final.

Los artículos deben ser originales y sobre resultados de proyectos de investigación, docencia y desarrollo tecnológico.

Los artículos publicados están clasificados dependiendo del área de conocimiento los cuales pueden ser:

FÍSICA

FE	ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO
FM	MECÁNICA
FO	TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA, ÓPTICA Y ONDAS
FT	FÍSICA TEÓRICA
EF	ENSEÑANZA DE LA FÍSICA
FA	FÍSICA EN OTRAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

MATEMÁTICAS

MA	CONTINUAS
MC	CÓMPUTO
MD	DISCRETAS
ME	ESTADÍSTICA
MP	PROBABILIDAD
EM	ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

COMITÉ ORGANIZACIONAL

INGENIERÍA

IA	AMBIENTAL
IB	ELÉCTRICA
IC	ELECTRÓNICA
ID	MATERIALES
IE	ENERGÍA
IF	AUTOMATIZACIÓN
IG	CALIDAD
IM	FLUIDOS
IP	PRODUCCIÓN
IR	ROBÓTICA
IU	COMUNICACIONES
EI	ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

REGRESAR AL CONTENIDO

OTROS

DE	DISEÑO (EXPERIMENTOS Y PROTOTIPOS)
O	OTROS

COMITÉ ORGANIZACIONAL

ORGANIZADOR Y COORDINADOR DEL EVENTO

Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez

COLABORADORES

INGENIERÍA
M En C. Oscar Sánchez Baños
Ing. Omar Olvera García
Ing. Jorge Ramírez Rodríguez

FÍSICA
Dr. Pedro Guzmán Tinajero
Dr. Ramón Osorio Galicia
M. Alberto Cruz Osnaya
Ing. Ángel Rueda Ángeles
Ing. Eduardo Carrizales Ramírez

MATEMÁTICAS
Dr. Jorge Altamira Ibarra
Ing. José Antonio Hernández Soriano
Dr. José Luz Hernández Castillo
M. en Ing. Vicente Vázquez Suárez
Dra. Claudia Cruz Sánchez
Dra. Celina Elena Urrutia Vargas
Dr. José Juan Contreras Espinosa
Dr. Armando Aguilar Márquez

REGRESAR A HISTORIA

INFORMACIÓN DE LA MEMORIA

COMPILADORES DE LA MEMORIA

COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

DIRECTORIO

REGRESAR AL CONTENIDO

COMPILADORES DE LA MEMORIA

Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez

Ing. Omar Olvera García

REGRESAR A INFORMACIÓN DE LA MEMORIA

COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez
Dra. Celina Elena Urrutia Vargas
Dr. Germán Fernández García
Dr. David Morillón Gálvez
Dr. Pedro Guzmán Tinajero
Dr. Abraham Méndez Albores
Dra. Alma Guadalupe Vázquez Durán
M En I. Raúl Velasco Muñoz
M En I. Andrés Andrade Vallejo
Dr. Ramón Osorio Galicia
M En I. Jesús García Lira
Ing. Omar Olvera García
M En C. Oscar Sánchez Baños
Dr. José Juan Contreras Espinosa
Dr. Armando Aguilar Márquez
Dr. David Tinoco Varela
Dr. Esiquio Martin Gutiérrez Armenta
Dr. Marco Antonio Gutiérrez Villegas
M. en C. Alfonso Jorge Quevedo Martínez
M en C Israel Isaac Gutiérrez Villegas

REGRESAR A INFORMACIÓN DE LA MEMORIA

ARBITRAJE

Los artículos enviados para su posible participación en el Congreso y publicación en la publicación electrónica, debe pasar por varias revisiones:

El comité organizador revisa que el artículo cumpla con las características solicitadas en la convocatoria del congreso, como son: que estén dentro de los temas del congreso; que sean resultado de un proyecto de investigación, docencia y desarrollo tecnológico; y que cumplan con el formato solicitado.

Posteriormente es enviado a un integrante del Comité Científico Técnico, seleccionado en función del tema del artículo, el cual emite su opinión y evaluación. Dicha evaluación es enviada nuevamente a los autores para que revisen las observaciones y realicen los cambios pertinentes.

Por último, la versión final es sometida nuevamente al Comité Científico Técnico con la finalidad de verificar si cumplió con lo solicitado en la primera evaluación y puedan participar en el evento.

El Comité Científico Técnico envía al Comité Organizador la propuesta de artículos que consideran de un nivel académico adecuado para su publicación en la publicación electrónica.

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTÍCULOS

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
CP-03	Diseño y simulación de una aplicación móvil de asesorías académicas	Juárez Hernández Miriam Laura, Magaña González María del Carmen, Tenorio Millan Esmeralda, Medina Cervantes Hazel Obed, Olivares Martínez Moisés Emmanuel	milau_50@hotmail.com
CP-04	Fabricación de hábitat artificial automatizado para el estudio del Tenebrio molitor: monitoreo de desarrollo de vida y aplicaciones potenciales	Miriam Laura Juárez Hernández, Rubio Galeana Saúl	milau_50@hotmail.com
CP-07	Sistema alternativo hibrido para medio de transporte	Miriam Laura Juárez Hernández, Mayra Hernández Bustamante	milau_50@hotmail.com
DE-01	Diseño Industrial de un contenedor de acrílico destinado a la inspección de jeringas con capacidad de 10 mililitros	Irvin Mondragón Hernández, Guillermo Urriolagoitia Sosa, Beatriz Romero Ángeles, Rodrigo García García	irvinmondra01@gmail.com
DE-02	Proyecto para optimizar el sistema de enfriamiento de una planta de temperatura experimental	Daniel Martínez Gutiérrez, Emmanuel Domínguez Osio, Edgar Baldemar Aguado	edgar.aguado@ingenieria.unam.edu
DE-04	Diseño y manufactura de un horno eléctrico para tratamiento térmico templado “TemplaTec”	Gabriel Sauza Salinas, Ignacio Cedillo Villagrán, Nancy Guadalupe Torres Nieto, Martha Ofelia Nieto López, Juan Sauza Salinas, Diego Sebastián Rojas Juárez	gabriel.ss@tlalnepantla.tecnm.mx
DE-05	Diseño de herramienta de troquelado para una terminal eléctrica	Abraham Rodríguez Galeotte, Alfonso Campos Vázquez, Antonio González López	abrrodriguez@ipn.mx
DE-06	Generación de biogás a partir de residuos domésticos	Abraham Rodríguez Galeotte, Alfonso Campos Vázquez, Antonio González López	abrrodriguez@ipn.mx
DE-07	Prototipo automático electrosoldador de mallas	Abraham Rodríguez Galeotte, Martín Darío Castillo Sánchez	abrrodriguez@ipn.mx

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
DE-08	Dispositivo integral de corte circular con tecnología CNC para antorcha de gas hidroxi	Naiobi Van Vértiz Figueroa, Dulce Abigail Sipriano San Martin, Allan Ronier Diez, Barroso Agraz, Iván Alberto Vértiz Maldonado, Jorge Carlos León Anaya	investigacionupvm@gmail.com
DE-10	Diseño de un dispositivo rehabilitador de muñeca	Mauricio Aarón Pérez Romero*, Adrián Esteban Mejía García, Armando Josué Piña Díaz, Frida Janine Razo Bedolla, Tania Díaz Dionisio	prma@live.com.mx
DE-11	Prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura orgánica a base de nopal	Frida Janine Razo Bedolla*, Miriam Gómez Álvarez, Armando Josué Piña Díaz, Mauricio Aarón Pérez Romero, Juan Carlos Aguilar Valencia	janinerazo@gmail.com
EF-02	Práctica de capacitancia aplicando el método de aprendizaje significativo, para la asignatura de electricidad y magnetismo de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica	Ramón Osorio Galicia, Cesar Rueda Ángeles, Melody Cinthya Vicuña Gómez, Angel Rueda Ángeles, Ricardo Gaitán Lozano	cruedaa@comunidad.unam.mx
EI-01	La importancia de la propiedad intelectual en la ingeniería	Edgar Baldemar Aguado Cruz, Francisco José Rodríguez Ramírez, Benigno Salvador Santamaría	edgar@dctrl.fi-b.unam.mx
EI-05	Propuesta de programa de estudio para la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración, para la carrera de IME de la FES Cuautitlán	Víctor Hugo Hernández Gómez, Gilberto Chavarría Ortiz, Omar Olvera García	vichugo@unam.mx
EI-06	Propuesta de mejora al temario de la asignatura de Ingeniería ecológica	Gilberto Chavarría Ortiz, Víctor Hugo Hernández Gómez, Omar Olvera García	gchoz70@comunidad.unam.mx
EI-07	Material didáctico para la asignatura de Ingeniería ecológica	Gilberto Chavarría Ortiz, Víctor Hugo Hernández Gómez, Omar Olvera García	gchoz70@comunidad.unam.mx
EI-08	Material didáctico para la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración	Víctor Hugo Hernández Gómez, Gilberto Chavarría Ortiz, Omar Olvera García	vichugo@unam.mx

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
EM-03	Diseño de tanques de almacenamiento de salmuera para resolver problemas de mezclas desde un enfoque transdisciplinar	Iván Noé Mata Vargas, Carlos Oropeza Legorreta, José Luz Hernández Castillo, Diego Sánchez García	ivannoematavargas@cuautitlan.unam.mx
EM-04	Principios de funcionamiento de un rotomartillo aplicando transformaciones lineales: una oportunidad de aplicar la transdisciplina	Carlos Oropeza Legorreta, Luis Eduardo Trejo Barrera, José Juan Contreras Espinosa, Carlos Oropeza Ugalde	coropeza96@hotmail.com
FA-01	Crecimiento de Capas de Fe2B en la Superficie de un Acero AISI 1018	Yesenia Sánchez-Fuentes, Luz Alejandra Linares-Duarte, José Abraham Balderas-López, Raúl Tadeo-Rosas, Enrique Hernández-Sánchez, Cintia Proa-Coronado, Roberto Reyes-Arce	roberto_reyes_a@hotmail.com
FE-01	Recursos innovadores para la enseñanza de la Ley de Ohm	Aidé Castro Fuentes, Ana María Terreros de la Rosa	aidecastro@cuautitlan.unam.mx
FE-02	Evaluación de la aplicación del aprendizaje significativo en las prácticas de laboratorio electricidad y magnetismo a través de cuestionarios de opción múltiple. PAPIME 106424	Melody Cinthya Vicuña Gómez, Angel Rueda Ángeles, Ramón Osorio Galicia, Pedro Guzmán Tinajero, Cesar Rueda Ángeles	cruedaa@comunidad.unam.mx
FO-01	Teoría electromagnética y energía solar	Pedro Guzmán Tinajero, Aidé Castro Fuentes, Víctor Hugo Hernández Gómez	pguzmant@cuautitlan.unam.mx
FO-02	Teoría electromagnética e inteligencia artificial	Pedro Guzmán Tinajero, Armando Aguilar Márquez, Frida María León Rodríguez y Omar García León	pguzmant@cuautitlan.unam.mx
FT-01	Explorando la violación de sabor leptónico: análisis y revisión	Marcela Marín	marcemarino8a@cuautitlan.unam.mx
IA-01	Programación óptima de inspecciones ambientales bajo incertidumbre	Mario Luis Chew Hernández, Raúl Gómez Gómez Tagle, Gisela Janeth Espinoza Martínez	mario@tesco.edu.mx
IA-02	Fabricación de papel usando la celulosa que proporciona el sargazo	Alfonso Jorge Quevedo Martínez, Esiquio Martin Gutiérrez Armenta, Marco Antonio Gutiérrez Villegas, Israel Isaac Gutiérrez Villegas, Alejandro Cruz Sandoval	emga@azc.uam.mx

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
IB-01	Desarrollo de un sistema de alumbrado mediante tecnología led	Martín D. Castillo Sánchez, María de Jesús Velázquez Vázquez, Juan Daniel Rivas Martínez	avinfer66@gmail.com
IB-02	Generación de energía eléctrica utilizando paneles solares bifaciales orientables	Martín D. Castillo Sánchez, María de Jesús Velázquez Vázquez, Juan Daniel Rivas Martínez	avinfer66@gmail.com
IC-02	Gestión de un sistema de riego casero mediante un sistema experto	Miguel Borboya Melchor, David Tinoco Varela, Fernando Gudiño Peñaloza	ilciarmin@gmail.com
IC-03	Diseño de una alarma de gases medicinales	Eduardo Martínez Montiel, Rogelio Manuel Higuera González y Víctor Alfredo González Morales	ing.hgrm@gmail.com
ID-01	Caracterización de una soldadura (SMAW) con electrodo revestido de níquel en metales disimiles fundición gris perlítica-acero inoxidable austenítico 304	García Lira J, Castillo Sánchez M, Arena Romero J. J, García Sotuyo E	jgarcialira@gmail.com
ID-02	Estudio de carburos en un acero inoxidable austenítico HK40 envejecido a 780°C	García Lira J, Castillo Sánchez M, Arena Romero J. J, García Sotuyo E	jgarcialira@gmail.com
ID-04	Diseño de una pieza de plástico para un equipo de crioterapia	Juan José Arenas Romero, José Alejandro Meza Ramos, Jesús García Lira, Martín Darío Castillo Sánchez	jjarenasr.ipn.721@gmail.com
ID-06	Estudio y análisis de la zona afectada por calor en una unión disímil de acero inoxidable 304 y fundición de hierro gris con parte 308-16	Diego Sanchez García, Héctor Enrique Curiel Reyna, Noe Alberto Cortes Guerrero, Raúl Dalí Cruz Morales, Gonzalo Hedain López Mera	fescmateriales@gmail.com
IE-01	Generación eléctrica por medio de una planta mini hidroeléctrica para el poblado de Santo Domingo Tehuantepec, en Oaxaca	Juan Daniel Rivas Martínez, Martin Darío Castillo Sánchez	drivas-sigmatron@hotmail.com
IE-03	Propuesta de un micro central hidroeléctrica en la zona ganadera la Mezquitera, municipio de Tlaltizapán, estado de Morelos	Juan Daniel Rivas Martínez, Martin Darío Castillo Sánchez	drivas-sigmatron@hotmail.com

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
IE-04	La IA: Asistente esencial en tareas laborales, ¿Aliada o riesgo ante nuestra dependencia?	Julio Cesar Tapia Durán, Juan Carlos Rodríguez Campos, Mariana Rico Chagollán	juan.rc@irapuato.tecnm.mx
IE-05	Análisis de eficiencia térmica y generación de energía eléctrica de concentradores solares con motores Stirling	Pablo Yair Domínguez Zamora, Omar Olvera García, Omar Armando Cornejo Becerra, Víctor Hugo Hernández Gómez	pablo7yair@gmail.com
IE-07	Diseño de banco de pruebas para experimentación de Microturbina de gas	Froylán Solís Contreras, Rosa de Guadalupe González-Huerta, Juan Manuel Sandoval-Pineda	froylan.solisc@gmail.com
IE-08	Generación de energía eléctrica a partir de la captación de agua pluvial	Alfonso Jorge Quevedo Martínez, Esiquio Martin Gutiérrez Armenta, Marco Antonio Gutiérrez Villegas, Israel Isaac Gutiérrez Villegas, Alejandro Cruz Sandoval	emga@azc.uam.mx
IE-09	Recomendaciones bioclimáticas para la adecuación de la vivienda en la Riviera Maya	David Morillón Gálvez y Rodolfo Silva C.	damg@pumas.iingen.unam.mx
IE-10	Sistemas para la reducción de la demanda energética en Sisal, Yucatán, México	David Eduardo Ascencio San Pedro, David Morillón Gálvez	damg@pumas.iingen.unam.mx
IF-01	Actualización de la unidad de potencia en una laminadora en frio de lingotes de cobre	Ricardo Navarro Soto, María de Jesús Velázquez Vázquez, Martín D. Castillo Sánchez	mcastillos@ipn.mx
IF-03	Sistema de actuadores hidráulicos para el ahorro de energía en puertas abatibles	Ricardo Navarro Soto, María de Jesús Velázquez Vázquez, Martín D. Castillo Sánchez	mcastillos@ipn.mx
IF-05	Automatización de un sistema de control de indexado	Pedro Francisco Huerta González, Ivone Cecilia Torres Rodríguez, René Tolentino Eslava	phuerta@ipn.mx
IF-06	Control de temperatura para el secado de etiquetas	Ivone Cecilia Torres Rodríguez, Pedro Francisco Huerta González, René Tolentino Eslava	phuerta@ipn.mx
IF-07	Sistema de automatización para el control y monitoreo en el hogar	Jonathan Fuentes Euan, Gabriela Sarahí Vargas López, Tania Abigail Lira Baca, Fernando Gudiño Peñaloza	jfuenteseuan@cuautitlan.unam.mx

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
IF-08	Sistema y dispositivo integral de control numérico computarizado para corte y grabado	Itayetzi Castillo Yescas, Devean Axiel González Diaz, Nayobi Van Vertiz Figueroa, Iván Vertiz Maldonado4, Allan Ronier Diez Barroso Agraz	devean_18@hotmail.com
IM-01	Análisis termodinámico de un transformador de calor por absorción para revalorizar calor de baja entalpía	Marco Antonio Mendoza Zamorano, Francisco Noe Demesa López, Juan Serrano Arellano, Mario Antonio Jiménez Torrez	m23201303@pachuca.tecnm.mx
IM-02	Simulación computacional de la condensación del vapor de agua para mitigar el transporte de electrolito (KOH) en un sistema de purificación de gas oxihidrógeno	Rafael Axayacatl López Baranda, Juan Manuel Sandoval-Pineda, Luis Armando Flores Herrera, Edgar Adhair Montes Gómez	rafaaxayacatl@gmail.com
IM-03	Implementación de la metodología TRIZ para el diseño de componentes de un laboratorio de enseñanza de microfluídica	Pérez Ríos Stephani Jazmín, Garfias Becerril Giovanni, Aguilar Pérez Luis Antonio, Torres Guzmán Didier	laguilarpe@gmail.com
IM-04	Banco de pruebas de bombas centrífugas en serie-paralelo	René Tolentino Eslava, Ivone Cecilia Torres Rodríguez, Pedro Francisco Huerta González	rtolentino@ipn.mx
IM-05	Propuesta de rehabilitación del molino de martillos (Didacta Italia, TA1D) en la nave 2000 en la FES Cuautitlán Campo 1	Daniel Díaz Vásquez, Omar Olvera García, Víctor Hugo Hernández Gómez	omarog@comunidad.unam.mx
IP-01	Guía de aplicación de las normas de la secretaria de trabajo y previsión social en la manufactura	Raquel Muñoz Hernández, Saúl Rangel Lara	jael2222@hotmail.com
IP-02	El impacto del mapeo de procesos en la mejora de la eficiencia organizacional en el sistema Toyota	Oscar Sánchez Baños	scoscar@yahoo.com
IR-01	Uso y aplicación de inteligencia artificial en interfaces humano máquina: una revisión académica	David Tinoco Varela, Fernando Gudiño Peñaloza, Raúl Dalí Cruz Morales	dativa19@hotmail.com
MC-01	Desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada mediante el escaneo de objetos “Reality ScAn”	Torres Nieto Nieto Nancy Guadalupe, Sauza Salinas Gabriel, Calatayud Velázquez Luis Enrique, Escajeda Contreras Manuel de Jesús, Puente Pérez María Consuelo	gabriel.ss@tlalnepantla.tecnm.mx

REGRESAR AL CONTENIDO

ARTICULO	TITULO	AUTORES	CONTACTO
MC-02	Uso de las herramientas en la nube	Hernández Vázquez Gonzalo Iván, Rico Castro José Juan, López Guajardo Leonel Gualberto, García León Omar	gonzalo.hernandez@cuautitlan.unam.mx
MC-03	Análisis de reconocimiento de gestos faciales para la detección temprana de casos de deserción estudiantil usando Machine Learning y redes neuronales	Juárez Hernández Miriam Laura, Cisneros Rasgado Juan Carlos, Magaña González María del Carmen	milau_50@hotmail.com
MC-05	Sistema Embebido de Limpieza Sanitaria	Juárez Hernández Miriam Laura, Rosalba Sánchez Apolinar	milau_50@hotmail.com
ME-01	Análisis multivariado con redes semánticas y análisis factorial	Elizabeth Fonseca Chávez, Leticia Ruiz Flores, Mario Alfredo Ibarra Carrillo	buzonliz@gmail.com

REGRESAR AL CONTENIDO

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

CP-03

Diseño y simulación de una aplicación móvil de asesorías académicas

Juárez Hernández Miriam Laura, Magaña González María del Carmen, Tenorio Millan Esmeralda, Medina Cervantes Hazel Obed, Olivares Martínez Moisés Emmanuel

RESUMEN

A partir de la pandemia, la comunicación entre profesores y estudiantes fue muy complicada debido a que habían muchas causas por las que los estudiantes no entendían completamente las materias, la manera en que trabajaban cambio drásticamente, la falta de acceso a internet afectaba mucho a las clases principalmente porque el conocimiento no era claro, en muchas situaciones, al estar tantas horas en una clase, era complicado entender algunos temas por diversos distractores que influían en el contexto de los estudiantes y cuando comenzaron nuevamente las clases presenciales los estudiantes no lograban comprender los temas de las materias. Es por eso, que se propuso el diseño de una aplicación móvil que contribuya en el aprendizaje-enseñanza ágil y en tiempo real utilizando herramientas de la tecnología que faciliten el aprendizaje en tiempo real.

Palabras claves: Aplicaciones, asesorías académicas, sistemas, tecnología.

ABSTRACT

Since the pandemic, communication between teachers and students was very complicated because there were many reasons why students did not fully understand the subjects, the way they worked changed drastically, the lack of internet access greatly affected the classes mainly because the knowledge was not clear, in many situations, by spending so many hours in a class, it was difficult to understand some topics due to various distractions that influenced the students' context and when the face-to-face classes began again, the students could not understand the subject topics. That is why the design of a mobile application was proposed that contributes to agile and real-time learning-teaching using technology tools that facilitate real-time learning.

Keywords: Applications, academic consultancies, systems, technology.

*TecNM, Tecnológicos de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca, Ingeniería en Sistemas Computacionales, correo electrónico milau_50@hotmail.com, M.I.I. Miriam Laura Juárez Hernández, eseconomia7@gmail.com M. en A. Magaña González Maria del Carmen.

INTRODUCCIÓN

La educación superior se enfrenta a numerosos desafíos, uno de los más significativos es la búsqueda constante de recursos y apoyo adicionales para los estudiantes en su camino académico. En la enseñanza estudiantil suelen haber varios rezagos, debido a la falta de aprendizaje que hay en las materias, un ejemplo sería que un estudiante suele desviarse del tema de una asignatura e irse a otro sin haber asimilado el conocimiento dado y haber practicado más del tema; otro ejemplo, suele darse que un estudiante falta a una clase y se desfasa de los temas vistos afectando el conocimiento.

En la actualidad, existen muchas plataformas digitales con enfoques especializados en contextos profesionales, de negocios, de entretenimiento, educativos, de salud, entre otros, las plataformas educativas son principalmente un sitio web creado para desarrollar actividades relacionadas con la educación y el aprendizaje.

Además, son espacios en los cuales los docentes y universitarios pueden compartir los contenidos online de sus cursos. Las plataformas educativas suelen incluir una serie de herramientas para facilitar dicha experiencia.

De esta manera este articulo describe una plataforma diseñada para el aprendizaje de las personas; esta herramienta es muy útil para aclarar dudas y fortalecer el conocimiento; pues con ella se puede obtener información necesaria para fortalecer el rezago educativo a nivel superior y mejorar académica y profesionalmente los temas que les dificulta entender y a partir de ello implementar diversas herramientas o material que permita a los profesionales interactuar con sus alumnos y proporcionarles una explicación más clara de un tema.

Si bien, las plataformas ofrecen una gran facilidad, para que los usuarios puedan descargar la aplicación en algún dispositivo Android, por ejemplo, tabletas, móviles, etc. Y poder acceder solo teniendo conexión a internet.

Desafortunadamente, es común observar como el mal uso de la tecnología por parte de las personas, en el ámbito de la educación, presenta diferentes distractores por parte de los estudiantes como lo son redes sociales y solo en algunas ocasiones se enfocan en el aprendizaje. Esto limita que un conocimiento se adquiera adecuadamente de un tema en específico y solo se queden con algunas ideas, perdiéndose de la información valiosa y, por ende,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

la interactividad por parte del profesor al explicar una unidad que debe ser interesante y logre llamar la atención del estudiante para comprender acerca de esta desde diferentes perspectivas.

Es importante señalar que la plataforma "Queey" posee una serie de facilidades, que puede utilizarse para el aprendizaje de un nuevo tema o para el fortalecimiento de uno ya visto en particular o la integración completa de ellos, proporcionando información de retroalimentación.

En otros países, existen diferentes aplicaciones de las plataformas digitales en el acceso de contenido impartido en videos o laboratorios de simulación que le permiten al usuario fortalecer sus conocimientos. Sin embargo, se enfocará la plataforma creada para el fortalecimiento de aprendizaje, que permita compartir experiencias y aprender acerca de los avances y competencias desarrolladas en las especialidades que se incluyen, ofreciendo una interactividad directa con los profesores.

DESARROLLO DEL TEMA

En este contexto, surge la necesidad de una solución innovadora que brinde acceso rápido y fácil de asesoramiento y aprendizaje personalizado. En este escenario nace una aplicación móvil diseñada para ofrecer un servicio integral de asesoramiento académico a estudiantes universitarios.

Se percibe como una plataforma dinámica y versátil que conecta a estudiantes con profesionales expertos en diversas áreas académicas, facilitando así la resolución de dudas, la comprensión de conceptos complejos y el desarrollo de habilidades específicas. Su diseño intuitivo y herramientas avanzadas permiten una experiencia de usuario optima, mientras que su enfoque en la personalización del aprendizaje y la interactividad fomenta la participación y compromiso de los valores.

Además, el enfoque en el apoyo académico busca proporcionar una fuente de ingreso adicional para los profesionistas calificados que participan en la plataforma de manera flexible y conveniente. Al ofertar la oportunidad de brindar servicios de consulta y asesoramiento remunerados a través de la aplicación, que beneficia a los estudiantes a proporcionarles acceso a personal especializado y haciendo uso de sus habilidades y conocimientos. Véase Figura 1.



Figura 1. Logo de la aplicación: Elaboración propia

JUSTIFICACIÓN

La pandemia evidencio la falta de soluciones efectivas para superar las barreras de distancia y el acceso limitado a recursos educativos, lo que motivo la creación de dicha aplicación que surge como respuesta a la necesidad de crecer en el ámbito educativo de contar con una herramienta integral y accesible que facilite la comunicación, el aprendizaje y la enseñanza en un entorno digitalizado.

Otra necesidad es la actualización de métodos tradicionales de enseñanza que se ven limitados por la falta de herramientas tecnológicas permitiendo una comunicación efectiva entre profesores y estudiantes, así como la ausencia de plataformas educativas que integren todas las funcionalidades necesarias para un aprendizaje completo.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular una aplicación de asesorías académicas para usuarios universitarios.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Proporcionar acceso instantáneo a asesoramiento personalizado.
- Ofrecer orientación personalizada en una variedad de áreas.
- Garantizar una experiencia de usuario excepcional.
- Promover resultados efectivos y satisfactorios.
- Fomentar la colaboración y la adaptabilidad.
- Generar ingresos adicionales para los profesionales cualificados.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

METODOLOGIA

El proyecto, está basado en la metodología Scrum, presentando una iniciativa disruptiva en el ámbito de la educación y el asesoramiento personalizado. Dirigido exclusivamente a profesionales con un título y cédula profesional, los clientes universitarios, surge como una solución innovadora para satisfacer la creciente demanda de acceso instantáneo a servicios de asesoría y consultoría en un mundo digitalizado y en constante cambio.

En el núcleo de la aplicación se encuentra en el compromiso con la excelencia y la adaptabilidad, valores fundamentales de la metodología Scrum. La plataforma ofrece a los usuarios la posibilidad de conectarse con una red diversa de asesores expertos, todos ellos profesionales calificados, quienes ofrecen orientación personalizada en una variedad de áreas. A través de un proceso ágil y colaborativo, garantizando una experiencia de usuario excepcional y resultados efectivos para aquellos que buscan orientación y apoyo en su camino hacia el crecimiento personal y profesional.

Con una amplia gama de servicios disponibles, que abarcan desde tutorías académicas y orientación vocacional hasta coaching de vida y terapia emocional, se presenta como un recurso versátil y completo para aquellos que buscan mejorar sus vidas y alcanzar sus metas con confianza y claridad.

DESARROLLO Y DISEÑO DE LA APLICACIÓN.

Este será la primera interfaz de la aplicación mostrará el inicio de sesión para los estudiantes y profesores, habrá dos tipos de registro uno para estudiantes y otro para profesores. Según la Figura 2.

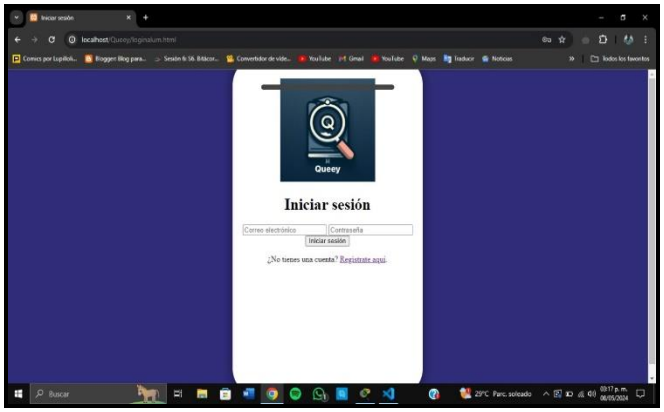


Figura 2. Interfaz principal de la aplicación: Elaboración propia

En la Figura 3 se observa como los estudiantes contendrán una serie de datos que se llenar conforme a sus datos personales y académicos, con respecto a los profesores irán los mismos datos, pero se registrarán importantemente con su cedula profesional y con el tipo de especialidad que ofrecen.



Figura 3.- Datos principales del usuario: Elaboración propia

A continuación, se muestran todas las asesorías que se van efectuando y de esta forma los alumnos puedan elegir al docente de su preferencia según sus habilidades duras y blanda.



Figura 4. Apartado sobre un historial de asesorías: Elaboración propia

Se considerará un apartado que contenga un historial de asesorías que mostrara a todos los profes que ofrecerán asesorías con sus debidas especialidades y se presenta un costo de acuerdo con el estudio brindado, buscando estandarizar los costos por hora. Buscando un beneficio para los estudiantes y profesores. Véase en la Figura 5.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

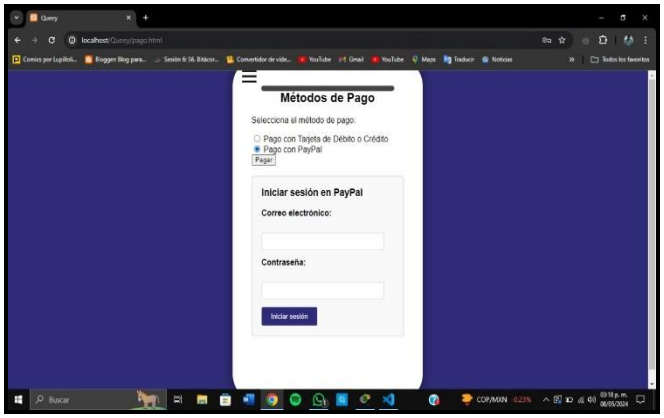


Figura 5. Llenado de datos financieros para el método de pago de la asesoría: Elaboración propia

FUNCIONAMIENTO DE LA BASE DE DATOS

Primero se analizó los requerimientos para poder desarrollar el proyecto en este caso lo que es la aplicación entonces una vez analizada los requerimientos se encontró que para el registro de los usuarios se necesita los siguientes puntos, como se presentan en la Figura 6 las especialidades almacenan las diferentes especialidades disponibles.

- Id: Un entero que se autoincrementa y actúa como la clave primaria de la tabla. Este campo identifica de manera única cada especialidad.
- Nombre: Un campo de tipo VARCHAR (255) que almacena el nombre de la especialidad. Este campo es único, lo que significa que no puede haber dos especialidades con el mismo nombre.

```
CREATE TABLE especialidades (
    id INT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
    nombre VARCHAR(255) UNIQUE
);
```

Figura 6.- Pequeño código acerca del listado de especialidades: Elaboración propia

Se almacena la información de los usuarios registrados en el sistema.

- Correo: Un campo de tipo VARCHAR (255) que actúa como la clave primaria de la tabla. Este campo almacena la dirección de correo electrónico del usuario.
- Nombre: Un campo de tipo VARCHAR (255) que almacena el nombre del usuario.
- Apellidop: Un campo de tipo VARCHAR (255) que almacena el apellido paterno del usuario.
- Apellidom: Un campo de tipo VARCHAR (255) que almacena el apellido materno del usuario.
- Edad: Un campo de tipo INT que almacena la edad del usuario.
- Especialidadid: Un campo de tipo INT que almacena el identificador de la especialidad del usuario. Este campo es una clave foránea que referencia al campo id de la tabla especialidades.
- Teléfono: Un campo de tipo VARCHAR (20) que almacena el número de teléfono del usuario.
- Contraseña: Un campo de tipo VARCHAR (255) que almacena la contraseña del usuario.
- Foto: Un campo de tipo BLOB que almacena la foto del usuario como un objeto binario grande.

La tabla usuarios tiene una relación de muchos a uno (many-to-one) con la tabla especialidades a través del campo especialidad. Esto significa que cada usuario está asociado con una especialidad, pero cada especialidad puede estar asociada con múltiples usuarios.

Una vez obtenida la base de datos se empezó a desarrollar en html y php para su simulación

HTML: Página de Inicio de Sesión
La página de inicio de sesión (HTML) contiene:

Estructura básica HTML: Con etiquetas como <!DOCTYPE html>, <html>, <head>, y <body>.
Metaetiquetas: Para definir la codificación de caracteres y la capacidad de respuesta para dispositivos móviles.
Título y estilos: Incluye el título de la página y estilos CSS tanto en un archivo externo (styles.css) como en un bloque <style> para elementos específicos.
Formulario de inicio de sesión: Contiene:
Un logo (<img>).
Un encabezado (<h1>).
Campos de entrada para correo electrónico y contraseña (<input>).
Un botón de envío (<button>).
Un enlace para registrarse si el usuario no tiene una cuenta.

PHP: Manejo del Inicio de Sesión
El código PHP (loginalum.php) realiza las siguientes tareas:

Iniciar sesión:

session_start(): Inicia una nueva sesión o reanuda la sesión existente.
Conexión a la base de datos:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

Conecta a la base de datos usando mysqli connect() y verifica si la conexión fue exitosa.

Manejo del formulario de inicio de sesión:
Verifica si el formulario fue enviado con el método POST. Recupera el correo y la contraseña enviados.
Consulta y verificación de credenciales:

Usa consultas preparadas para evitar SQL Injection ($stmt->prepare() y $stmt->bind_param()).
Ejecuta la consulta y verifica si se encontró un usuario con el correo ingresado.
Si se encuentra un usuario, verifica la contraseña usando password_verify().
Si las credenciales son correctas, inicia una sesión y redirige al usuario a iniciop.html. Si no, muestra un mensaje de error.

Cierre de la conexión:
mysqli_close(): Cierra la conexión a la base de datos para liberar recursos.

HTML: Página de Registro
Estructura Básica:

Contiene las etiquetas estándar HTML para configurar la página. Incluye meta-etiquetas para la codificación y la configuración del viewport para dispositivos móviles.

Formulario de Registro:
Permite a los usuarios ingresar sus datos personales: nombre, apellidos, correo electrónico, contraseña, teléfono, especialidad, edad y cargar una foto de perfil.
Incluye un botón para enviar el formulario y un enlace para redirigir a la página de inicio de sesión si ya tienen una cuenta.

PHP: Manejo del Registro de Usuario
Conexión a la Base de Datos:

Configura los parámetros de conexión a la base de datos y verifica si la conexión es exitosa.
Procesamiento del Formulario:

Detecta si el formulario fue enviado usando el método POST. Recupera los datos del formulario, incluyendo la carga de la foto de perfil. Validación y Almacenamiento de la Imagen:

Verifica si el archivo subido es una imagen válida (JPG, JPEG, PNG). Mueve la imagen desde la ubicación temporal a una ruta definida en el servidor.

Inserción en la Base de Datos:
Usa una consulta preparada para insertar los datos del usuario, incluyendo la ruta de la imagen. Hashea la contraseña usando password_hash() para almacenarla de manera segura.

Redirección y Manejo de Errores:
Si el registro es exitoso, redirige al usuario a la página de inicio de sesión. Muestra mensajes de error si ocurre algún problema durante el proceso.

HTML: Inicio
Estructura Básica:
Define la estructura básica de un documento HTML, incluyendo la declaración DOCTYPE y las etiquetas <html>, <head>, y <body>.
Metaetiquetas y Estilos CSS:

Configura la codificación de caracteres y la configuración del viewport para dispositivos móviles.
Define estilos CSS en línea para el diseño de la página, incluyendo la apariencia del "teléfono" que contiene la aplicación y estilos para el menú y el contenido.
Contenido de la Página:

Simula la pantalla de un teléfono móvil con un diseño de marco de teléfono.
Muestra un encabezado con un logo.
Incluye un menú de navegación lateral desplegable que se activa al hacer clic en un ícono de menú.
Contiene una caja de búsqueda y una sección para mostrar productos, cada uno con su imagen, nombre y precio.

Funciones JavaScript:
- toggleMenu(): Esta función cambia la clase del menú para mostrarlo o esconderlo cuando se hace clic en el ícono del menú.
- buscar(): Esta función debería realizar la lógica de búsqueda de productos. Por ahora, muestra un ejemplo de resultados.
- aplicarFiltro(): Esta función debería aplicar los filtros seleccionados en la búsqueda. Por ahora, muestra un mensaje de ejemplo.

En resumen, este código HTML crea una experiencia de usuario similar a la de una aplicación móvil donde los usuarios pueden navegar por productos y realizar búsquedas y filtrados básicos.

perfil.php

1) Inicio de Sesión: Verifica si la sesión del usuario está activa. Si no lo está, redirige al usuario a la página de inicio de sesión (loginalum.html).

2) Conexión a la Base de Datos: Establece una conexión con la base de datos MySQL.

3) Recuperación de Datos del Formulario: Obtiene los datos del formulario enviado mediante el método POST. Estos datos incluyen el nuevo nombre, apellidos, edad, identificación de especialidad, número de teléfono y posiblemente un nuevo correo electrónico.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

4) Consulta de Actualización SQL: Construye una consulta SQL para actualizar la información del usuario en la base de datos según los datos proporcionados. Utiliza la instrucción UPDATE para modificar el registro del usuario donde el correo electrónico coincide con el correo electrónico del usuario en la sesión actual.

5) Ejecución de la Consulta de Actualización: Ejecuta la consulta SQL. Si la actualización es exitosa, redirige al usuario a la página de perfil (perfil2.php). Si hay un error, muestra un mensaje de error.

6) Cierre de la Conexión a la Base de Datos: Finalmente, cierra la conexión con la base de datos.

El código descrito se muestra en la siguiente Figura 7, para su mejor compresión.

```
CREATE TABLE usuarios (
    correo VARCHAR(255) PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(255),
    apellidop VARCHAR(255),
    apellidom VARCHAR(255),
    edad INT,
    especialidadid INT,
    telefono VARCHAR(20),
    contrasena VARCHAR(255),
    foto BLOB, -- Columna para almacenar
    la foto como un objeto binario grande (BLOB)
    FOREIGN KEY (especialidadid)
    REFERENCES especialidades(id)
);
```

Figura 7.- Código sobre la tabla de usuarios de la base de datos: Elaboración propia

ASESORIA HTML

Estructura General:

¡El documento HTML comienza con <!DOCTYPE html>, indicando que se trata de un documento HTML5.
Dentro del <html>, hay un <head> y un <body> que contienen el contenido y los metadatos de la página.

Metadatos y Título:
Se establece la codificación de caracteres UTF-8 para admitir caracteres especiales.
Se define la etiqueta <meta name="viewport"> para ajustar el tamaño de la vista en dispositivos móviles.
El título de la página se establece como "Queey".

Estilo CSS: Se definen estilos CSS internos para controlar la apariencia de la página. Se establecen estilos para el cuerpo de la página, el diseño del "teléfono" (phone), y el menú desplegable (menu).
Además, se incluyen estilos adicionales para detalles visuales como la "pantalla" (screen) del teléfono.

Contenido de la página:

Encabezado:
Se muestra un título centralizado que indica "HISTORIAL DE ASESORIAS".

Menú de Navegación: Se presenta un menú de navegación con una lista de enlaces (<a>) a diferentes secciones de la página.

Contenido principal: Se muestra una sección de contenido con productos de asesoría representados por elementos con la clase product. Cada producto incluye una imagen, el nombre del asesor y el precio.

Guion JavaScript: Se proporciona un script JavaScript que define una función toggleMenu()para activar y desactivar la clase activeen el menú al hacer clic en un icono de menú (menu-icon).
Esta funcionalidad permite mostrar u ocultar el menú desplegable al hacer clic en el icono de menú.

Métodos de pago HTML

Simulación de pantalla de teléfono móvil: El diseño de la página está estructurado para simular la pantalla de un teléfono móvil. Esto se logra mediante el uso de elementos HTML y estilos CSS que crean la apariencia de un dispositivo móvil.

Navegación: La página incluye una barra de navegación con un icono de menú. Al hacer clic en este icono, se despliega un menú con varias opciones de navegación, como "Inicio", "Perfil", "Historial de Asesorías", "Métodos de Pago" y "Cerrar Sesión".

Métodos de Pago: El contenido principal de la página se centra en los métodos de pago disponibles. Se proporcionan dos opciones: pago con tarjeta de débito o crédito, y pago con PayPal.

Formularios de Pago: Para cada método de pago, se muestra un formulario correspondiente. El formulario para el pago con tarjeta incluye campos para ingresar el nombre del titular, número de tarjeta, fecha de expiración y CVV. Mientras tanto, el formulario para el pago con PayPal incluye campos para ingresar el correo electrónico y la contraseña asociados con la cuenta de PayPal.

Interactividad: La página es interactiva gracias al código JavaScript incluido. Al seleccionar un método de pago, se muestra el formulario correspondiente y se oculta el otro. Además, se proporciona una funcionalidad de menú desplegable que permite al usuario navegar por diferentes secciones de la página.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

Iniciar sesión si no está iniciada: session_start() se utiliza para iniciar una sesión de PHP si no está iniciada ya. Las sesiones son una forma de mantener la información del usuario entre diferentes páginas web.

Destruir todas las variables de sesión: $_SESSION = array(); vacía el array $_SESSION, que contiene todas las variables de sesión del usuario. Esto asegura que se elimine cualquier información almacenada en la sesión actual.

Destruir la sesión: session_destroy() se utiliza para destruir la sesión actual del usuario. Esto elimina todas las variables de sesión y finaliza la sesión del usuario.

Redirigir al usuario: header("Location: loginalum.html"); redirige al usuario a la página loginalum.html después de cerrar sesión. Esto puede ser la página de inicio de sesión nuevamente, o cualquier otra página que el desarrollador desee.

Salir del script: exit; se utiliza para detener la ejecución del script de PHP después de redirigir al usuario. Esto asegura que no se ejecute más código después de redirigir al usuario.

ROLES DE QUEEY

Product Owner (Propietario del Producto): Responsable de representar los intereses de los usuarios y las partes interesadas del proyecto. Define y prioriza el backlog del producto, asegurando que refleje las necesidades del cliente y proporcione el máximo valor. Colabora con el equipo de desarrollo para asegurar que se satisfagan los requisitos del producto y se logren los objetivos del proyecto Kniberg, H. (2007). Scrum y XP desde las trincheras. Publicado por C4Media.

Scrum Master: Facilitador del proceso Scrum en el proyecto, responsable de asegurar que se sigan los principios y prácticas de Scrum de manera efectiva. Ayuda al equipo a comprender y adoptar las metodologías ágiles, eliminando los obstáculos que puedan afectar su desempeño. Facilita las reuniones y eventos de Scrum, como las reuniones diarias, la planificación de sprint y la retrospectiva, para maximizar la eficiencia y la colaboración del equipo. Kniberg, H. (2007). Scrum y XP desde las trincheras. Publicado por C4Media.

Equipo de Desarrollo: Responsable de diseñar, desarrollar y probar la plataforma de acuerdo con los requisitos del backlog del producto. Autogestionado y multifuncional, el equipo de desarrollo trabaja de manera colaborativa para entregar incrementos de trabajo completos y listos para su implementación al final de cada sprint. Participa activamente en la planificación de sprint, las reuniones diarias y la revisión de sprint para garantizar una comprensión clara de las tareas y los objetivos del proyecto.
Asesores: Profesionales cualificados con título universitario que ofrecen asesoramiento personalizado a los usuarios de en una variedad de áreas, como la educación, la carrera profesional, la salud mental y el bienestar personal. Responsables de proporcionar orientación y apoyo a los usuarios de acuerdo con sus necesidades y objetivos individuales. Colaboran estrechamente con el equipo de desarrollo y el Product Owner para garantizar que los servicios ofrecidos sean relevantes, efectivos y de alta calidad.

ARTEFACTOS EN EL PROYECTO QUEEY

Product Backlog (Lista de Producto): Una lista dinámica y priorizada de todas las características, funcionalidades, mejoras y correcciones que se desean para la plataforma. Mantenido por el Product Owner, quien es responsable de su creación, actualización y priorización en consulta con los usuarios y las partes interesadas. Sirve como la fuente única de requisitos para el equipo de desarrollo y proporciona la dirección y el enfoque para el desarrollo continuo del producto.

Sprint Backlog (Lista de Sprint): Una lista de tareas específicas que el equipo de desarrollo se compromete a completar durante un sprint determinado. Se deriva del Product Backlog y se crea durante la reunión de planificación de sprint, en la que el equipo selecciona las tareas más importantes y factibles para el sprint. El Sprint Backlog se actualiza regularmente a medida que se completan las tareas y surgen nuevos requisitos o cambios en las prioridades.

Incremento de Producto: El conjunto de todas las características y funcionalidades completadas y listas para su implementación al final de cada sprint. Es un subconjunto del producto completo que es potencialmente entregable y que agrega valor real y tangible para los usuarios. El Incremento de Producto se revisa y se muestra durante la revisión de sprint, donde se recopila la retroalimentación de los interesados y se identifican las próximas áreas de enfoque y mejora.

Definición de Hecho (Definition of Done): Un conjunto de criterios claros y acordados que indican cuándo se considera que una tarea o elemento de trabajo está completado y es "listo" para ser entregado al cliente. Define los estándares de calidad y los requisitos mínimos que deben cumplirse para cada elemento del Product Backlog antes de que pueda considerarse "hecho". La Definición de Hecho se utiliza como una guía durante el desarrollo del producto para garantizar la coherencia y la calidad en todas las entregas Kniberg, H. (2007). Scrum y XP desde las trincheras. Publicado por C4Media.

RESULTADOS

Desarrollo y entrega continua de nuevas características y funcionalidades de la plataforma en cada iteración o sprint.
Satisfacer a los usuarios universitarios con la mejor experiencia de uso de la plataforma y los servicios ofrecidos por los asesores.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-03, pág.: 1 a la 8.

El aumento en la cantidad de usuarios registrados y activos en la plataforma, así como en la frecuencia y la duración de las interacciones.
El crecimiento sostenido del negocio y la presencia de la aplicación en el mercado, incluyendo la expansión a nuevas áreas de asesoramiento.

CONCLUSIÓN

El proyecto con el objetivo dado de diseñar y simular una aplicación de asesorías en el tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca alcanza lo solicitado de acuerdo con el prototipo, la aplicación beneficiara a todos los estudiantes y profesores del Tecnológico dando una mejor manera de organizar y entender los temas y asignaturas. Los estudiantes tendrán menos dificultades en querer retomar nuevamente una materia resolviendo sus dudas, en lugar de pedirle a algún profesor personalmente asesorías, además ofrecerá a tener más acceso a contenido dado por el o la profesionista.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Dainal, S. (2013). Estrategias para el desarrollo de productos exitosos. Gustavo Gili.

J. R. (2018). Aprende a liberarte del estrés con GTD. Kindle Edition.

Alcázar, F. (2019). Cómo Conseguir Clientes Online: Aprende a Utilizar los Principales Canales de Captación de Clientes en Internet. Publicado de Forma Independiente.

Blank, S. (2014). La Guía Paso a Paso para Crear una Gran Empresa. Publicado por Gestión 2000.

Castañeda, J. (2015). Fundamentos y Herramientas Prácticas para la Transformación de las Organizaciones. Publicado por Editorial Trillas.

Cohn, M. (2004). User Stories Applied. Publicado por Addison-Wesley Professional.

Cohn, M. (2005). Agile Estimating and Planning. Publicado por Prentice Hall.

Dorf, B., & Byers, T. (2014). From Idea to Enterprise. Publicado por McGraw-Hill Interamericana.

García, R., & Calvo, F. (2016). Una Introducción Con Enfoque Práctico. Publicado por Pearson Educación.

Knapp, J. (2016). Como Resolver Problemas y Probar Nuevas Ideas en Solo Cinco Días. Publicado por B de Bolsillo.

Kniberg, H. (2007). Scrum y XP desde las trincheras. Publicado por C4Media.

Martínez, A. (2018). Fundamentos, Metodología y Casos de Estudio. Publicado por Pearson Educación.

Maurya, A. (2012). Como iterar de un plan A a un plan que funcione. Publicado por Altura.

Medina, R. (2016). Validated Learning about Customers. Disponible en formato Kindle Edition.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Un manual para visionarios, innovadores y revolucionarios. Publicado por Ediciones Deusto.

Reina, D. (2017). Todo lo que Necesitas Saber para Crear un Negocio de Éxito. Publicado por Libros de Cabecera.

Rejinal, E. (2011). Como trabajar más rápido reducir riesgos e impulsar el éxito empresarial. Deusto.

Ries, E. (2011). Como crear empresas de éxito utilizando la innovación. Publicado por Ediciones Deusto.

Vallés, J. J. (2019). Guía para diseñar tu propio modelo de negocio paso a paso. Disponible en formato Kindle Edition.

INFORMACIÓN ACADEMICA

Sánchez Hernández Alan Daniel: Estudiante de octavo semestre del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
Tenorio Millan Esmeralda: Estudiante de sexto semestre del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca de la carrera de Ingeniería en informática.
Medina Cervantes Hazel Obed: Estudiante de segundo semestre del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
Carranza Cervantes José Antonio: Estudiante de octavo semestre del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.
Olivares Martínez Moisés Emmanuel: Estudiante de octavo semestre del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-04, pág.: 1 a la 4.

Fabricación de hábitat artificial automatizado para el estudio del Tenebrio molitor: monitoreo de desarrollo de vida y aplicaciones potenciales

Miriam Laura Juárez Hernández, Rubio Galeana Saúl

RESUMEN

Se propone diseñar y fabricar un hábitat automatizado para el estudio de insectos que degradan polímeros, con el objetivo de contribuir al medio ambiente. Este hábitat automatizado utilizará tecnología por medio de la programación y electrónica para monitorear parámetros tales como la temperatura y la humedad, además por medio de una cámara se supervisará el comportamiento de los insectos, incluyendo su reproducción y ciclo de vida. El estudio de estos insectos será de beneficio al sector agroalimentario, ya que son ricos en proteínas y podrían ser utilizados como una fuente de suplemento alimenticio para productos consumidos de manera cotidiana que provienen de dicho sector.

Palabras clave: Automatización, Insectos, Polímeros, Proteínas.

ABSTRACT

It is proposed to design and manufacture an automated habitat for the study of insects that degrade polymers, with the aim of contributing to the environment. This automated habitat will use technology through programming and electronics to monitor parameters such as temperature and humidity, and the behavior of the insects, including their reproduction and life cycle, will be monitored through a camera. The study of these insects will be beneficial to the agri-food sector, since they are rich in proteins and could be used as a source of nutritional supplement for products consumed daily that come from said sector.

INTRODUCCIÓN:

La producción de alimentos de origen animal, como el pollo, la res y el puerco, enfrenta desafíos significativos debido al uso intensivo de químicos en el sector agroalimentario. Para satisfacer la creciente demanda de carne (ejemplo figura 1), los productores a menudo recurren a sustancias químicas que, a largo plazo, pueden dañar la salud de los consumidores. Estos compuestos tienden a acumularse en los tejidos de los animales y, al ser consumidos por los humanos, pueden causar diversas enfermedades. Un ejemplo claro es el clembuterol, un compuesto que puede provocar intoxicación alimentaria, manifestándose en síntomas como temblores, dolor de cabeza, mareos y taquicardia. Además, el consumo prolongado de carne contaminada con estos químicos está asociado con problemas cardíacos, trastornos hormonales y cáncer.

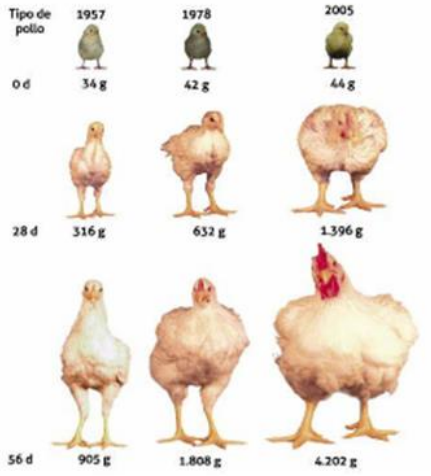


Figura 1.- Crecimiento de pollo

En contraste, los insectos han sido esenciales en diversas culturas debido a su versatilidad y abundancia. Su importancia se manifiesta en varios ámbitos que van desde la alimentación humana hasta la agricultura. En muchas culturas de Asia, África y América Latina, los insectos forman parte de la dieta cotidiana gracias a su alto contenido de proteínas y nutrientes esenciales. Los insectos como las abejas desempeñan un papel crucial en la polinización, un proceso vital para la producción de alimentos. Además, ciertos insectos beneficiosos son utilizados para el control biológico de plagas agrícolas, lo que ayuda a reducir la necesidad de pesticidas.

En términos nutricionales, los insectos son una fuente excepcional de proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales. Por

* TecNM, Tecnológicos de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca, Ingeniería en Sistemas Computacionales, correo electrónico milau_50@hotmail.com, M.I.I. Miriam Laura Juárez Hernández, eseconomia7@gmail.com M. en A. Magaña González María del Carmen.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-04, pág.: 1 a la 4.

ejemplo, los grillos contienen entre 65-70% de proteína en peso seco, incluyendo todos los aminoácidos esenciales. Los saltamontes, por su parte, tienen alrededor del 70% de proteína en peso seco, mientras que las larvas de escarabajos contienen aproximadamente un 47% de proteína en peso seco, y en caso de nuestro caso de estudio el Tenebrio molitor contiene un 63% de proteína. Esta alta concentración de proteínas hace que los insectos sean una opción nutritiva y saludable.

Además, los productos derivados del Tenebrio molitor ofrecen múltiples beneficios. La harina de insecto se utiliza como suplemento proteico tanto en la alimentación humana como en el animal. En el campo de la biomedicina, la quitina y el quitosano, derivados de los insectos, tienen aplicaciones importantes. En términos de sostenibilidad ambiental, la producción de insectos es más eficiente que la ganadería tradicional, ya que requiere menos tierra, agua y genera menores emisiones de gases de efecto invernadero. Esto convierte a los insectos en una alternativa más ecológica y sostenible para la producción de alimentos.

Comparados con las fuentes tradicionales de proteína animal, los insectos presentan varias ventajas significativas. Tienen una menor huella de carbono y requieren menos agua, lo que los hace más sostenibles. Además, son más eficientes en la conversión alimenticia, lo que significa que pueden convertir el alimento que consumen en biomasa de manera más eficaz. Los insectos también tienen un rápido crecimiento y reproducción, lo que facilita su producción a gran escala.
Los insectos también tienen aplicaciones en la medicina. Las larvas de mosca se utilizan en terapia para limpiar heridas crónicas, aprovechando su capacidad para desinfectar y promover la cicatrización. En algunas culturas indígenas, las hormigas se utilizan como suturas naturales para cerrar heridas, empleando sus mandíbulas para mantener los bordes de la herida juntos.
En resumen, los insectos representan una alternativa viable y sostenible a las fuentes tradicionales de proteína animal. Ofrecen beneficios significativos para la salud humana y el medio ambiente, y su producción es más eficiente y menos perjudicial para el planeta. Con su alto contenido nutricional y múltiples aplicaciones, los insectos podrían desempeñar un papel crucial en el futuro de la alimentación y la medicina.

ANTECEDENTES:

Se realizaron la consulta de dos artículos de hábitats artificiales para insectos. El Primer artículo consultado presenta el diseño y la evaluación de prototipos de hábitat para la cría de insectos comestibles, específicamente grillos y escarabajos. Se describen los criterios de diseño utilizados, así como los materiales y métodos empleados en la fabricación de los prototipos. Se evaluó la eficacia de los hábitats en términos de supervivencia, reproducción y calidad nutricional de los insectos. Los resultados indican que los prototipos diseñados son adecuados para la cría de insectos comestibles y ofrecen condiciones óptimas para su desarrollo. (prototipo de investigación figura 2).



Figura 2.-prototipo convencional

Se presentan los resultados de un estudio sobre prototipos de hábitat para la producción sostenible de caracoles comestibles (hábitat figura 3).. Se describen los diferentes diseños de hábitats desarrollados, así como los materiales utilizados en su construcción. Se evaluaron diversos parámetros relacionados con la supervivencia, el crecimiento y la calidad de los caracoles criados en los prototipos. Los resultados muestran que los hábitats diseñados son eficaces para la cría de caracoles comestibles y pueden contribuir a una producción sostenible de este recurso alimentario.



Figura 3.- habitat.

DESARROLLO DEL TEMA:

El hábitat artificial automatizado para el estudio de insectos es un sistema cuidadosamente diseñado para proporcionar un entorno controlado y monitoreado de manera precisa. La estructura

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-04, pág.: 1 a la 4.

principal del hábitat está construida con aluminio, un material robusto y ligero que proporciona la resistencia necesaria para el montaje y mantenimiento del sistema. Las paredes del hábitat están hechas de cristal, permitiendo una visibilidad completa del interior para la observación continua de los insectos. Además, estas paredes de cristal están forradas con un polarizado del 5%, que reduce la intensidad de la luz que penetra en el hábitat, creando un ambiente más natural y menos estresante para los insectos.

Dentro del hábitat, hay cuatro divisiones internas claramente definidas. Estas divisiones permiten la creación de diferentes microhábitats o zonas de estudio dentro de la misma estructura, lo cual es crucial para llevar a cabo experimentos variados simultáneamente. Cada una de estas secciones puede tener condiciones ambientales ligeramente diferentes, lo que facilita la comparación directa de los efectos de distintas variables en los insectos.

Cada una de las cuatro divisiones del hábitat está equipada con sensores de temperatura y humedad, que son esenciales para el monitoreo constante de las condiciones ambientales. Estos sensores están conectados a un Arduino, una plataforma de hardware libre y flexible que actúa como el controlador central del sistema. El Arduino recopila datos en tiempo real de los sensores y los envía a una laptop para su visualización y registro.

La laptop conectada al Arduino desempeña un papel crucial en el monitoreo y control del hábitat. A través de un software de gestión de datos, la laptop presenta gráficos en tiempo real que muestran las condiciones de temperatura y humedad en cada una de las divisiones. Esta interfaz de usuario intuitiva permite a los investigadores ver de un vistazo el estado actual del hábitat y realizar ajustes rápidos si es necesario (prototipo fabricado figura 4). Además, la laptop almacena los datos recopilados, permitiendo un análisis detallado y posterior de las condiciones ambientales y su impacto en los insectos.



Figura 4.- prototipo fabricado.

El sistema no solo permite el monitoreo en tiempo real de las condiciones del hábitat, sino también el control de las condiciones ambientales dentro del mismo. Basándose en los datos recopilados, los investigadores pueden ajustar manualmente la temperatura y la humedad utilizando dispositivos adicionales como calefactores, enfriadores o humidificadores. Esta capacidad de ajuste rápido es esencial para garantizar que los insectos siempre se encuentren en un entorno óptimo para su estudio. La temperatura óptima para el desarrollo y ciclo de vida del Tenebrio molitor se encuentra entre los 25 y 30 grados centígrados.

Finalmente, los datos registrados se almacenan para análisis posteriores. Esto permite a los investigadores estudiar las condiciones óptimas para el comportamiento, desarrollo y supervivencia de los insectos en diferentes escenarios. En resumen, este hábitat artificial automatizado proporciona un entorno estable, controlado y bien monitoreado, facilitando una investigación precisa y reproducible de los insectos en un entorno que simula sus condiciones naturales.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

El sistema automatizado diseñado y construido para el estudio del tenebrio molitor, se demostró que son eficientemente degradadores de polímeros. Este sistema mantuvo exitosamente las condiciones óptimas de temperatura, humedad y ventilación necesarias para la cría y observación de Tenebrio molitor. La integración de sensores y cámaras permitió un monitoreo y control preciso, facilitando el estudio detallado del comportamiento y ciclo de vida de los insectos.

Las pruebas realizadas confirmaron que Tenebrio molitor posee la capacidad de degradar polímeros sintéticos, mostrando una alta eficiencia en la degradación de poliestireno. Estos hallazgos son prometedores para la gestión de residuos plásticos mediante métodos biológicos. Además, los análisis nutricionales de las larvas de Tenebrio molitor revelaron un alto contenido de proteínas y lípidos, confirmando su potencial como suplemento alimenticio en el sector agroalimentario. Cada 100 gramos de Tenebrio molitor proporcionan al ser humano un 63% de proteína, 30% de grasas, grandes cantidades de vitaminas B12, B2, B5, B7, minerales esenciales como hierro, zinc, potasio, fósforo, magnesio, además de fibra y una amplia gama de aminoácidos. Sin embargo, se identificaron ciertos compuestos en las larvas que requieren una evaluación adicional para asegurar su seguridad alimentaria antes de su comercialización.

Es esencial continuar con investigaciones adicionales para optimizar la eficiencia de degradación de polímeros por estos insectos y evaluar a fondo la seguridad de su uso como alimento. Se recomienda explorar la manipulación de las condiciones ambientales y dietéticas para mejorar la biodegradación y reducir posibles riesgos asociados con el consumo humano y animal.

La utilización de insectos degradadores de polímeros ofrece una solución sostenible y económicamente viable para la gestión de residuos plásticos. Además, su potencial como fuente de proteína alternativa puede contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad del sector agroalimentario. Los resultados obtenidos y documentados en este estudio aportan

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-04, pág.: 1 a la 4.

valiosa información al campo de la biotecnología ambiental y la entomología aplicada. La difusión de estos hallazgos a través de publicaciones científicas y conferencias fomentará la colaboración y el desarrollo de nuevas estrategias para abordar los desafíos ambientales y nutricionales actuales.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1]. García, L., Pérez, J., & Martínez, A. (2020) “Degradation of Expanded Polystyrene (EPS) Foam: Mechanisms and Environmental Implications”.
[2]. García. M y Rodríguez J (2020) “Estudio del Tenebrio molitor como Fuente Potencial de Proteína para la Alimentación Humana”.
[3]. López A y García J, Rodriguez M (2018) "Prototipos de Hábitat para la Cría de Peces Comestibles en Ambientes Controlados"
[4]. Pérez. J y Martínez. C. (2020). "Diseño y Evaluación de Prototipos de Hábitats para la Cría de Insectos Comestibles"
[5]. Sánchez M y Fernández P, Martínez L (2019) "Hábitats Sostenibles para la Cría de Aves Comestibles en Entornos Urbanos: Diseño y Evaluación".

INFORMACIÓN ACADÉMICA

En esta sección se solicita se incluya la información académica de cada uno de los integrantes del artículo como sigue:

Alcocer Martínez Miguel Ángel: estudiante de ingeniería en Sistemas computaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.
Aquino Xomulco Jorge David: estudiante de ingeniería Ambiental del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.
Cortes Aguilar Karla Carolina: estudiante de ingeniería en Sistemas computaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.
Ramírez Monterrubio Julio Cesar: estudiante de ingeniería en Sistemas computaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.
Rubio Galeana Saúl: estudiante de ingeniería en Sistemas computaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.
Mtra. Miriam Laura Juárez Hernández: Ingeniero Mecatrónico egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Maestra en Ingeniería Industrial egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Oriente del estado de México.
Mtra. María del Carmen Magaña González: Licenciada en Economía egresada de Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Administración egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

Sistema alternativo hibrido para medio de transporte

Miriam Laura Juárez Hernández, Mayra Hernández Bustamante

RESUMEN

Esta propuesta consiste en el diseño, fabricación y simulación de un vehículo hibrido, diseñado en Solid Works para la simulación de pieza por pieza en 3D, así mismo el modelo cuenta con una estructura base y carcasa para el ensamble de los sistemas, además posee un sistema de control para el proceso de conmutación de cada uno de los sistemas con el que cuenta el vehículo. Se utiliza la energía solar mediante el uso de celdas fotovoltaicas para el primer sistema, ya que el sol tiene diferentes características significativas por ejemplo es limpia, gratuita e infinita. De igual manera se utilizó un método eléctrico que está compuesto por un sistema de batería de gel. En el último será utilizando un motor de combustión interna que se utilizará en menor proporción, ya que se pretende minimizar la quema de combustibles fósiles asimismo reducir la dependencia de emisiones de gases provocados por la energía fósil y mitigar el impacto ambiental asociado con la movilidad urbana. Además, proporciona una alternativa sostenible y económica para los conductores, reduciendo los costos de combustible en un rango del 30% al 50% en comparación con un vehículo convencional y promoviendo un estilo de vida más respetuoso con el medio ambiente.

Palabras claves: Sostenible, Movilidad, Hibrido, Contaminación, Vehículo.

ABSTRACT

This proposal consists of the design, manufacture and simulation of a hybrid vehicle, designed in Solid Works for the simulation of parts in 3D, as well as the model has a base structure and housing for the assembly of systems, also has a control system for the switching process of each of the systems with which the vehicle. Solar energy is used by using photovoltaic cells for the first system, since the sun has different significant features such as is clean, free and infinite. Likewise, an electrical method was used that is composed of a lead battery system. The latter will be using an internal combustion engine which will be used to a lesser extent, as the aim is to minimise the burning of fossil fuels and also to reduce dependence on fossil fuel emissions and mitigate the environmental impact associated with urban mobility. In addition, it provides a sustainable and economical alternative for drivers, reducing fuel costs by 30% to 50% compared to a conventional vehicle and promoting a more environmentally friendly lifestyle..

Keywords: Sustainable, Mobility, Hybrid, Pollution, Vehicle.

INTRODUCCIÓN

Los autos han demostrado ser indispensables para la movilidad de grandes distancias, ya que es un medio de transporte personal o colectivo que ayuda al traslado a lugares, como a empleos, escuelas, servicios o cualquier otra actividad que necesiten realizar, al igual apoya en el sector del mercado, lo cual promueve el comercio y estimula la actividad económica al conectar proveedores, consumidores y trabajadores.

La dependencia continua del consumo de combustible fósil en vehículos convencionales y transporte público no solo genera altos niveles de contaminación atmosférica. Esta contaminación del aire no solo afecta la salud humana, causando enfermedades respiratorias y cardiovasculares, sino que también daña los ecosistemas naturales y reduce la calidad de vida en las áreas urbanas. El problema principal que provocan los automóviles particulares es que generan el 18% de las emisiones de CO_2, principal gas causante del efecto invernadero y por si fuera poco al utilizar combustible se provoca un impacto negativo. De tal manera que afecta la calidad de vida de los ciudadanos.

Durante los últimos años se han implementado los vehículos híbridos que han surgido como parte de una solución para lograr un impacto más limpio y sustentable dentro del sector automotriz. Varias empresas líderes en la industria automotriz han asumido el desafío de desarrollar vehículos híbridos que integren múltiples tecnologías de propulsión para ofrecer una solución más sostenible. Sin embargo, estas alternativas aportan, pero aumenta el costo del vehículo, por lo cual se buscan nuevas opciones para disminuir este consumo.

MARCO TEORICO

Un vehículo híbrido es un tipo de automóvil que utiliza tanto un motor de combustión interna como uno o más motores eléctricos para su propulsión. Este diseño tiene como objetivo optimizar el uso de combustible y reducir las emisiones contaminantes.

4.1 Tipos de vehículos híbridos:

* TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca, Investigación, milau_50@hotmail.com M.I.I. Miriam Laura Juárez Hernandez, hermaybus@gmail.com Mayra Hernandez Bustamante.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

Híbridos enchufables: Tienen un motor de combustión interna junto con un motor eléctrico capaz de mover el vehículo. La sección eléctrica incluye una batería.



Figura 1. Imagen de un vehículo híbrido enchufable.

Híbridos no enchufables: Se distinguen porque la batería no se puede recargar conectándola a la red eléctrica. En su lugar, utiliza el motor de combustión, aprovechando las fases de frenada y desaceleración para recargarse.

Híbrido enchufable de hidrógeno: Es un automóvil que emplea varios sistemas de propulsión, incluyendo un motor de combustión interna, uno o más motores eléctricos alimentados por baterías recargables, y una pila de combustible de hidrógeno. Este diseño busca optimizar la eficiencia del combustible, disminuir las emisiones contaminantes y proporcionar una mayor autonomía, combinando la tecnología híbrida enchufable con el uso de hidrógeno.



Figura 2. Imagen de un vehículo híbrido enchufable de hidrógeno.

4.2 Sistema de combustible.

El sistema de combustible tiene la función de hacer circular y llevar el combustible a la cámara de combustión, donde se mezcla con el aire. Cuando la bujía genera la chispa, se produce la combustión, generando así el movimiento.

4.2.1 Tipos de Sistemas de combustibles

Sistema de combustible con TBI (Inyección al cuerpo de aceleración):
Una computadora en el vehículo gestiona la proporción exacta de aire y combustible que debe ingresar a la cámara de combustión, lo que ayuda a reducir las emisiones contaminantes y aumentar la potencia. Este sistema incluye uno o dos inyectores de combustible.

Sistema de combustible MPFI (Sistema Multipuerto de Inyección Electrónica):
Este sistema tiene un inyector para cada cilindro, situado cerca de la válvula de admisión. Esto asegura que cada cilindro reciba la cantidad correcta de combustible y aire, siguiendo las instrucciones de la computadora del vehículo, lo que resulta en una combustión más eficiente, mayor potencia y menos emisiones contaminantes.

4.3 Sistemas de propulsión

Los vehículos pueden funcionar con diferentes sistemas, como motores de combustión interna (ya sea de gasolina, diésel o híbridos), motores eléctricos (alimentados por baterías o celdas de combustible de hidrógeno) y, en algunos casos, sistemas híbridos que combinan ambas tecnologías.

4.4 Tipos de sistemas de propulsión:

1. Motores de combustión interna:
En la tabla 1 se reflejan las características, ventajas y desventajas de motores de combustión interna.

Características	Ventajas	Desventajas
Utilizan combustibles fósiles como gasolina o diésel para generar energía mecánica.	Amplia infraestructura de abastecimiento de combustible.	Menor eficiencia energética en comparación con los motores eléctricos.
	Costo inicial de compra relativamente bajo.	Emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales.
	Amplio rango de autonomía.	Dependencia de los precios del petróleo.

Tabla 1. Motores de combustión interna.

2. Motores eléctricos:
En la tabla 2 se reflejan las características, ventajas y desventajas de motores eléctricos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

Características	Ventajas	Desventajas
Utilizan electricidad almacenada en baterías o generada a bordo (en el caso de los FCEV) para propulsar el vehículo.	Alta eficiencia energética.	Costo inicial más alto debido al precio de las baterías.
	Cero emisiones locales durante el funcionamiento.	Limitaciones de autonomía y tiempo de recarga en comparación con los vehículos de combustión interna.
	Menor costo de mantenimiento debido a la simplicidad mecánica de los motores eléctricos.	Dependencia de la infraestructura de carga.

Tabla 2. Motores eléctricos.

3. Sistemas híbridos:
En la tabla 3 se reflejan las características, ventajas y desventajas de sistemas híbridos.

Características	Ventajas	Desventajas
Combina un motor de combustión interna con al menos un motor eléctrico. Uno de los beneficios del sistema híbrido, y que lo diferencia de los coches eléctricos, es que posee un sistema autónomo de propulsión, es decir, que de manera independiente la máquina coordina el uso de ambos motores.	Mayor eficiencia energética en comparación con los vehículos de combustión interna convencionales.	Costo inicial más alto que los vehículos de combustión interna convencionales.
	Reducción de emisiones en comparación con los vehículos de combustión interna.	Menor eficiencia energética en comparación con los vehículos eléctricos puros.
	Mayor autonomía en comparación con los vehículos eléctricos puros.	Dependencia continua del suministro de combustible y mantenimiento del motor de combustión interna.

Tabla 3. Sistemas híbridos.

4.5 Expertos y figuras en la industria automotriz

Varios expertos y figuras destacadas en la industria automotriz han resaltado la importancia de los sistemas híbridos en los vehículos.

1. Elon Musk (CEO de Tesla, Inc.): Aunque Musk se centra en los vehículos totalmente eléctricos, ha reconocido que los sistemas híbridos son cruciales durante la transición hacia la electrificación completa, especialmente en áreas donde los vehículos eléctricos aún no son completamente viables.

2. Akio Toyoda (presidente de Toyota Motor Corporation): Toyoda ha sido un defensor firme de los vehículos híbridos, destacando cómo combinan eficiencia de combustible con practicidad. Considera que los híbridos son una solución viable mientras se desarrolla la infraestructura de carga eléctrica.

3. Carlos Ghosn (ex-CEO de Nissan y Renault): Ghosn ha promovido los vehículos híbridos como una solución intermedia importante. Bajo su liderazgo, Nissan desarrolló varios modelos híbridos y eléctricos, posicionando estos sistemas como parte esencial de la transición hacia vehículos de cero emisiones.

4. Herbert Diess (CEO de Volkswagen Group): Diess ha subrayado la importancia de los híbridos enchufables como un paso intermedio hacia los vehículos totalmente eléctricos. Ha enfatizado que estos vehículos pueden ayudar a reducir las emisiones mientras se mejora la infraestructura de carga.

ANTECEDENTES

En la actualidad, surge la necesidad de encontrar alternativas sostenibles en el sector automotriz, dado que la movilidad es fundamental para el avance. Por ello, se ha desarrollado la idea de crear vehículos híbridos. La fabricación de estos automóviles contribuye a reducir las emisiones de gases contaminantes, ofreciendo una opción limpia y sustentable para la movilidad urbana. Además, ayuda a disminuir los costos de combustible para los usuarios, fomenta la protección del medio ambiente y la salud, y proporciona una visión innovadora para el futuro de la movilidad en la vida cotidiana.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

En 1896, los británicos H. J. Dowsing y L. Epstein desarrollaron conceptos para sistemas de hibridación en paralelo. Estas ideas se implementaron posteriormente en Estados Unidos para impulsar vehículos grandes, como camiones y autobuses. Dowsing llegó a instalar una dinamo, un dispositivo que convierte energía mecánica en eléctrica, en un automóvil Arnold. Esta dinamo podía arrancar el motor de gasolina, mover el vehículo o recargar las baterías, lo que podría considerarse uno de los primeros ejemplos de un vehículo híbrido.

En 1899, los hermanos belgas Henri y Nicolás Pieper construyeron un vehículo llamado Voiturette, que combinaba un motor de gasolina con un motor eléctrico situado bajo el asiento. Durante la conducción a velocidad constante, el motor eléctrico generaba electricidad para las baterías, proporcionando potencia adicional para subir pendientes o acelerar. Posteriormente, se dedicaron a comercializar el vehículo hasta que vendieron la empresa a Henry Pescatore.



Figura 3. Los hermanos Pieper.

En el transcurso de los años han salido propuestas de diseños de vehículos híbridos utilizando tecnologías para la fabricación de estos.
Funcionamiento mediante:
Motor eléctrico y combustión (Ciudad de México, 2010) (Figura 4).



Figura 4. Prototipo final.

Energía solar y Humana (Chile) (Figura 5).

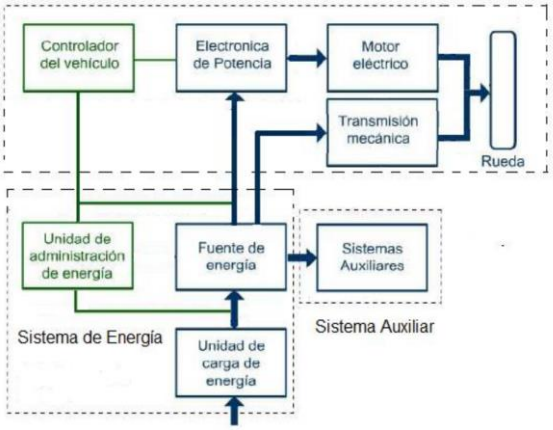


Figura 5. Esquema y administración de la energía.

Empresas como Toyota y Nissan han desarrollado vehículos utilizando dos métodos distintos de propulsión.

El Toyota Prius, que comenzó a circular en abril de 2016, cuenta con un motor de 1.8 litros y un sistema híbrido eléctrico. Dependiendo del modelo, puede tener una batería de iones de litio o de níquel-metal hidruro. La potencia combinada del Prius llega a 121 caballos de fuerza y está equipado con una transmisión automática CVT.



Figura 6. Toyota Pirus.

La Nissan Kicks e-Power es una SUV subcompacta que incorpora tecnologías híbridas y es una excelente opción para iniciarse en este segmento. Cuenta con un motor de 4 cilindros de 1.3 litros que produce 134 caballos de fuerza y 207 libras-pie de torque. Además, tiene una transmisión automática CVT y su eficiencia combinada supera los 20 km/l.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.



Figura 7. Nissan Kicks e-Power.

En la actualidad, se están explorando nuevas opciones para mejorar la eficiencia de estos vehículos y aumentar la producción para satisfacer la demanda creciente.

DESARROLLO DEL TEMA

1.Se realizaron distintas investigaciones sobre los distintos vehículos del mercado para identificar las necesidades y preferencias de los usuarios en relación a vehículos híbridos. Además, se valuaron las tendencias actuales en la industria automotriz.

2. Se investigo y evaluó las diferentes tecnologías de propulsión: motor de combustión interna, motor eléctrico, y sistema de celdas de combustible de hidrógeno. De igual manera se hizo un análisis de las ventajas, desventajas, eficiencia y emisiones de cada sistema

3. Diseño del prototipo

El diseño inicial incluye bocetos a computadora, estas serán fundamentales para prever el comportamiento del vehículo y asegurar que la integración de los sistemas sea eficiente. Para el diseño de este sistema hibrido, se utilizó un programa de simulación (Solid Works) donde se efectúan piezas en 3D para el análisis de su fabricación.

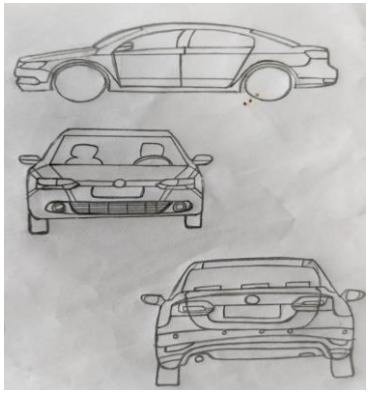


Figura 8. Boceto a mano.

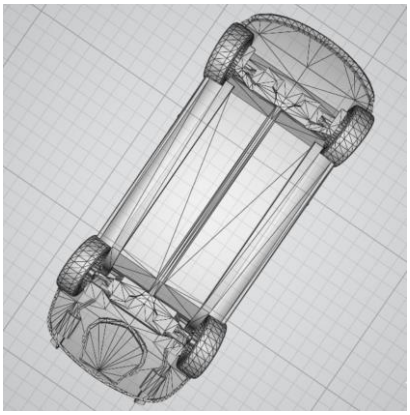


Figura 9. Diseño en computadora.

Después, se realizó una simulación en la plataforma Tinkercad, utilizando un Arduino, un servomotor MG90s, un controlador L298N y un motor. La simulación se centró en el diseño de la conexión de estos elementos electrónicos.

En esta simulación, el Arduino se utilizó para gestionar la integración y el funcionamiento. El servomotor MG90s fue empleado para controlar la dirección del vehículo, mientras que el controlador L298N se encargó de manejar la velocidad. El código programado en el Arduino permitió alternar y combinar el uso de los motores según las necesidades del vehículo, simulando condiciones de arranque, aceleración.

Se configuró un circuito en Tinkercad que permitía el control preciso del servomotor y del motor eléctrico, asegurando una transición suave entre los diferentes modos de operación del vehículo híbrido. Además, se incluyeron sensores para monitorear parámetros críticos como la velocidad, la carga de la batería y el consumo de combustible, los cuales fueron integrados en el sistema de control del Arduino.

Esta simulación permitió prever posibles problemas y ajustar el diseño del vehículo híbrido antes de implementar el hardware real, optimizando así su eficiencia y rendimiento.

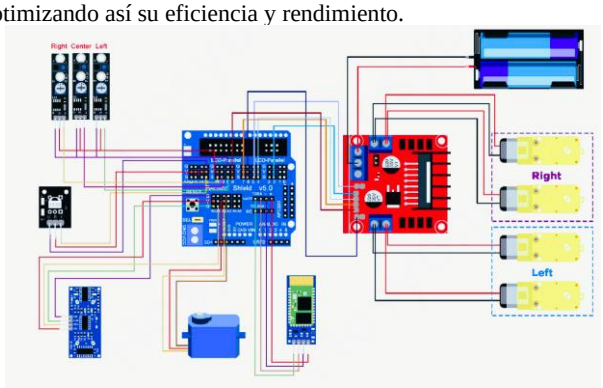


Figura 10. Imagen simulación del proceso.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

Para avanzar hacia la fabricación del vehículo, se desarrolla un prototipo a escala. Este prototipo permitirá evaluar y ajustar el diseño y la integración de los sistemas de propulsión. Las pruebas iniciales ayudarán a identificar posibles mejoras y optimizar del sistema.

4. Lista de ensamble.

1. Preparar las piezas y herramientas

- Reúna todas las piezas y herramientas necesarias.
- Verifique que todas las piezas estén presentes usando la lista de empaque.

2. Ajustar el chasis

- Fijar los motores al chasis utilizando los tornillos y las piezas de montaje.
- Ensamblar las ruedas en los ejes de los motores.
- Asegúrese de que todo esté bien asegurado.

3. Instalar la placa base Arduino

- Coloque la placa base Arduino en el lugar designado en el chasis.
- Asegurarse de que esté bien sujeta con los tornillos proporcionados.

4. Conectar la placa controladora de motores L298N

- Se ensamblo la placa L298N en el chasis.
- Conectar los cables de los motores a la placa L298N según el esquema proporcionado.

5. Instalar los sensores

- Ensamblo el sensor ultrasónico en la parte frontal del chasis.
- Fije los sensores de seguimiento de línea en la parte inferior del chasis.
- Se coloco el receptor IR en una posición accesible.

6. Conectar el módulo Bluetooth

- Enlazar el módulo Bluetooth en el chasis y conéctelo a la placa Arduino siguiendo el esquema.

7. Conectar la batería

- Conectar la batería a la placa base Arduino y a la placa controladora de motores.
- Asegurarse de que todas las conexiones sean seguras y correctas.

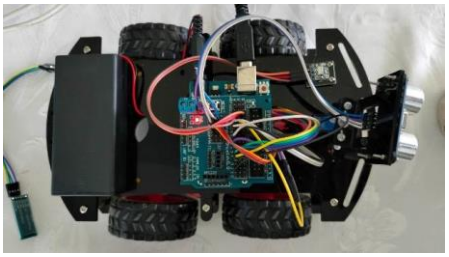


Figura 11. Componentes conectados en el prototipo.

Posteriormente, se evaluará el rendimiento del vehículo en condiciones reales de uso. Se analizará y se realizarán las mejoras necesarias para optimizar el diseño y la funcionalidad del vehículo. Este proceso de evaluación continua asegura que el vehículo siga siendo competitivo, eficiente y alineado con las necesidades del mercado.

Este enfoque de diseño garantiza la creación de un vehículo híbrido eficiente, maniobrable y adaptado a las necesidades modernas, contribuyendo a la sostenibilidad y mejorando la experiencia del usuario.

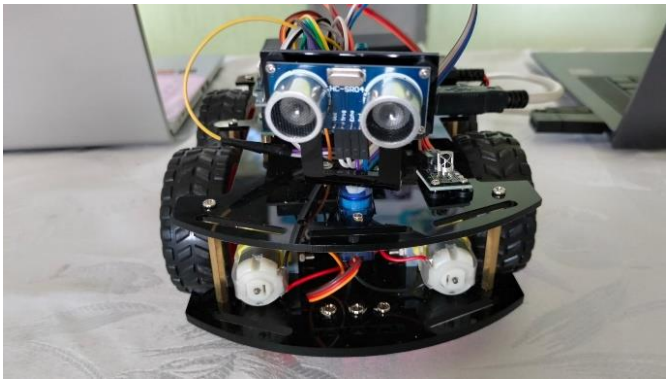


Figura 12. Prototipo terminado.

RESULTADO

Se realizaron distintas pruebas considerando las siguientes características mostradas en la tabla 4.

Peso del vehículo (kg).	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo(s).
1.0 kg	800	0.30	2666.7
1.0 kg	700	0.25	2800

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

1.5 kg	750	0.25	3000.0
1.5 kg	650	0.20	3250
1.75 kg	700	0.20	3500.0
1.75 kg	600	0.15	4000

Tabla 4. Pruebas que se realizaron.

A medida que aumenta el peso del vehículo, la distancia recorrida disminuye tanto con carga como sin carga.
La velocidad también disminuye con el aumento del peso del vehículo, y esto es más pronunciado cuando el vehículo lleva carga adicional.
El tiempo necesario para recorrer la distancia aumenta con el peso del vehículo en ambas condiciones, siendo mayor cuando el vehículo lleva carga adicional.

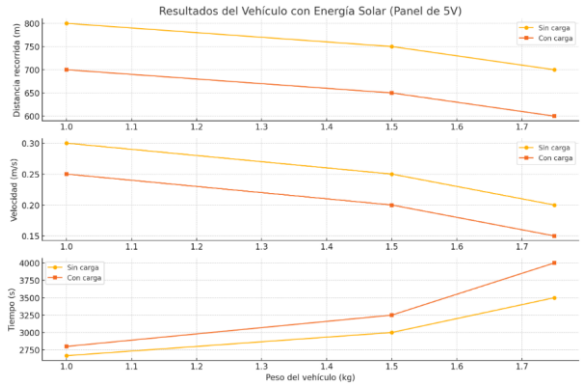


Figura 13. Grafica de los resultados.

CONCLUSIÓN

Aunque este sistema recién ha iniciado y aún sigue en fase de pruebas, se espera poder integrar esta tecnología no solo en motocicletas, sino también en una variedad de vehículos de transporte, mejorando así la seguridad, eficiencia y experiencia del usuario en múltiples contextos de movilidad.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Montecelos, J. T. (2019). Vehiculos electricos. En J. T. Montecelos, Vehiculos electricos (pág. 296). España: Paraninfo.

Ramírez González, A., & Domínguez Calle, E. A. (2011). EL RUIDO VEHICULAR URBANO: PROBLEMÁTICA AGOBIANTE DE LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales, 35(137), 509–530. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400009

Castro, M. (s. f.). ¿Cuáles son los autos híbridos de Nissan en México en 2024? Precios y características. De Cero A 100. https://www.deceroacien.com.mx/autos/2024/3/8/cuales-son-los-autos-hibridos-de-nissan-en-mexico-en-2024-precios-caracteristicas-11610.html

Pazmiño, M. D. (2012). Diseño, construcción y pruebas de un vehiculo hibrido (energia solar-energia humana). http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20781

Historia del coche híbrido: los pioneros. (2009, 6 junio). Motorpasion. Recuperado 18 de junio de 2024, de https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-los-pioneros

Williams, A. R. J. (2018, 17 julio). Diseño, implementación y análisis de un prototipo de vehículo híbrido. http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/44293

Briceño, G., V. (2021, 2 diciembre). Motor de combustión interna | Qué es, características, partes, cómo funciona. Euston96. https://www.euston96.com/motor-de-combustion-interna/

Electricos, C. (2020, 30 octubre). Qué es un motor eléctrico: Cómo funciona y mucho más. Circuitos Eléctricos. https://www.circuitos-electricos.com/que-es-un-motor-electrico/

Redacciones. (2023, 30 mayo). SISTEMA HÍBRIDO » Qué es, Ventajas, Desventajas - Cumbre Pueblos. Cumbre Pueblos. https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/sistema-hibrido/
Propulsión. CONGRESO ANUAL DE LA AMCA, 1-6.

Alvarado, D.A., Vásquez, S.I., & Barreno, M.P. (2011). Diseño, Construcción y Pruebas de un Vehículo Híbrido (Energía Solar – Energía Humana)

Diseño de un montaje experimental para determinar la rentabilidad técnica de un vehículo híbrido eléctrico. (2010). Científica, 9-15.

Aguillon, E.D., Melo, E.A., Ariza I.L. (2011). Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar. Scielo.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Mayra Hernandez Bustamante: Estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de estudios Superiores de Ixtapaluca.

Juan Felipe Degante Tapia: Estudiante de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de estudios Superiores de Ixtapaluca.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. CP-07, pág.: 1 a la 8.

Diana Margarita Guerrero: Estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en el Tecnológico de estudios Superiores de Ixtapaluca.

Miriam Laura Juárez Hernández: Ingeniero Mecatrónico egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Maestra en Ingeniería Industrial egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Oriente del Estado de México.

María del Carmen Magaña González: Licenciada en Economía egresada de Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Administración egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-01, pág.: 1 a la 5.

Diseño de un contenedor de acrílico destinado a la inspección de jeringas con capacidad de 10 mililitros

Irvin Mondragón Hernández, **Guillermo Urriolagoitia Sosa, Beatriz Romero Ángeles, Rodrigo García García**

RESUMEN

Este texto abordará todo lo importante al diseño de un contenedor de acrílico**,** mencionando desde un inicio la propuesta del mecanismo para la solución del problema planteado. Para contemplar una idea más clara de lo que será el contenedor de acrílico, se debe empezar por sus funciones que se desea que cumpla, de esta forma poder aumentar la eficiencia del departamento de inspección y calidad de la empresa dedicada a la fabricación de jeringas, en la cual se cambió la geometría del patrón superior y se implementó una nueva forma para que el contenedor no llevara tornillos para su ensamble. Además, se puede observar el como estará compuesto, mostrando el despiece de este y las funciones particulares con las que contarán cada una de sus piezas siendo todas de gran importancia y de igual forma se muestra la información de los componentes que ayudará a la unión y ensamble del contenedor de acrílico. Primero se realiza el diseño preliminar de cada pieza para que posteriormente se obtenga el diseño final y así mejorar tiempos y movimientos para la inspección de jeringas con capacidad de 10 mililitros.

ABSTRACT

In this text we will touch on everything important to the industrial design of an acrylic container, mentioning from the beginning the proposed mechanism for the solution of the problem posed. To contemplate a clearer idea of what the acrylic container will be, we must start with its functions that we want it to fulfill, in order to increase the efficiency of the inspection and quality department of the company dedicated to the manufacture of syringes, in which the geometry of the upper pattern was changed and a new shape was implemented so that the acrylic container would not have screws for its assembly. In addition, you can see how the acrylic container will be composed, showing the exploded view of it and the particular functions that each of its parts will have, all of them being of great importance, as well as the information of the components that will help the union and assembly of the acrylic container. First the preliminary design of each piece is made so that later the final design can be obtained and thus improve times and movements for the inspection of syringes with a capacity of 10 milliliters.

Palabras claves: Diseño, Inspección, Calidad, Patrón.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la ingeniería, el diseño se define como una metodología sistemática para la creación de sistemas, componentes o procesos con el objetivo de satisfacer una necesidad especifica. Este proceso implica la toma de decisiones estratégicas, la aplicación de conocimientos técnicos y la búsqueda del cumplimiento de objetivos predefinidos, Margarit (1970). La ergonomía y la funcionalidad del diseño mecánico son aspectos cruciales a tener en cuenta, ya que van más allá de la estética del patrón. El considerar estos factores, se puede optimizar la eficiencia del patrón en el ámbito de la inspección y control de calidad, Rodríguez (2005). La organización y el fácil manejo de un instrumento son fundamentales para optimizar la eficiencia en la realización de ciertas actividades. Un instrumento bien maquinado, sin errores, fabricado con materiales adecuados y sometido a tratamientos térmicos o termoquímicos apropiados, brindará una mejor funcionalidad y una vida útil mas prolongada. En el presente proyecto se abordará el diseño de un contenedor de acrílico destinado a la inspección de jeringas con capacidad de 10 mililitros. Esto se debe a que actualmente se liberan las piezas midiéndolas con el instrumento de medición que es el vernier por lo que hay una deficiencia en la inspección del reborde. Se busca optimizar la inspección con el diseño propuesto, Cubillos (2009).

PROBLEMÁTICA

Dado que se detectó en el área de inspección una deficiencia para la inspección del reborde de la jeringa ya que actualmente se liberan las piezas midiéndolas con el instrumento de medición que es el vernier, por lo que se requería un patrón que tuviera la medida exacta contemplando las tolerancias correctas, además de contar con una caja de acrílico que no utilizará tornillos para su ensamble o en su defecto fueran los menos posibles.

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrados e Investigación, Unidad Profesional Adolfo López Mateos “Zacatenco”.
Ing. Irvin Mondragón Hernández, Dr. Guillermo Urriolagoitia Sosa, Dra. Beatriz Romero Ángeles, Ing. Rodrigo García García

irvinmondra01@gmail.com, guiurri@hotmail.com, romerobeatriz97@hotmail.ipn.mx, 2019360018.ipn@gmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-01, pág.: 1 a la 5.

Al momento de realizar la inspección, las jeringas que pasaran el filtro cayeran en un cajón para el siguiente proceso y las que no, se apartaran para el área de fundición. Haciendo necesario el diseño del contenedor de acrílico. El cual englobe todas las necesidades que se requería para la inspección del reborde de la jeringa. Se mantendrán tolerancias estrictas para mantener su calidad dimensional, el contenedor de acrílico estará conformado por 11 piezas de acrílico, 1 pieza de acero inoxidable 316L, 1 pieza de SAE AISI 1018, 6 tornillos Allen y 2 opresores.

ANTECEDENTES

El concepto de patrón ha experimentado una evolución constante a lo largo del tiempo, moldeada por los avances del conocimiento y las posibilidades tecnológicas de cada época, así como por la necesidad de satisfacer las demandas del momento.

Los bloques patrón, como su nombre lo indica, son piezas con formas usualmente rectangulares, esféricas o cúbicas. Se fabrican en diversos materiales, como aleaciones de acero, inoxidable, cerámica o incluso de tungsteno. Su función principal es servir como referencias dimensionales de distancias lineales, midiendo la distancia entre dos de sus caras opuestas. En otras palabras, los bloques patrón son herramientas de alta precisión. Su fabricación se realiza con estrictos controles de calidad, asegurando que sus dimensiones sean exactas y uniformes, Piñeiro (2000).

Esto los convierte en elementos esenciales en diversas industrias, como la manufactura, la metrología y la investigación científica.

DESARROLLO

Diseño del sistema, para la creación del contenedor de acrílico se tomaron diversas consideraciones, todo para que cumpla con las necesidades principales que antes se plantearon. El diseño de este sistema inicia desde el planteamiento del problema, el cual es mejorar la inspección de jeringas específicamente en la parte del reborde sin dejar a un lado el requisito de la caja de acrílico que no debe de llevar tornillos para su ensamble o en su defecto, sean los menos posibles. Para el diseño del contenedor de acrílico fue indispensable considerar los materiales a utilizar, para cada una de sus partes, además de plantear el despiece del contenedor para que cada sección pueda cumplir con una tarea distinta.

El contenedor de acrílico lleva en la parte superior un patrón el cual es del grupo pasa – no pasa para que, al momento de revisar el reborde de la jeringa, compare la medida si cumple con los estándares establecidos de la propia empresa farmacéutica.

Para la propuesta del mecanismo, se diseñará un contenedor de acrílico que en la parte superior contenga un patrón pasa – no pasa con la intención de ser implementado en una empresa farmacéutica, ya que actualmente el departamento de inspección se tiene la necesidad de revisar la medida del reborde sin dejar a un lado el requisito de que el contenedor o caja no llevara tornillos para su ensamble. Los tiempos muertos se presentan al momento de la inspección ya que los patrones que se tienen están en un lugar fijo por lo que el diseño que se presenta eliminara ese traslado del personal al momento de la inspección.

Para poder presentar el análisis parte por parte del contenedor de acrílico, será indispensable presentar de igual forma el reborde de la jeringa que se va a inspeccionar como se puede observar en la Figura 1. Reborde con el que cuenta la base (R).

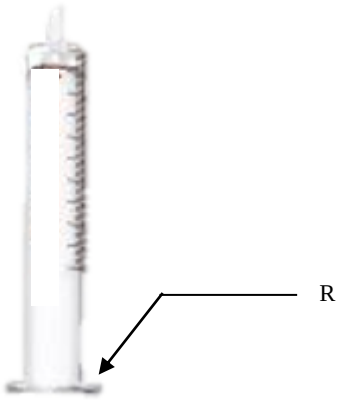


Figura 1.- Parte de la jeringa a inspeccionar con capacidad de 10 mililitros, imagen tomada de la empresa El Crisol S.A de C.V

Se propone la fabricación del contenedor con el patrón en la parte superior para medir y comparar la medida, teniendo en cuenta los limites de las tolerancias de la parte del reborde. La medición es efectuada de forma manual por operarios.

FUNCIONAMIENTO Y PARTES QUE COMPONEN EL CONTENEDOR DE ACRÍLICO.

Estructura principal del contenedor

Esta pieza en cuestiones de manufactura debe de estar bien escuadrada ya que su ensamble depende de las piezas en cuestión. Su principal objetivo será dar soporte y en donde se podrán colorar las demás piezas individuales. El material para su fabricación es de acrílico transparente con espesor de 6 mm, por la principal razón de que se busca un material fácil de poder ensamblar y además que fuera transparente para poder visualizar las jeringas que pasaron la inspección, teniendo en cuenta que para su armado no debe de llevar ningún tipo de tornillos.

De igual forma en esta pieza se considera el espacio de trabajo en el cual será colocado. En el diseño realizado de esta pieza se encuentran, que algunas están ranuradas y otras no, ya que el ensamble de la pieza no llevara tornillos. En la parte superior se visualiza un hueco el cual tiene la función de encajonar la base del patrón además de contar con 6 barrenos que tengas una rosca M3, la cual hace referencia a roscas de tipo métrico.

Estas roscas interiores serán utilizadas para poder colocar tornillos Allen M3.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-01, pág.: 1 a la 5.

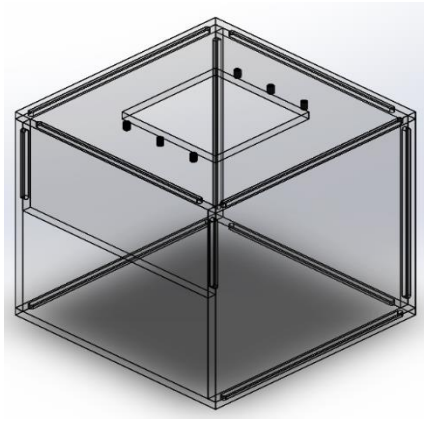


Figura 2.- Estructura principal del contenedor, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

Estructura secundaria del contenedor
Esta pieza será como cajón el cual su principal función es darle almacenamiento a las jeringas que aprobaron la inspección. Además de contar con un movimiento el cual favorece para el retiro de estas. El material será de acrílico transparente con espesor de 6 mm, por la principal razón de que se busca un material fácil de poder ensamblar y además que fuera transparente para poder visualizar las jeringas que pasaron la inspección. En la parte frontal tendrá un barreno M4, la cual hace referencia a roscas de tipo métrico. Esta rosca interior será utilizada para poder colocar la perilla que de igual forma lleva una cuerda M4.
El material de la perilla será de aluminio 6061, por la principal razón de que no tiene como tal un funcionamiento que pueda alterar la inspección. Tendrá una cuerda M4 y en el diámetro mayor tendrá un moleteado para su fácil agarre.

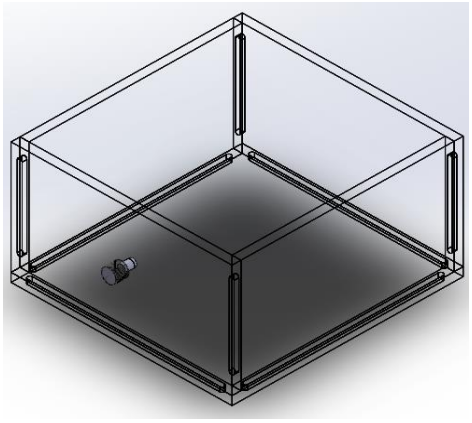


Figura 3.- Estructura secundaria del contenedor, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

Base del patrón
Esta pieza es importante en dimensiones de todo lo que conforma el ensamble. Su principal función será dar soporte al patrón, que se colorará en la parte superior de la estructura principal del contenedor. El material será de SAE AISI 1018, por la razón de que en ella no habrá contacto directo con las jeringas y por lo cual no afectará la inocuidad, el cual es uno de los factores mas importantes por considerar. En el diseño realizado de esta pieza se encuentran, sus tolerancias a respetar para colocar la pieza del centro (patrón) con las tolerancias de H7, cuenta con 6 barrenos machueleados a M3, con un avellanado para tornillos Allen M3 cabeza plana y 2 barrenos en las partes laterales machueleados a M3 para opresores de la misma medida, los cuales su función es no permitir el movimiento del patrón.

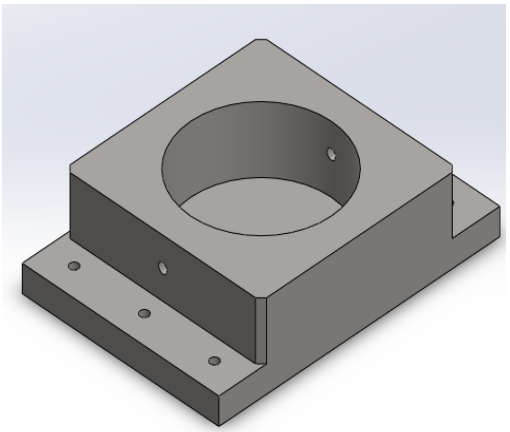


Figura 4.- Base del patrón, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

Patrón
Esta pieza es de suma importancia en dimensionamiento porque es la que contiene la medida específica del reborde de la jeringa además de contar con el ajuste adecuado para que pueda embonar con la base del patrón. Su principal función es verificar si pasa o no pasa la jeringa que se esta inspeccionando. El material será de acero inoxidable 316L para asegurar su vida útil y no contaminar de alguna forma la jeringa, cuidado la inocuidad, la cual es un factor importante para la calidad de la misma. Cuenta con una tolerancia de h6 para su diámetro exterior, lo cual nos garantiza que tendrá un ajuste de eje intermedio.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-01, pág.: 1 a la 5.

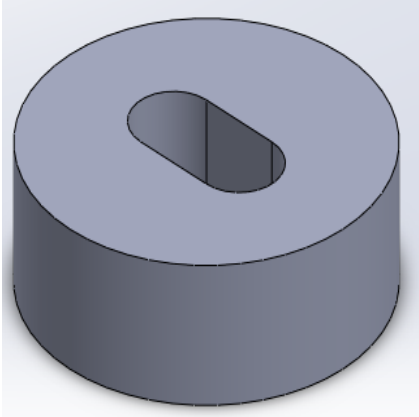


Figura 5.- Patrón, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

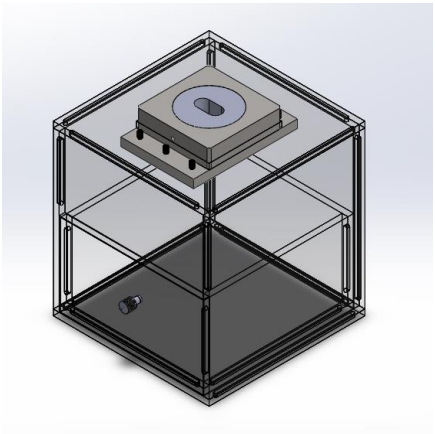


Figura 6.- Ensamble del contenedor de acrílico, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

RESULTADOS

Finalmente, con ayuda del software de Solid Works se diseñaron todas las partes del contenedor se acrílico con las cuales la pieza de mayor importancia es el patrón el cual contienen la medida correspondiente a la inspección del reborde de la jeringa, pudiendo apreciar la solución a la problemática planteada, de acuerdo con lo establecido se tendrá una mejor inspección porque se asegura un dimensionamiento correcto de la pieza porque no habría ningún error de medición, además se evita las dificultades en el armado del contenedor ya que no lleva ningún tipo de tornillos a excepción de la base del patrón. En el tema de la reducción de tiempos en la inspección se pudo reducir de 2 minutos a 1 minuto por cada jeringa revisada ya que al ser un patrón con una medida exacta contemplando sus tolerancias no se tiene la incertidumbre de tener un error en la medición.

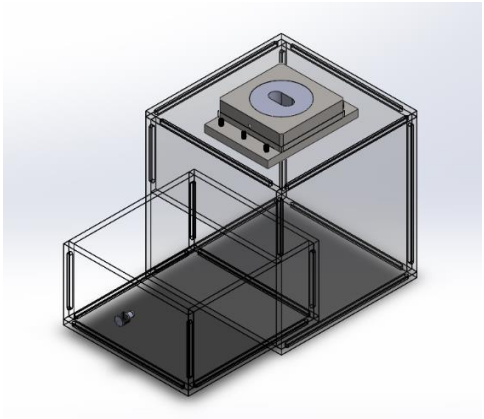


Figura 7.- Ensamble final del contenedor de acrílico, diseño propio elaborado en Solid Works 2020 Estudiantil.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Cubillos, Rodríguez, M. C., & Rozo Rodríguez, D. (2009). El concepto de calidad: *Historia, evolución e importancia para la competitividad*. Revista de la Universidad de la Salle, 2009(48), 15- 23.

[2] Margarit, J. (1970). *Morris Asimow: Principi di progettazione*. Cuadernos de arquitectura, 121-124.

[3] Rodríguez, Alarcón, R., (2005). *Diseño de una Máquina Desfibradora de Desperdicio Textil (Telas Base Acrílico o Poliéster) para Obtener un Producto conocido como Borra* [Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional], 58-61

[4] Piñeiro, M. M. (2000). *Metrología*, Universidad de Oviedo.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Irvin Mondragón Hernández: Alumno de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional, ESIME, SEPI Zacatenco México.

Guillermo Urriolagoitia Sosa: Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Adolfo López Mateos "Zacatenco". Maestría en Ciencias en el Área de Diseño Mecánico, en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Maestría en Ingeniería Mecánica en la Universidad de Oxford Brookes. Doctorado en Filosofía en la Universidad de Oxford Brookes. Actualmente Profesor Investigador de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional.

Beatriz Romero Ángeles: Ingeniero Mecánico egresada de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Adolfo López Mateos "Zacatenco". Maestría en Ciencias en Mecánica en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Doctorado en Filosofía en la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-01, pág.: 1 a la 5.

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Actualmente Profesora Investigadora de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional.

Rodrigo García García: Alumno de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Politécnico Nacional, ESIME, SEPI Zacatenco México.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Sección de Estudios de Posgrado e Investigación por permitirme ser parte de esta gran institución desde la licenciatura y ahora en el posgrado que siempre me ha brindado el apoyo necesario para desarrollar y concluir mis trabajos de investigación. Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) Por el apoyo económico otorgado durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

Proyecto para optimizar el sistema de enfriamiento de una planta de temperatura experimental

***Daniel Martínez Gutiérrez*, Emmanuel Domínguez Osio, Edgar Baldemar Aguado ***

[1] RESUMEN

En el Laboratorio de Control y Robótica de la Facultad de Ingeniería, se realiza una práctica de laboratorio utilizando una unidad de procesos con un módulo controlador de temperatura de la marca Electronica Venetta. Este sistema está conformado por un sistema de enfriamiento implementado con un ventilador (convección forzada), el cual por sus propias características realiza un proceso de enfriamiento que responde muy lento, ocasionando que los estudiantes tengan que esperar un tiempo prolongado para que la unidad de procesos alcance la temperatura inicial (por lo general la temperatura ambiente) y empezar a realizar su siguiente actividad. Por esta razón, se ve obligado a realizar la práctica en dos o más sesiones cuando llega a tener fallas en la configuración de cada actividad. Se ha visto que el tiempo de espera para realizar el proceso de enfriamiento provoca pérdida de interés en los estudiantes.

Para dar una solución a esta problemática se está planteando hacer una modificación al diseño original del sistema: agregar al proceso de convección forzada con aire un flujo de agua que complemente el proceso.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos a través de simulaciones numéricas implementadas con modelado en elemento finito para evaluar el proceso de transferencia de calor, y con base a ello, proponer un diseño conveniente que pueda ser integrado al sistema existente. Dichas simulaciones presentan resultados alentadores, puesto que muestran que es posible disminuir el tiempo de enfriamiento.

ABSTRACT

In the Control and Robotics Laboratory of the Faculty of Engineering, a laboratory practice is carried out using a process unit with a temperature controller module from the Electronica Venetta brand. This system is made up of a cooling system implemented with a fan (forced convection), which due to its own characteristics carries out a cooling process that responds very slowly, causing students to have to wait a long time for the process unit to Reach the initial temperature (usually room temperature) and begin your next activity. For this reason, you are forced to carry out the practice in two or more sessions when you have errors in the configuration of each activity. It has been seen that the waiting time to carry out the cooling process causes loss of interest in students.

To provide a solution to this problem, a modification to the original design of the system is being considered: adding a water flow to the forced convection process with air that complements the process.

This work presents the preliminary results obtained through numerical simulations implemented with finite element modeling to evaluate the heat transfer process, and based on this, propose a convenient design that can be integrated into the existing system. These simulations present encouraging results, since they show that it is possible to reduce the cooling time.

Palabras claves: Planta de temperatura, Módulo de Control, Simulación, Control de temperatura, Elemento finito.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo presentamos el análisis, diseño y optimización de la estrategia de control que podría aplicarse para el módulo de temperatura usado en la práctica de laboratorio. Nuestro proyecto se planteó para realizarse en tres etapas: 1) análisis del funcionamiento del módulo controlador de temperatura a partir de la adquisición de datos y el diseño de un gemelo digital de la placa de aluminio del módulo de proceso empleando el software **ANSYS**, 2) rediseño de la placa de aluminio con el objetivo de implementar un serpentín de cobre donde circulará un flujo de agua para enfriamiento, adicional al sistema de convección forzada de aire; 3) validación experimental del nuevo diseño de la placa de aluminio. Actualmente se han completado las etapas 1) y 2), y se está trabajando la etapa 3).

ANTECEDENTES

La práctica de laboratorio *Control de Temperatura* [1] que realizan los estudiantes de la licenciatura de Ingeniería Eléctrica - Electrónica tiene como objetivos: i) aprender el proceso de control de temperatura del sistema G34A y TY34 (de Electronica Venetta), ii) asimilar la operación del sistema en malla abierta, iii) conocer el sistema de control de temperatura en lazo cerrado, iv) los efectos del

1 ∗*UNAM,, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Ingeniería de Control y Robótica, daniel.martinez@ingenieria.unam.edu, emannuel_dom@comunidad.unam.mx, edgar.aguado@ngenieria.unam.edu, teléfonos 56223132, 56223119, Académicos de tiempo completo, Grado académico del autor Maestro en Ingeniería, Coautores, Estudiante de Ingeniería Mecatrónica y Maestro en Ciencias respectivamente.*

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

uso de las acciones de control proporcional y proporcional derivativo.
La primera actividad consiste en la operación en malla abierta del sistema y se comienza reconociendo las etapas funcionales del equipo. Realiza las conexiones eléctricas indicadas en el manual y obtendrá la respuesta en lazo abierto.

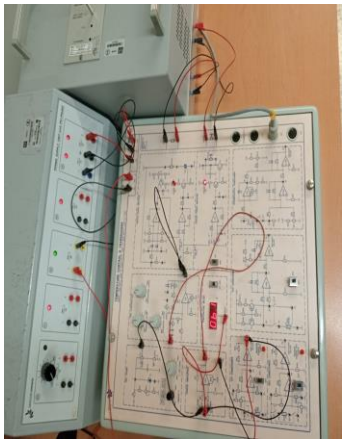


Figura 1.- Conexiones del módulo G34 (Controlador de temperatura) y el módulo TY34 (Unidad de proceso). (Fuente: elaboración propia).

Previamente a la operación del sistema, se debe realizar un ajuste para fijar la señal de error a cero considerando la temperatura ambiente en el momento en el que está ejecutándose la práctica. En las siguientes actividades, establece una temperatura objetivo a la cual se desea calentar la placa de aluminio en el interior del módulo de temperatura, empleando un esquema en malla cerrada (figura 1), y se observa la operación empleando las acciones de control de tipo proporcional (P) y proporcional derivativa (PD). El tiempo en que realiza todas estas actividades llega a ser hasta de 4 horas (dos sesiones de laboratorio) debido principalmente a los largos tiempos de enfriamiento de la placa de aluminio.

DESARROLLO

Para determinar el tiempo típico de enfriamiento de la placa de aluminio, se calentó a una temperatura de 70°C y se dejó enfriar a la temperatura de 30°C (figura 2). Estas temperaturas corresponden a la operación que normalmente se emplean durante la práctica de laboratorio. Se registraron lecturas de temperatura empleando como referencia un termómetro de mercurio y se estimó la distribución de temperatura sobre la placa empleando una cámara térmica (figura 3).

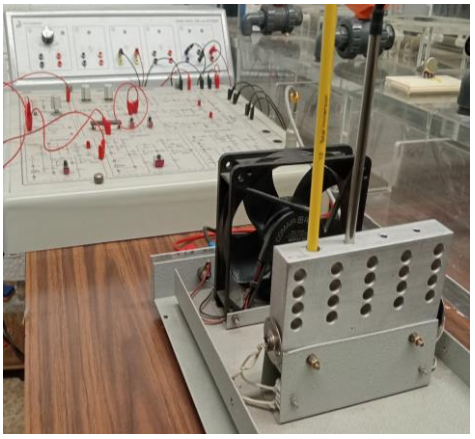


Figura 2.- Ensamble del módulo controlador de temperatura con placa de aluminio expuesta (sin la cubierta con aislante térmico). (Fuente: elaboración propia).

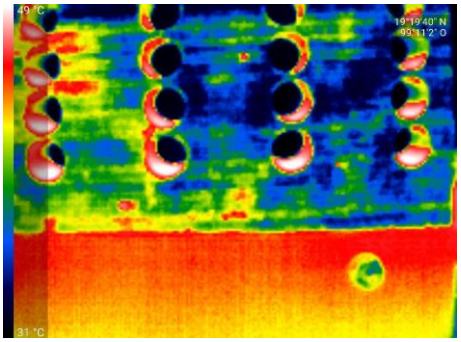
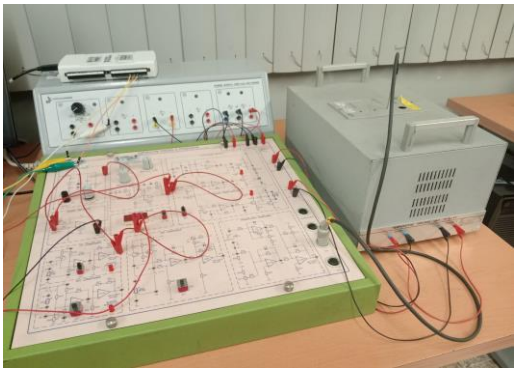


Figura 3.- Distribución de temperatura en la placa de aluminio obtenida a través de una cámara térmica. (Fuente: elaboración propia).

Para adquirir los valores de temperatura y obtener la curva de enfriamiento se usó la tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6211 y MATLAB. Dicho arreglo se muestra en la figura 4. La curva típica de calentamiento y enfriamiento de la placa se observa en la figura 5. Esta se obtuvo utilizando sólo el efecto de la acción proporcional del módulo de control.



AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

Figura 4.- Módulo controlador de temperatura operando en modo proporcional. (Fuente: elaboración propia).

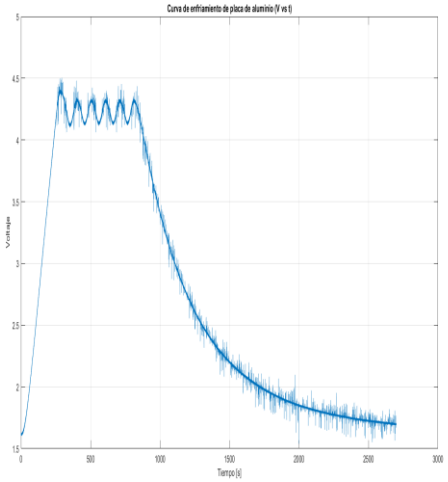


Figura 5.- Curva de calentamiento – enfriamiento. La temperatura máxima alcanzada es de 70 °C y el enfriamiento se alcanza alrededor de 30 °C. (Fuente: elaboración propia).

Otra actividad que se realizó fue incrementar la temperatura de la placa en intervalos de 10 °C para determinar la rapidez de calentamiento. Para ello se empleó una fuente de voltaje programable (Kimprim DC310S) como SET POINT. Se programaron los valores de voltaje correspondientes a valores específicos de temperatura iniciando en 30°C hasta llegar a 70°C. La curva típica que se obtiene operando el sistema en malla cerrada con acción proporcional se muestra en la figura 6.

El gemelo digital de la placa de aluminio se hizo empleando **Autodesk Inventor** y **SolidWorks** para el modelo *CAD* de la pieza (figura 7). El archivo de diseño se exportó al formato del software **ANSYS** para la simulación computacional de elemento finito. El mallado de la pieza importada se muestra en la figura 8. Para la simulación numérica se consideró una temperatura inicial de la placa y que el elemento calefactor emite un flujo constante de calor y está ubicado en la parte inferior de la placa. El proceso de enfriamiento se realiza mediante un flujo constante de aire a temperatura ambiente. El tiempo de simulación se fijó en 200 segundos y con este ajuste se obtiene la distribución de temperatura que se muestra en el gráfico de la figura 9. Se concluye que, para las condiciones de la simulación realizada, la temperatura de la placa de aluminio enfriada por convección forzada con aire alcanza un valor aproximado de 50°C en un tiempo de 200 segundos.

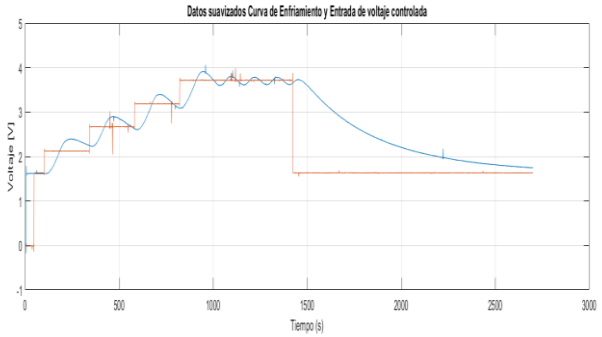


Figura 6.- Curva de calentamiento - enfriamiento cuando la temperatura objetivo se incrementa en 10 °C en intervalos de 240 s. (Fuente: elaboración propia).

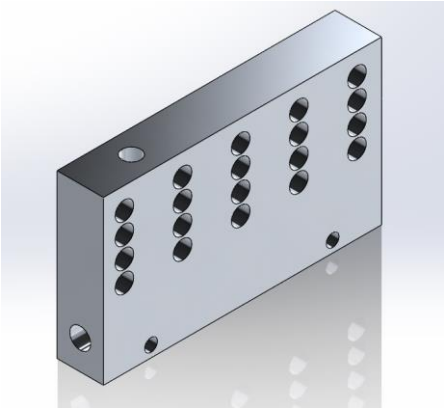


Figura 7.- Gemelo digital de la placa de aluminio del módulo controlador generado en SolidWorks. (Fuente: elaboración propia).

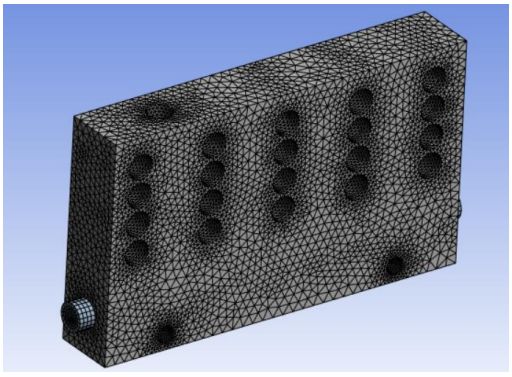


Figura 8.- Mallado de la placa de aluminio procesado para su análisis en elemento finito. (Fuente: elaboración propia).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

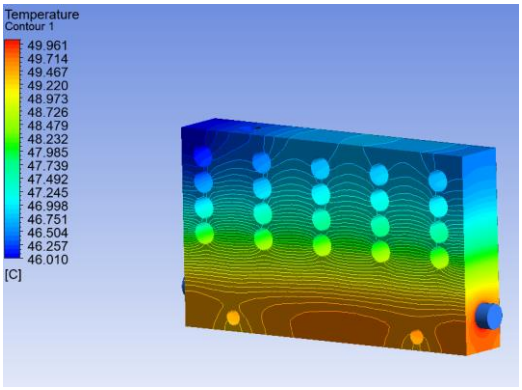


Figura 9.- Distribución de la temperatura en la placa de aluminio después de realizar la simulación del proceso de enfriamiento. (Fuente: elaboración propia).

En la segunda etapa de trabajo, el rediseño de la placa de aluminio tuvo como principal objetivo reducir el tiempo de enfriamiento de esta. Se consideraron dos opciones para el rediseño: dos piezas simétricas empalmadas con las mismas dimensiones de la placa de aluminio del módulo TY-34. En cada pieza que conforma la placa, se traza en su cara interior la trayectoria de un canal para ensamblar un serpentín de cobre de 3.5 mm de diámetro exterior y 2 mm de diámetro interior por el que circulará un flujo de agua constante para enfriarla (figura 10 y figura 11). Al realizar las simulaciones correspondientes, con las mismas condiciones y ajustes hechos en el análisis de la placa de aluminio enfriada por convección forzada de aire, y considerando los parámetros de velocidad de entrada y temperatura del flujo de agua que pasa por el serpentín de cobre, se obtuvieron resultados similares en ambos diseños. Con un flujo de agua a temperatura ambiente, la temperatura máxima de la placa llega a tener valores alrededor de 25°C (figura 12) al tomar un tiempo de simulación de 200 segundos. De aquí se puede concluir, que el flujo de agua permite disminuir en aproximadamente 25 °C la temperatura de la placa de aluminio. En consideración al espacio donde se realiza la actividad en el laboratorio, se decide elegir el modelo de la figura 11 para iniciar la tercera etapa del proyecto, durante la cual se realizará la manufactura de la placa y la validación experimental.

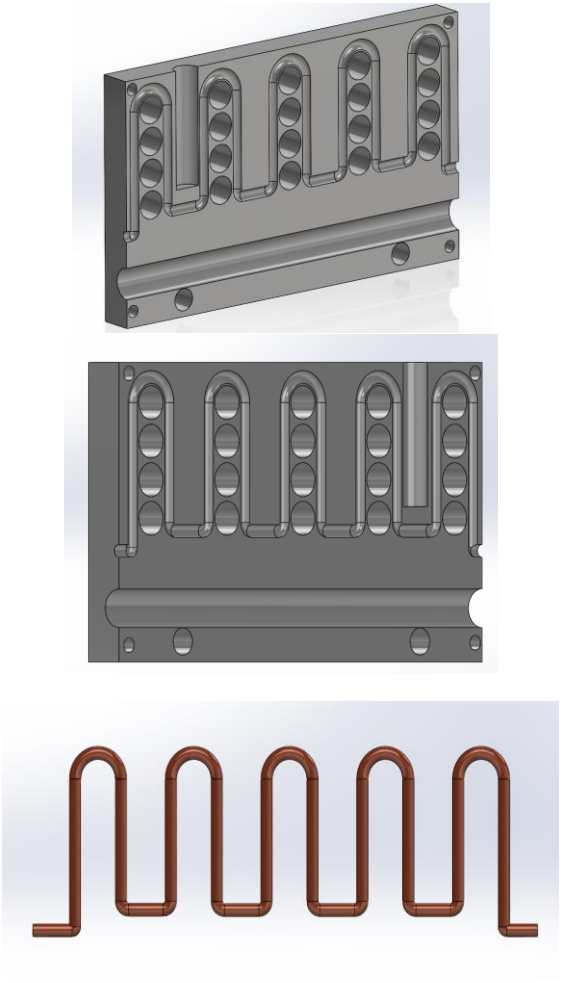


Figura 10.- Componente propuesto y maquinado de la placa de aluminio para mejorar el proceso de enfriamiento considerando entrada – salida del flujo en lados opuestos de la placa. (Fuente: elaboración propia).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

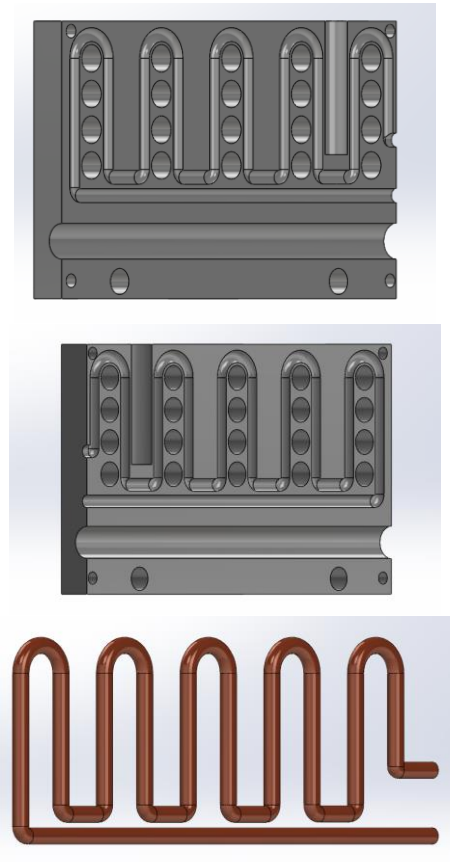


Figura 11.- Componente propuesto y maquinado de la placa de aluminio para mejorar el proceso de enfriamiento considerando la entrada – salida de flujo del mismo lado de la placa. (Fuente: elaboración propia).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados experimentales y de los valores estimados por las simulaciones numéricas, se espera que el rediseño propuesto para la placa de aluminio permita que su enfriamiento con flujo de aire y agua constante se realice en menor tiempo del que actualmente toma. Con ello se espera que el módulo controlador pueda realizar ciclos de calentamiento y enfriamiento en tiempos similares, de manera que permita realizar mayor número de actividades durante la práctica escolar.

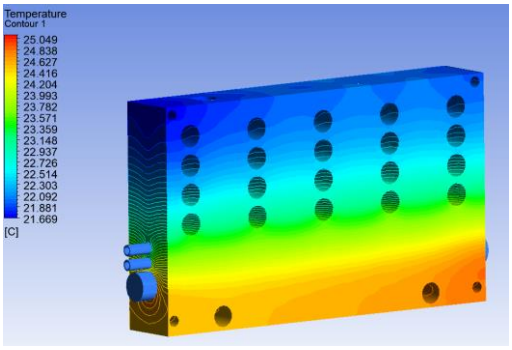


Figura 12.- Resultados de la simulación de la placa de aluminio enfriado por flujo de aire y agua. (Fuente: elaboración propia).

BIBLIOGRAFÍA

[1] Radzai, M. H. M., Yaw, C. T., Lim, C. W., Koh, S. P., & Ahmad, N. A. (2021). Numerical analysis on the performance of a radiant cooling panel with serpentine-based design. *Energies*, *14*(16), 4744. Recuperado el 5 de junio de 2024: https://www.mdpi.com/1996-1073/14/16/4744

[2] Madhavan, S., Devdatta PB, R., Konda, Y. R., Gundabattini, E., Mystkowski, A., Palka, R., ... & Prajzendanc, P. (2023). Thermal management analyses of induction motor through the combination of air-cooling and an integrated water-cooling system. *Scientific Reports*, *13*(1), 10125. Recuperado el 5 de junio de 2024: https://www.nature.com/articles/s41598-023-36989-2

[3] Aguado Cruz, E.B; Sánchez Butanda, J.M; Flores García, R; Manual de Prácticas del Laboratorio de Fundamentos de Control (2018). Recuperado el 5 de junio de 2024, de: https://control.fi-b.unam.mx/lab_control/docs/fcontrol/Manual_FC_v2.pdf

[4] CFDKareem [@cfdkareem]. (2022, noviembre 28). *ANSYS Fluent: Electronics cooling forced convection | tutorial*. Youtube. Recuperado el 5 de junio de 2024 :https://www.youtube.com/watch?v=47p8gfWKSTQ

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Daniel Martínez Gutiérrez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Ingeniería egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Técnico Académico definitivo de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Control y Robótica.

Emmanuel Domínguez Osio: Estudiante de Ingeniería Mecatrónica (7mo semestre). Prestador de Servicio Social en el Departamento de Control y Robótica de la División de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, UNAM.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-02, pág.: 1 a la 6.

Edgar Baldemar Aguado Cruz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la UNAM, Maestro en Ciencias Químicas en el área de Gestión de Tecnología egresado de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM. Licenciado en Derecho por la Facultad de Derecho de la UNAM. Técnico Académico definitivo de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Control y Robótica.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

Diseño y manufactura de un horno eléctrico para tratamiento térmico templado "TemplaTec"

Gabriel Sauza Salinas, **Ignacio Cedillo Villagrán, Nancy Guadalupe Torres Nieto, Martha Ofelia Nieto López, Juan Sauza Salinas, Diego Sebastián Rojas Juárez**

RESUMEN

El diseño y fabricación de un horno compacto para tratamientos térmicos, específicamente para el temple y revenido, tiene como objetivo satisfacer las necesidades de las pequeñas y medianas empresas metalmecánicas que requieren procesos de tratamiento térmico eficientes y de alta calidad en espacios reducidos. Este horno está concebido para llevar a cabo tanto el temple como el revenido en piezas metálicas, brindando versatilidad y funcionalidad en un formato compacto.
Una de las características más destacadas de esta propuesta es su diseño modular, que facilita su instalación en áreas limitadas, como talleres o laboratorios de investigación. Esto se logra mediante la implementación de tecnologías de aislamiento térmico y sistemas de control que optimizan el espacio disponible sin sacrificar la eficiencia del proceso de tratamiento térmico.
El horno compacto está equipado con un sistema de calentamiento rápido y uniforme, utilizando resistencias eléctricas de alta eficiencia y tecnologías de inducción para alcanzar rápidamente las temperaturas necesarias para el temple y el revenido. Además, cuenta con un sistema de control automatizado que asegura una temperatura constante y uniforme a lo largo de todo el proceso.
Para el temple, se emplean métodos como el enfriamiento en aceite o agua, garantizando así la máxima dureza y resistencia de las piezas metálicas. En cuanto al revenido, se ofrece un control preciso de la temperatura y el tiempo de tratamiento, permitiendo ajustes personalizados para obtener las propiedades mecánicas deseadas en las piezas tratadas.
Su diseño innovador y su capacidad para alcanzar altas temperaturas de manera rápida y uniforme lo convierten en una herramienta invaluable para el tratamiento de piezas metálicas de alta calidad.

TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Departamento Metalmecánica, gabriel.ss@tlalnepantla.tecnm.mx, Ingeniero mecánico, Ingeniero Electromecánico, Maestra en gestión de Tecnologías de la información, Ingeniera Mecánica Industrial y Estudiantes de Ingeniería Mecánica y Electromecánica.

ABSTRACT

The design and manufacture of a compact furnace for heat treatments, specifically for quenching and tempering, aims to meet the needs of small and medium-sized metalworking companies that require efficient, high-quality heat treatment processes in confined spaces. This furnace is designed to carry out both quenching and tempering on metal parts, providing versatility and functionality in a compact format. One of the most outstanding features of this proposal is its modular design, which facilitates its installation in limited areas, such as workshops or research laboratories. This is achieved by implementing thermal insulation technologies and control systems that optimize the available space without sacrificing the efficiency of the heat treatment process. The compact furnace is equipped with a fast and uniform heating system, using high-efficiency electric resistors and induction technologies to quickly reach the temperatures required for quenching and tempering. In addition, it has an automated control system that ensures a constant and uniform temperature throughout the process. For hardening, methods such as cooling in oil or water are used, thus guaranteeing the maximum hardness and resistance of the metal parts. As for tempering, precise control of temperature and treatment time is offered, allowing customized adjustments to obtain the desired mechanical properties in the treated parts. Its innovative design and ability to reach high temperatures quickly and evenly make it an invaluable tool for the treatment of high-quality metal parts.

Palabras claves: Horno, Temple, Revenido, Acero, Refractario, Control, Temperatura.

INTRODUCCIÓN

El proceso de tratamiento térmico en los metales permite la trasformación de sus propiedades, por medio de un calentamiento y enfriamiento controlado. Se pueden dar a mayores o menores tiempos de permanencia, rangos de temperatura, velocidades de calentamiento y enfriamiento de acuerdo con el tipo de material; por este motivo, es necesario un horno de resistencias eléctricas, que pueda alcanzar altos rangos de temperatura en el menor tiempo posible y que permita el incremento de la dureza del material a tratar [1]. Actualmente, las posibilidades de modificar la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

estructura, constitución e incluso la composición química de los metales y aleaciones, se han extendido considerablemente. Pero siguen siendo los tratamientos térmicos, los que más se utilizan en la metalurgia actual. Se utiliza la temperatura de magnitud variable modificadora de la micro estructura y constitución de metales y aleaciones, pero sin variar su composición química. [2]
El proyecto "Diseño y manufactura de un horno eléctrico para tratamiento térmico", se enfoca o delimita sólo al tratamiento térmico de templado y su complemento de revenido, sin embargo, el horno eléctrico proyectado tiene capacidad para otros tipos de tratamientos térmicos, lo que posibilitará su utilización para futuros proyectos.

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

La principal problemática en las pequeñas y medianas empresas metalmecánicas radica en la limitación de recursos, tanto financieros como de espacio y personal especializado. Estas empresas suelen enfrentarse a desafíos para invertir en equipos de alta tecnología debido a los altos costos asociados. Además, el espacio disponible en sus instalaciones puede ser reducido, lo que dificulta la integración de equipos voluminosos como hornos industriales convencionales. Otro desafío importante es la falta de personal capacitado en técnicas de tratamiento térmico. Muchas Pymes metalmecánicas no cuentan con expertos en este campo, lo que limita su capacidad para llevar a cabo procesos de tratamiento térmico de manera eficiente y precisa. Esto puede resultar en una calidad inconsistente de los productos tratados, lo que a su vez afecta la competitividad de la empresa en el mercado. Por tanto, el enfoque en el desarrollo de un horno de tratamientos térmicos de temple y revenido para estas Pymes debería centrarse en soluciones que sean accesibles en términos de costos, espacio y requisitos de mano de obra especializada. Esto implica el diseño de hornos compactos y modulares que puedan adaptarse a instalaciones pequeñas, así como el desarrollo de sistemas de control automatizado que simplifiquen el proceso y reduzcan la necesidad de personal altamente especializado. Además, es crucial que estos hornos compactos sean eficientes en términos de consumo de energía, para ayudar a las Pymes a reducir sus costos operativos y mejorar su rentabilidad. Esto podría lograrse mediante el uso de tecnologías de calentamiento rápido y sistemas de aislamiento térmico avanzados que minimicen las pérdidas de calor.

OBJETIVO

Desarrollar un horno tipo mufla para realizar tratamientos térmicos en elementos mecánicos utilizados en el sector industrial (temple, cementado, revenido, recocido, etc.), que además sea compacto, portátil, económico, de fácil operación y mantenimiento.

REFERENTES TEÓRICOS

Línea Histórica

Se conocen y utilizan muchos equipos o máquinas de manera habitual y cotidiana, pero de muchos ignoramos cuáles son sus orígenes. Debemos entender que en el pasado no existían y que "las cosas se hacían de diferente manera". Es por eso la importancia de "la evolución de los objetos" para conocer y entender su funcionamiento, para que sirven, de qué están hechos y cómo se han transformado.
El horno eléctrico que se diseño y fabrico, se basa en conceptos básicos tanto de hornos industriales eléctricos como en procesos térmicos de los aceros, por esto se presenta una breve historia de los mismos, desde la aparición del horno de fundición por carbón hasta los actuales hornos industriales eléctricos.

Horno de Fundición
El Horno de Fundición es una invención antigua que ha dejado una marca profunda en la historia de la humanidad. Este dispositivo permitió a los antiguos fundir metales y crear herramientas de hierro, lo que revolucionó la industria y la fabricación en la antigüedad [4].

Hornos industriales
Son dispositivos o equipos utilizados para calentar o fundir piezas a diferentes temperaturas, por encima de la temperatura ambiente; en ellas se producirán reacciones químicas dependiendo del producto deseado [5].

Hornos industriales eléctricos
Para su calentamiento se utilizan resistencias cuyo funcionamiento requiere energía eléctrica y resistencia óhmica directa, la pieza a tratar se calienta por efecto Joule por los diferentes medios o formas de transferencia de calor [5].

Clasificación de los hornos
A partir, de las diferentes formas de calentamiento, atmósfera (dentro del horno) y solera (tipo de base donde se coloca el material a calentar) su clasificación de hornos es conforme a la investigación siguiente:

Horno de mufla
Utilizado en laboratorios y en la industria para calentar muestras a altas temperaturas, en un ambiente controlado. Se utilizan comúnmente en metalurgia, química y cerámica; están disponibles en varios tamaños y tipos para adaptarse a una variedad de aplicaciones [6].

Calor
Es la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro, como el resultado de la diferencia de temperatura. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura [1].

Temperatura

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

Es una medida de la energía cinética promedio de las partículas en una sustancia. Es una magnitud física que determina el grado de calor o frío de un objeto o un entorno [7].
Hay diferentes escalas y estas tres son las más frecuentemente utilizadas:
▪ Escala Celsius
▪ Escala Fahrenheit
▪ Escala Kelvin (absoluta)

Conductividad térmica
Depende del tipo de material y se puede definir como:
• Razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura [8].
• Es posible cuantificar los procesos de transferencia de calor en términos de las ecuaciones o modelos apropiados, estas ecuaciones o modelos sirven para calcular la cantidad de energía que se transfiere por unidad de tiempo [5].

Tratamiento térmico
Es un proceso de calentamiento y enfriamiento donde varían las propiedades físicas o mecánicas y generan cambios micro estructural o de la composición en un material, generalmente en metales y aleaciones. El tratamiento térmico no modifica la composición química de los materiales, pero si les proporciona propiedades específicas para su uso final, se requiere que estos cambios sean permanentes. La importancia de los tratamientos térmicos es mayor, cuando más críticas sean las condiciones de servicio y más complejas las aleaciones utilizadas [1].

Clasificación de los tratamientos térmicos
En general, los principales tipos de tratamientos térmicos son

Normalizado:
- Consiste en calentar el material a una temperatura tenuemente más elevada que la crítica superior (723 °C).
- Se enfría en aire tranquilo.
- Se emplea para mejorar las propiedades mecánicas como la dureza, resistencia a la tensión o dejar un material en estado normal, es decir, ausencia de tensiones internas y con una distribución uniforme del carbono [9].

Temple:
- Consiste en calentar el material entre una temperatura tenuemente más elevada que la crítica AC2 (723 °C) o ligeramente inferior a la crítica, AC3 (820 °C), manteniendo esta temperatura hasta un calentamiento homogéneo de toda la pieza [10].
- Se enfría de manera brusca o rápida, al sumergir la pieza en agua, aceite, solución polimérica con sal o aire comprimido, para impedir o retardar la transformación de austenita-perlita y para formar una estructura martensítica.
- Se busca endurecer y aumentar la resistencia del material [10].

Revenido:
- Es un tratamiento complementario del temple. ◻ Consiste en calentar el acero templado a una temperatura inferior a la crítica AC1 (600 °C), durante un periodo de tiempo (tiempo de revenido), generalmente 2 minutos por cada 10 mm de espesor.
- Se enfría de manera lenta al aire.
- Se emplea para eliminar tensiones ya creadas en temple o normalizado, mejorando la tenacidad del material, para obtención de propiedades mecánicas específicas, para la utilización de procesos de fabricación o maquinado [10].

Recocido:
- Consiste básicamente en un calentamiento hasta la temperatura de austenización (800 925 °C).
- Seguido de un enfriamiento lento.
- Tiene como objeto producir cambios en especial ablandar y aumentar la ductilidad del material, mientras que disminuye la dureza.

Cementado:
-Consiste en carburar una capa superficial de una pieza de acero, rodeándola e impregnándola de un producto carburante y calentándola mediante difusión a (900 °C), sometiéndola a continuación a tratamiento térmico tanto de temple como de revenido.
-Se emplea para que la pieza obtenga buena tenacidad en el núcleo y mucha dureza superficial [11].

Enfriamiento en agua del templado
Proporciona una mayor dureza al material tratado. El tiempo de enfriamiento juega un papel esencial en los tratamientos, de este elemento, dependen los resultados a obtener en las propiedades físicas finales.
1. Se extrae la probeta.
2. Inmediatamente después de la extracción, se sumerge la muestra en un recipiente lleno de agua.
3. El tiempo será el necesario para que la muestra tome la temperatura del medio, en este caso, del agua.
4. Se extrae del recipiente y se le realiza una vez más un ensayo Vickers para conocer su dureza después del tratamiento y se anotan los resultados.

Enfriamiento en aceite del templado
1. Se extrae la probeta.
2. Inmediatamente después de la extracción, se sumerge la muestra en un recipiente lleno de aceite.
3. El tiempo será el necesario para que la muestra tome la temperatura del medio, en este caso, del aceite.
4. Se extrae del recipiente y se le realiza una vez más un ensayo Vickers para conocer su dureza después del tratamiento y se anotan los resultados.

METODOLOGÍA

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

La metodología utilizada en el diseño y manufactura de un horno eléctrico para tratamiento térmico templado**,** es la que se utiliza para la creación de productos diferentes a los existentes en el mercado dando solución a los problemas de la sociedad.
Las actividades realizadas para cumplir con lo establecido en las características del producto son:

1. Características del producto. Se traducen las necesidades y requerimientos del mercado meta a características generales del producto satisfactor, estableciendo los objetivos (generales y específicos), criterios de diseño, especificaciones y restricciones.

2. Dibujos previos. Se plasma en un bosquejo la mejor solución posible que muestre las formas y elementos del horno que den respuesta a los criterios de diseño establecidos.

3. Esquemas. Se utilizan símbolos normalizados para la representación de la interacción de los elementos y mecanismos del horno que actúan en la transmisión de los movimientos a diversos mecanismos y dispositivos de mando a distancia.

4. Cálculos. Se utilizan los procedimientos técnicos para determinar la geometría, materiales y dimensiones de todos los componentes del horno.

5. Dibujos de estudio. Se realiza el ensamble de todos los componentes, afín de detectar errores o faltantes en los elementos del horno anteriormente calculados.

6. Prototipo. Consiste en la manufactura del horno utilizando diferentes procesos de fabricación tales como soldadura, corte, doblez y maquinados.

7. Pruebas de funcionamiento. Se realiza un programa de pruebas que permitan satisfacer plenamente lo especificado inicialmente: voltaje de alimentación, velocidad, consumo de energía, capacidad de producción. En caso de que alguna prueba resultara insatisfactoria se realizarían los ajustes y modificaciones pertinentes.

8. Dibujos de detalle. Definir cada una de las piezas que forman el producto (estructura, resistencias eléctricas, etc.) estableciendo sus formas geométricas, dimensiones nominales, tolerancias, material de fabricación, tratamientos y acabados en su caso para cada pieza.

9. Dibujos de conjunto. Definir la relación física que guardan las piezas que lo integran, la identificación con números o letras de cada una de las piezas que forman el sistema y se muestra el número de ellas que intervienen en cada conjunto.

10. Manual de usuario. Asegurar el buen funcionamiento del horno con un manual que contenga toda la información necesaria para que el usuario la pueda utilizar sin problema alguno.

11. Estudio económico. Se lleva a cabo el presupuesto de los ingresos y egresos en la elaboración del horno para conocer el costo de fabricación estándar.

RESULTADOS

Características del producto

Criterios de diseño:

- De fácil operación.
- Económico.
- Mínimo mantenimiento.
- Fácil limpieza.
- Seguro.
- Fácil transportación.
- Diseño compacto.

Tamaño de la cámara:

- Ancho: 17 cm.
- Profundidad: 43.5 cm.
- Altura: 28 cm.

Dibujos previos [14]

A continuación, se muestra la mejor solución planteada en un dibujo que muestra las formas y elementos del horno de tratamientos térmicos que dan respuesta a los criterios de diseño antes citados (Figura 1).

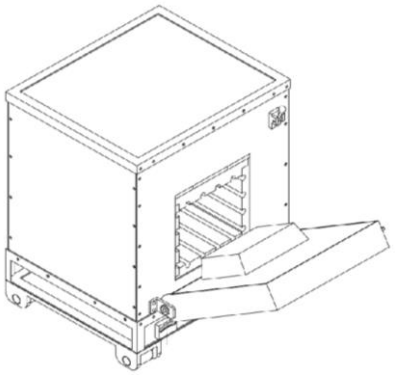


Figura 1. Vista en isometrico (Diseño realizado por los autores).

Esquemas

El esquema eléctrico necesario para la operación del horno de tratamientos térmicos (Figura 2) es el siguiente:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

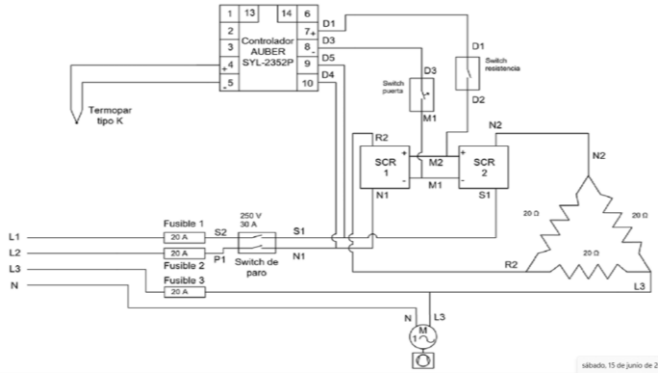


Figura 2. Esquema eléctrico (Diseño realizado por los autores).

Cálculos [12].

Los cálculos de ingeniería realizados para los diferentes componentes del horno fueron los siguientes: (Tabla 1) (Figura 3).

Tabla 1.- Conceptos y resultados de los cálculos de ingeniería para desarrollar el diseño y fabricación del horno.

Concepto	Resultado
Volumen de la cámara (Vc)	20.706 x $10^{-3}\ m^3$
Volumen de la probeta a tratar (Vp)	1.2870 $x\ 10^{-5}\ m^3$ (2 probetas)
Diferencia de volumen (VA)	20.693 $x\ 10^{-3}\ m^3$
Masa específica del aire (**mA**)	5.669 $x\ 10^{-3} kg$
Calor debido al calentamiento del aire (QA)	6.5172 KJ
Masa de la probeta a tratar (***mAcero***)	101.22 $x\ 10^{-3} kg$
Calor debido al calentamiento de la probeta (Qm)	45.166 KJ
Calor a distribuir a la carga (QC)	QC = 51.684 KJ
Longitud característica (L)	0.1904 m
Coeficiente de expansión volumétrica ($\boldsymbol{\beta}$)	2.86 x $10^{-3}\ K^{-1}$
Cálculo de convección del aire ($\boldsymbol{Gr}$)	Gr = 88 603 431.74
Numero de Rayleigh ($\boldsymbol{Ra}$)	62.37 x 10^{6}
Numero de Nusseelt ($\boldsymbol{Nu}$)	53.32
Coeficiente de convección ($\boldsymbol{h}$)	7.46 $\frac{W}{m\,k}$
Perdidas de calor total ($\boldsymbol{q}$)	4 537.92 W
Energía requerida del horno ($\boldsymbol{P}$)	4 552.28 W
Corriente eléctrica de línea ($\boldsymbol{Il}$)	11.94 A
Corriente de fase ($\boldsymbol{If}$)	6.89 A
Resistencia total requerida por pieza ($\boldsymbol{R}$)	31.89 **Ω**
Área del alambre Kanthal A1	1.13 x $10^{-6}\ m^2$
Resistencia /m a una temperatura de 293.15 K (R/m)	1.28 **Ω**
Resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo (Rt)	Rt = 1.33 $\frac{\Omega}{m}$
Longitud de resistencia requerida por pieza (**Lrt**)	23.80 m
Diámetro de espiral ($\boldsymbol{\Phi e}$)	0.0072 m
Numero de vueltas de cada resistencia ($\boldsymbol{N}$)	N = 1 263.002413



Figura 3. Calculo diametro y calibre de resistencias (Fotografia tomada por los autores).

Dibujos de estudio [13]

Se muestran los dibujos que nos permiten visualizar la integración de todos los elementos (Figura 4 y 5).

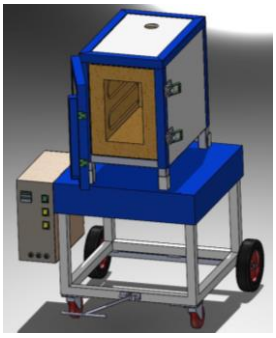


Figura 4. Vista en isometrico (Diseño realizado por los autores).

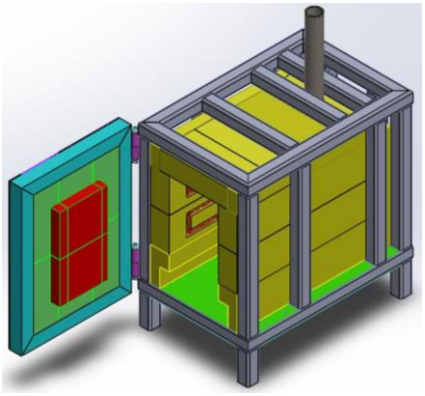


Figura 5. Vista conjunta de estructura, resistencias y ladrillos refractarios (Diseño realizado por los autores).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

Prototipo

Se muestran las fotografías que nos permiten apreciar el ensamble de los componentes que conforman el horno de tratamientos térmicos (Figura 6 y 7).



Figura 6. Vista frontal (Fotografia tomada por los autores).



Figura 7. Vista isometrica (Fotografia tomada por los autores).

Pruebas de funcionamiento

Las pruebas realizadas al horno de tratamientos térmicos que nos permiten verificar las características del producto planteadas son:

Procedimiento para prueba de dureza en una probeta de un acero SAE 8620 (Figura 8) (Tabla 2).



Figura 8. Probeta acero SAE 8620 (Fotografia tomada por los autores).

Tabla 2.- Certificado de calidad acero SAE 8620.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
	0.18/0.23	0.70/0.90	0.035	0.040	0.15/0.35	0.40/0.60	0.40/0.70	0.15/0.25

PROPIEDADES MECÁNICAS					
Estado del material	Resistencia a la tracción Kg/mm2	Límite elástico Kg/mm2	Alargamiento %	Reducción de área	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	65	35	20	40	200/220
Calibrado	55	30	28	50	160/180

TRATAMIENTO TÉRMICO		
TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C	ENFRIAMIENTO
Forja	900-1200°C	Arena seca/Aire
Normalizado	870-930°C	Aire
Recocido Subcrítico	860-890°C	Horno/Aire
Cementación	900-920°C	Horno/Aceite
Temple Capa Cementada	840-870°C	Aceite
Revenido Capa Cementada	150-200°C	Aire

Metodología de prueba

Se selecciona el tipo de escala de dureza que se selecciona, en este caso se utilizo ROCKWELL B. Se procede a seleccionar el penetrador, que en este caso es de tipo bola de 1/16´´. Colocar la probeta sobre el soporte plano (Figura 8).

Se usa la escala RB de 100 kg. Se gira para subir la probeta y haga contacto con el penetrador (Figura 9).



Figura 8. Colocando probeta



Figura 9. Probeta haciendo contacto con el Penetrador

(Fotografias tomadas por los autores)

Se ajusta la caratula en ceros (se aplica la precarga). Se aplica la carga mayor, bajando la palanca. Esperar de 15-30 segundos hasta que la carga se estabilice. El resultado de la dureza se verifica al retirar carga en la caratula indicadora. Se realizan tres pruebas en cara plana y 3 en el diámetro de la probeta (Figura 10).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.



Figura 10. Prueba en diametro de probeta (Fotografia tomada por los autores).

Tabla 3.-Resultados de prueba de dureza.

probeta	Dureza en sección cilíndrica	Dureza en caras
Probeta #1	92 RB	93 RB
Probeta #2	90.5 RB	92 RB
Probeta # 3	94 RB	94 RB
Promedio	92.16 RB	93 RB

En la cementación en caja, contiene carbono disuelto y carbonato de bario para cubrir la superficie de las probetas a una temperatura entre 850-950 °C, cómo se representa. Para determinar la profundidad de penetración y temperatura del cementado se utiliza la gráfica (Figura 12).

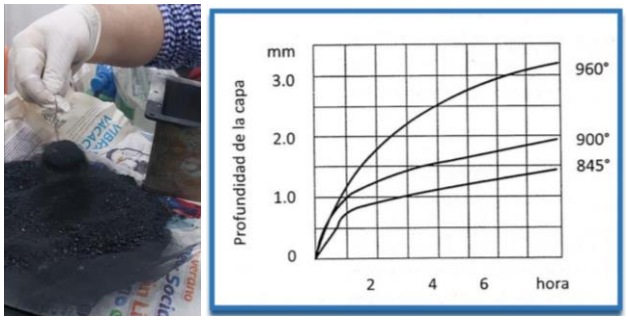


Figura 12. Carbón molido y gráfica de profundidad de capa (Fotografia tomada por los autores)(Gráfica obtenida del internet).

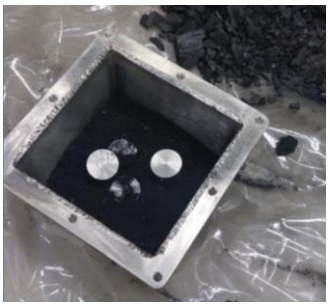
Se mezclar el carbón (80%) con el carbonato de bario (20%), (Figura 13).



Figura 13. Preparación de la mezcla (Fotografia tomada por los autores).

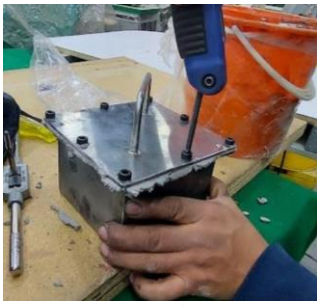
Agregar la mezcla formando una capa de aproximadamente un espesor de 10mm en el fondo del recipiente porta probeta (Figura 14).
Sobre la capa de carbón, se colocan las probetas separadas 20mm, evitando que tengan contacto entre ellas y con las paredes del recipiente. Cubrir a las piezas con la mezcla y se forme otra capa de10mm sobre las probetas (Figura 15).





. Figura 14. Acomodando mezcla. Figura 15. Caja con probetas.
. (Fotografias tomadas por los autores).

En las orillas de la parte superior de la porta probeta colocar una pequeña capa de cemento refractario fresco. Se coloca la tapa de porta probeta y se cierra cuidando que esta selle de forma hermética (Figura 16).



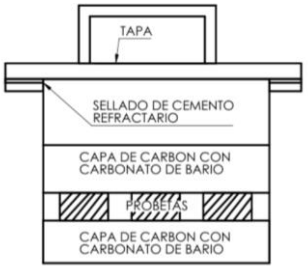


Figura 16. Fotografia y diagrama representativo de las probetas en la caja (Fotografia tomada y diagrama hecho por los autores).

Se programa el horno a 920 °C (esta temperatura se alcanza a un tiempo estimado de 55 minutos).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

Cuando el horno alcanza los 920 °C se empieza el conteo de 2 horas (tiempo de sostenimiento de temperatura) considerando la gráfica que se muestra en la figura 12. Después del tiempo de sostenimiento se extrae la caja del interior de la mufla (Figura 17).
A la caja porta probeta se le retirara la tapa y se extraerán las probetas (Figura 18).



Figura 17. Extracción de la caja porta probetas (Fotografia tomada por los autores).



Figura 18. Extracción de las probetas (Fotografia tomada por los autores).

Para el enfriamiento de la pieza, se sumerge y agita de forma manual y continua en aceite hasta alcanzar una temperatura de 30ºC.
Para darle el revenido a una temperatura constante de 230ºC en un tiempo de 2 horas y un enfriamiento a temperatura ambiente.

Estudio metalográfico

Preparación de muestras (ordenando y clasificando las probetas en base al tiempo de calentamiento al cual fueron sometidas) (Figura 19).



Figura 19. Clasificación de probetas (Fotografia tomada por los autores).

1. Se Monta la pieza sobre la prensa de la cortadora.
2. Se energiza a una toma corriente a 127 V. y se quita el paro de emergencia. Activar disco de corte y aplicar soluble al disco Bajar el disco de manera suave, para que este empiece a cortar la probeta.
3. Después del corte, proceder a limpiar de todo resto de rebaba y soluble Para desvanecer las marcas del corte utilizamos lijas de tamaño de grano en el siguiente orden; 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000. Esta numeración es designada al número de granos existentes por pulgada cuadrada.
4. Se realiza un pre pulido con la lija de tamaño de grano 2000. Para el pulido final, se ocupa un paño. Al cual hay que colocarle agua mezclada con oxido de alúmina (en porciones de 10g oxido de alúmina por cada 250 ml de agua).
5. Se aplica la mezcla sobre el paño, con la finalidad de que quede empapado con restos de óxido de alúmina y al mismo tiempo el líquido sirva de lubricante, para que nuestra probeta resbale y no sea arrastrada por el giro de nuestro disco. Se coloca la cara pre-pulida sobre el paño y con movimientos circulares empezar a desvanecer las rayas, esto podrá demorar un tiempo de 10minutos. Es importante estar empapando el paño con nuestro compuesto de óxido de alúmina.
6. Con alcohol y con ayuda de una secadora se soplará la probeta para eliminar los residuos. Se limpia el vidrio de reloj con alcohol y con un papel se seca la superficie.
7. Sobre la superficie cóncava del vidrio de reloj, vaciar 15ml de nital.
8. Sumergir la cara de la probeta, dentro del nital, cuidando que la sección pulida se empape durante 5 segundos. A esto se le denomina ataque químico.
9. Transcurridos los 5 segundos, se extrae la probeta y se baña con alcohol para después ser sopleteado con la secadora, cuidando que no quede ningún resto de líquido sobre la cara. Encender el microscopio y colocar el objetivo a una escala de 400x Colocar la cara de la probeta, sobre el lente del microscopio (Figura 20).



Figura 20. Acomodo de probeta en el microscopio (Fotografia tomada por los autores).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

Análisis de resultados

Los resultados obtenidos fueron los siguientes (Figuras 21, 22, 23, 24).

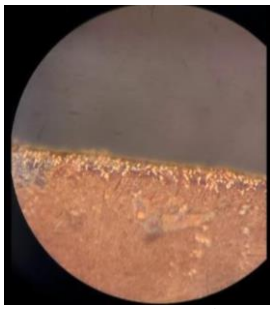


Figura 21. Capa creada por 2 horas (Fotografia tomada por los autores).

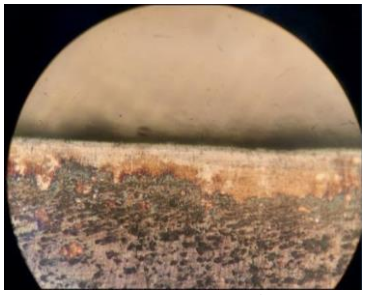


Figura 22. Capa creada por 4 horas (Fotografia tomada por los autores).



Figura 23. Capa creada por 6 horas (Fotografia tomada por los autores).

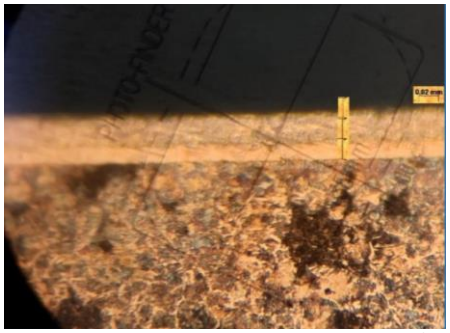


Figura 24. Capa comparada con escala de 0.05 mm(Fotografia tomada por los autores).

Dibujos a detalle [13]

A continuación, se muestran algunos dibujos de los componentes del horno (Figura 25, 26).

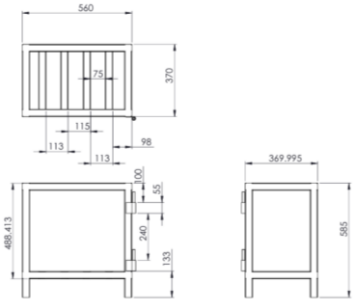


Figura 25. Estructura del horno (Diseño realizado por los autores).

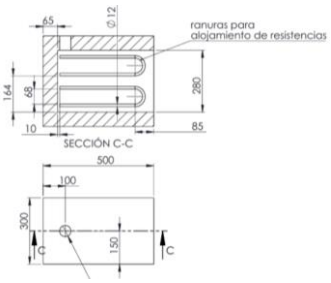


Figura 26. Nucleo de mufla para las resistencias (Diseño realizado por los autores).

Dibujos de conjunto [13]

Se muestra un dibujo que muestra todos los componentes del horno de tratamientos térmicos. (Figura 27).

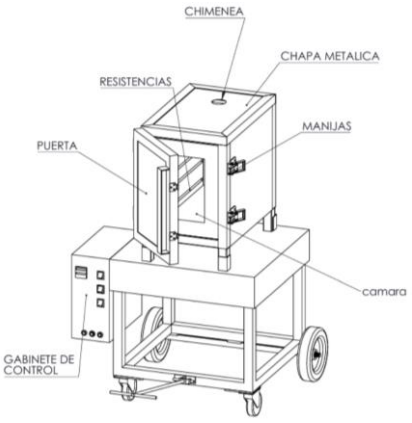


Figura 27. Conjunto de elementos del horno (Diseño realizado por los autores).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-04, pág.: 1 a la 11.

DISCUSIÓN

La propuesta de valor del horno de tratamientos térmicos para temple y revenido radica en su capacidad para ofrecer a las Pymes del sector metalmecánico una solución integral que combine eficiencia, versatilidad y accesibilidad. En primer lugar, este horno compacto optimiza el uso del espacio disponible en las instalaciones de las Pymes, gracias a su diseño compacto y modular que permite su integración en espacios reducidos sin comprometer la calidad ni la eficiencia del proceso de tratamiento térmico. Además, su facilidad de operación se traduce en una mayor autonomía para las Pymes, ya que los operadores pueden configurar y monitorear los procesos de tratamiento térmico con facilidad, sin necesidad de contar con una capacitación técnica especializada extensa. La eficiencia energética es otra ventaja clave de este horno compacto, ya que utiliza tecnologías avanzadas de calentamiento rápido y sistemas de aislamiento térmico eficientes para minimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos a largo plazo. En compendio, la propuesta de valor de este horno de tratamientos térmicos compacto para temple y revenido reside en su capacidad para ofrecer a las Pymes una solución integral que mejore la calidad de sus productos, aumente su competitividad en el mercado y contribuya a su crecimiento y desarrollo sostenible.

CONCLUSIONES

Por medio de este proyecto de investigación se han adquirido un gran número de conocimientos y experiencias con respecto a lo relacionado con los hornos eléctricos industriales como lo son: su composición, los materiales que se utilizan para su construcción, los diferentes tipos de hornos que existen, además de entender el principio de funcionamiento de cada uno de los tipos de hornos para la industria. Con el durómetro se validó que la dureza alcanzada en la capa cementada fue mayor a la registrada en el certificado de calidad del acero 8620. Con el microscopio se corroboro la integridad estructural de las probetas después del tratamiento y pudimos observar que la capa cementada incrementaba en nivel proporcional con respecto al tiempo. Mediante diversos tipos de arreglos en las resistencias, pudimos identificar el más conveniente para asegurar la temperatura necesaria proceso. A través del análisis metalográfico se pudo comprobar la penetración, profundidad y uniformidad del material carburante en la pieza metálica.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] D. F. Duarte Barrero y J. D. Vargas Álvarez, «Tesis 1: "DISEÑO DE HORNO ELÉCTRICO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS CON ATMÓSFERA CONTROLADA",» 15 junio 2018. [En línea]. Available: https://core.ac.uk/download/pdf/250160082.pdf.

[2] A. Mandujano Monroy, «Tesis 2: "PROPUESTA DE FABRICACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS DE UN ACERO INOXIDABLE AISI 416 CEMENTADAS PARA SER SOMETIDAS A UNA PRUEBA DE DESGASTE ABRASIVO",» 30 junio 2009. [En línea]. Available: https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/4352.

[3] PowderTronic, «"El horno: historia de un artefacto",» PowderTronic. [En línea]. Available: https://powdertronic.com/el-horno-historia-de-un artefacto/#:~:text=Se%20cree%20que%20el%20horno,el%20molesto%20humo%20que%20produc%C3%AD an.

[4] Conceptos de la Historia, «"El Horno de Fundición: una mirada a la historia de la metalurgia",» [En línea]. Available: https://conceptosdelahistoria.com/innovaciones-tecnologicas/invenciones-de-la-antiguedad/el-horno-de-fundicion/

[5] B. M. Pillajo Corella y F. I. Romero Velasco, «Tesis_11: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO CALENTADO POR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS QUE TRABAJE EN UN RANGO DE TEMPERATURAS ENTRE 1000 A 1350 GRADOS CENTÍGRADOS, Y CONTROLADO POR UN SISTEMA COMPUTARIZADO",» 15 febrero 2016. [En línea]. Available: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14106/1/CD-6757.pdf.

[6] CIS-LAB, «"Muflas, Que son y para qué se usan",» CIS-LAB, 15 junio 2020. [En línea]. Available: https://www.cislab.com.mx/blog/el-blog-del-quimico-1/muflas-que-son-y-para-que-se-usan-8.

[7] A. Gómez, "Fundamentos de la Física", 2nd ed., Editorial Científica, 2020, pp. 45-46.

[8] Y. A. Cengel y A. J. Ghajar, "Transferencia de calor y masa", Ciudad de México: McGraw-Hill, 2011.

[9] Steemit, «"Tratamientos térmicos en una probeta de Acero",» 15 junio 2017. [En línea]. Available: https://steemit.com/stem-espanol/@gerardoalfred/tratamientos-termicos-en-una-probeta-de-acero.

[10] Aprim. Alta precisión industrial mecánica., «"Temple y Revenido",» 02 agosto 2022. [En línea]. Available: https://www.aprim.com/servicios/temple-y-revenido/#:~:text=El%20revenido%20es%20el%20tratamiento,que%20despu%C3%A9s%20se%20enfr%C3%ADen%20lentamente.

[11] MetalCast, «"CEMENTACIÓN (TRATAMIENTO TERMOQUÍMICO)",» 15 junio 2020. [En línea]. Available: https://metalcast.com.mx/2020/08/24/cementacion-tratamiento-termoquimico/.

[12] Budynas, R., Nisbett, J., Shigley, J., Murrieta Murrieta, J. and Alatorre Miguel, E. (2012). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México, D.F.: McGraw-Gill Interamericana.

[14] Chevalier, A. and Domingo Padrol, M. (1997). Dibujo industrial. México: Limus

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ing. Gabriel Sauza Salinas: Catedrático y jefe de laboratorio de manufactura básica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

Ing. Ignacio Cedillo Villagrán: Catedrático en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

M.G.T.I. Nancy Guadalupe Torres Nieto: Catedrática en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

Ing. Martha Ofelia Nieto López: Catedrática en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

Juan Sauza Salinas: Estudiante de segundo semestre en el TecNM - Instituto Tecnológico de Tlalnepantla de la carrera Ingeniería Electromecánica.

Diego Sebastián Rojas Juárez: Estudiante de octavo semestre en el TecNM - Instituto Tecnológico de Tlalnepantla de la carrera Ingeniería Mecánica.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-05, pág.: 1 a la 4.

Diseño de herramienta de troquelado para una terminal eléctrica

Abraham Rodríguez Galeotte, **Alfonso Campos Vázquez, Antonio González López***

RESUMEN

Los procesos de troquelado utilizados en la industria metal – mecánica se clasifican en tres grupos, punzonado, doblado y embutido. Actualmente en nuestro país esta industria es muy importante, ya que dicho sector aporta el 3.0% del Producto Interno Bruto (PIB) total y el 17.2% del PIB Manufacturero. Por esta razón es de suma importancia tener una infraestructura para el diseño y manufactura de herramientas para procesar láminas metálicas (chapas). En este trabajo se pretende diseñar un conjunto de herramientas para la fabricación de una terminal eléctrica, tomando en cuenta la estimación de la recuperación elástica de este, debido al proceso de doblez de la chapa. Se describe la metodología para establecer los cálculos necesarios para determinar la secuencia de dobleces necesarios para alcanzar las tolerancias en el proceso de corte y doblado. La parte se fabricará en lámina de latón 70-30, calibre # 22 y cuyas tolerancias son de ± 0.005 milésimos de pulgada y de ± 0.30’ de deviación angular.

ABSTRACT

The punching processes used in the metal-mechanical industry are classified into three groups, punching, bending and drawing. Currently in our country this industry is very important, since this sector contributes 3.0% of the total Gross Domestic Product (GDP) and 17.2% of the Manufacturing GDP. For this reason, it is of utmost importance to have an infrastructure for the design and manufacture of tools to process metal sheets (sheets). In this work we present the design of a set of tools for the manufacture of an electrical terminal, as well as the calculation of the bending and cutting forces of the material taking into account the estimation of its elastic recovery, due to the bending process of The plate. The methodology is described to establish the calculations necessary to determine the sequence of bends necessary to achieve the tolerances in the cutting and bending process. The part will be manufactured in 70-30 brass sheet, caliber #22 and whose tolerances are ± 0.005 thousandths of an inch and ± 0.30' of angular deviation.

Palabras claves: Troquel, doblado, estampado, recuperación elástica, diseño.

INTRODUCCIÓN

En todo procesamiento de doblado de chapas se presentan cuatro fases [1], (figura 1) posicionamiento de la pieza por doblar, inicio de la deformación, formado final y recuperación elástica.

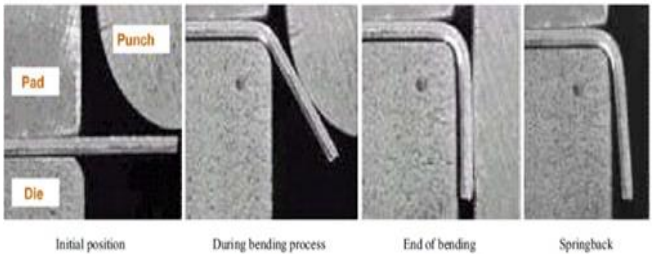


Figura 1. Fases del proceso de doblado por fricción y su recuperación elástica final. Manuf Technol (2009).

Cuando una pieza requiere de más de dos dobleces se requiere planear las operaciones de troquelado buscando la solución más práctica y económica (con el menor número de herramientas y el menor número de troquelados posibles), es decir, la secuencia de dobleces es el mayor problema al diseñar Troqueles. Farsi y Arezoo [2], proponen una metodología para desarrollar una secuencia de operaciones confiable que adaptada a nuestro caso se presenta las fases a desarrollar en la figura 4.

Abraham Rodríguez Galeotte. UPIITA IPN. Avenida IPN esquina Avenida Acueducto de Guadalupe, domicilio conocido. Maestría en diseño mecánico en 2004.
c. p. 07340, CDMX. abrrodriguez@ipn.mx
Alfonso Campos Vázquez. UPIITA IPN. Maestría en diseño mecánico en 2006. ing_campos@hotmail.com
Antonio González López. UPIITA IPN. Maestría en diseño mecánico en 2004. aglopezipn@hotmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-05, pág.: 1 a la 4.

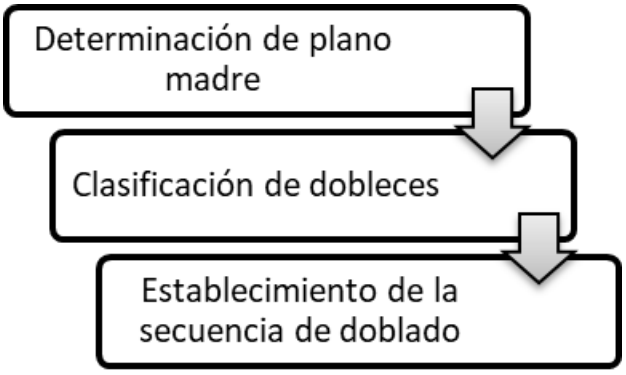


Figura 2. Fases para la selección de secuencia de dobleces. Adaptado de Farci Arezoo [2].

DESARROLLO

Se indicó el desarrollo de la matriz para obtener la silueta de la pieza mostrada en la figura 3, se muestran las vistas de la pieza.

La parte se fabricará en lámina de latón 70-30, calibre # 22 y cuyas tolerancias son de ± 0.005 milésimos de pulgada y de ± 0.30' de deviación angular.
La vista frontal y lateral nos indica los dobleces que se requieren practicar para obtener la pieza. Se puede observar que se requiere un doblez a 90° y otro a 68° de la horizontal.

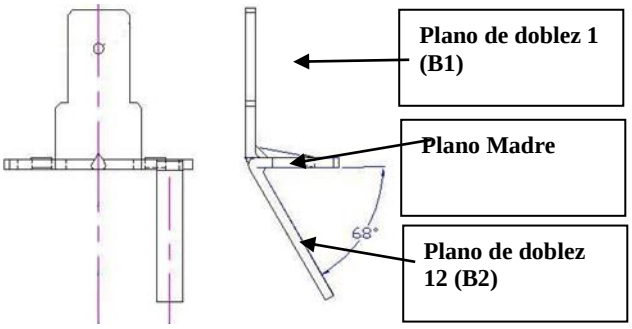
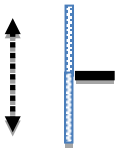


Figura 3. Vista frontal y lateral de la terminal eléctrica y sus respectivos planos de acuerdo con Nomenclatura de menciona Farsi y Arezoo [6].

DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE OPERACIONES

De acuerdo con la figura 2, se establecen la secuencia de operaciones resumidas en la tabla 1.

Tabla 1. Secuencia de operaciones de doblado

Esquema	Descripción de la secuencia y del troquel respectivo
	La silueta de pieza inicialmente es plana. La sección de color azul es la que se doblará, la negra corresponde al plano madre.
	La flecha indica el movimiento alternativo del troquel que realizará los dobleces. Mediante el doblado por fricción se abaten los dos planos correspondientes a B1 y B2 indicados en la figura 6.
	El plano correspondiente a B1 no queda a 90° por la recuperación elástica y al plano B2 no está a 68°, así que requiere otro troquel para obtener los ángulos requeridos, esto se considera en el tercer troquel, donde se compensará la recuperación elástica lo cual se realiza con un doble tipo "V".

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE TROQUELADO

En la tabla 2 se resumen los procesos de troquelado que finalmente se siguen para obtener la pieza. En la primera columna se indica el número de fase, normalmente se indica con números múltiplos de 10; la segunda columna es una foto que muestra el corte o la deformación que sufre la chapa durante el proceso; en la tercera columna se describe brevemente el proceso de troquelado para cada fase; finalmente, se agregan comentarios.

Tabla 2. Fases de los procesos de troquelado

FASE	ESQUEMA EXPLICATIVO	PROCESO	OBSERVACIONES
10		Corte de la lámina en tiras mediante cizallamiento.	Realizado en máquina de cizallado.
20		Fase de troquelado de silueta. Este procesamiento de troquelado corresponde a un troquel progresivo.	Realizado en prensa hidráulica
30		Se realizan dos	Realizado

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-05, pág.: 1 a la 4.

		dobleces, el de cada lengüeta, se tiene que considerar el recorrido del ariete de la prensa que es lineal alternativo. A partir de esto se diseña el troquel para la fase 20	en prensa hidráulica
40		Se afinan los dobleces u se hacen dos muescas para reforzar el doblez iniciado en la fase 20. En esta fase se debe tomar en cuenta la recuperación elástica del material.	Realizado en prensa hidráulica

FASES 30 Y 40

En las figuras 4 y 5 se muestra la herramienta y piezas dobladas de la fase 30, así como la fase 40.

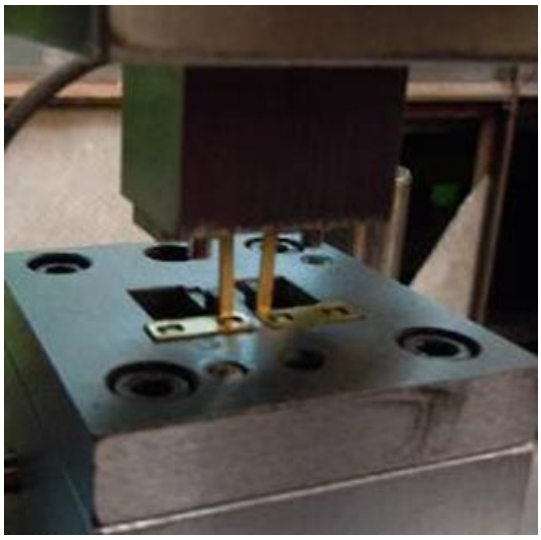


Figura 4. Troquel fase 30 con dobleces realizados.

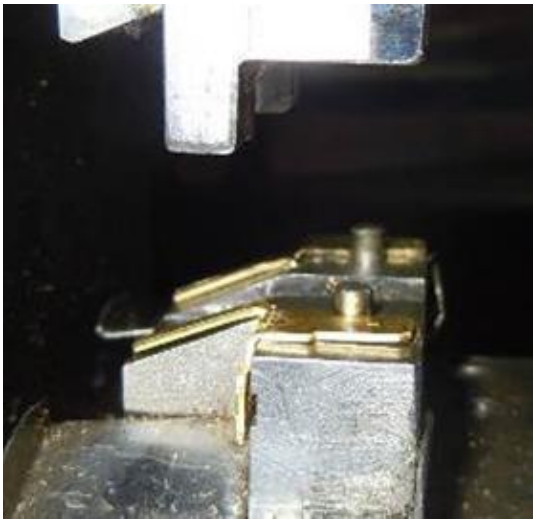


Figura 5. Troquel fase 40 con dobleces finales.

CONCLUSIONES

La secuencia de operaciones aquí determinada condujo al diseño de herramientas tal que se puedo obtener la pieza con forma y tolerancias especificadas.

La metodología sugerida por Farsi y Arezoo, aunque es recomendada para operaciones en troquel progresivo, resulta útil y conveniente para troquelados en diferentes herramientas.

Una de las reglas de la metodología establece que el plano madre es el de mayores dimensiones, para este trabajo no fue el caso, el plano madre no tiene la mayor área, sin embargo, el producto fue satisfactorio, (figuras 4 y 5).

REFERENCIAS

[1] Faies G. et.al (2009). *"Opatimization of springback in L-bendign process using a coupled Abaqus/Python algorithm"*. Journal Adv. Manuf. Technol. Vol. 44 pp 61-67.

[2] Farsi M, Arezoo B., (2009). "*Devlopment of a new method to determine bending sequence in progressive dies"*. Journal Adv. Manuf. Technol. Vol. 43 pp 52-60.

[3] Campos A., et al, *Diseño Y Manufactura De Troquel Progresivo Para Manufactura De Contacto Eléctrico*, LACCEI 2012.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-05, pág.: 1 a la 4.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Abraham Rodríguez Galeotte: Ingeniero Mecánico egresado en 1996 de la ESIME U. Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2004.

Alfonso Campos Vazquez: Ingeniero Mecánico egresado en 1980 de la ESIME U. Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en cicnecias en Ingeniería Mecánica en 2006.

Antonio González López: Ingeniero Mecánico egresado en 1999 de la ESIME U. Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2004.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-06, pág.: 1 a la 6.

Generación de biogás a partir de residuos domésticos

Abraham Rodríguez Galeotte, **Alfonso Campos Vázquez, Antonio González López***

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue el desarrollo de un prototipo de digestión anaerobio para la producción de biogás mediante la descomposición de residuos orgánicos domésticos, (residuos de frutas, legumbres, verduras, etc.). Para lograr este objetivo se evaluaron las condiciones óptimas de pH, temperatura y presión necesarias para el proceso a nivel laboratorio para entonces construir un prototipo piloto que consta de un reactor controlado automáticamente a un pH de 7+/- 0.5º Y a una temperatura de 35º +/- 0.5º. En el biogás producido se detectó una composición donde el porcentaje de metano oscila en 98% contra un 5% de hidrógeno en volumen de líquido, después de 19 días de evaluación con un 37% de degradación de materia orgánica. El control de pH se realizó mediante un sistema realimentado, donde si es detectado un pH menor a 7 se activa una bomba peristáltica, la cual dispensa un volumen de sodio proporcional al error detectado. El control de temperatura se realiza mediante un sistema realimentado donde el calefactor es encendido cuando la temperatura se encuentra por debajo del valor de referencia correspondiente. Para el control de presión se ha instalado una válvula de seguridad, la cual es abierta si la presión supera 1 MPa. El diseño del digestor es de forma cilíndrica vertical para facilitar la agitación y el desalojo del material, la capacidad final fue de 20 litros para almacenar tanto la materia prima como el gas generado. Se aplicó la teoría de Von Mises para el cálculo de esfuerzos y deformaciones. Los resultados se validaron mediante el software de simulación (ANSYS) basado en métodos de elemento finito.

Palabras claves: Digestor piloto, digestión anaeróbica, metano, producción de biogás, residuos orgánicos, sistema realimentado

ABSTRACT

The objective of this project was the development of an anaerobic digestion prototype for the production of biogas through the decomposition of domestic organic waste. To achieve this objective, the optimal conditions of pH, temperature and pressure necessary for the process were evaluated at the laboratory level to then build a pilot prototype that consists of a reactor automatically controlled at a pH of 7+/- 0.5º and at a temperature of 35º +/- 0.5º. In the biogas produced, a composition was detected where the percentage of methane ranges from 98% against 5% hydrogen by volume of liquid, after 19 days of evaluation with a 37% degradation of organic matter. The pH control was carried out using a feedback system, where if a pH less than 7 is detected, a peristaltic pump is activated, which dispenses a volume of Sodium proportional to the detected error. Temperature control is carried out through a feedback system where the heater is turned on when the temperature is below the corresponding reference value. To control pressure, a safety valve has been installed, which is opened if the pressure exceeds 1 MPa. The design of the digester is vertically cylindrical to facilitate agitation and removal of the material. The final capacity was 20 liters to store both the raw material and the gas generated. Von Mises theory was applied to calculate stresses and deformations. The results were validated using simulation software (ANSYS) based on element methods Finite

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de la producción masiva del Biogás en países industrializados ha llevado a considerarlo como una fuente alternativa de energía que puede llegar a sustituir a los combustibles fósiles, no obstante, en México, este desarrollo se ha visto obstaculizado debido a la falta de métodos eficientes para su producción, almacenamiento y transporte desde
el sitio donde se genera hasta el de consumo. Este gas puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural, también puede ser empleado en celdas de combustible para producir electricidad. El Biogás se produce mediante la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) por microorganismos denominados en su conjunto biomasa, a partir de la degradación de desechos de origen vegetal o animal obteniendo como principales componentes metano (CH_4), hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2) [1, 3, 5]. Además del combustible, el proceso de fermentación proporciona lodos residuales que pueden usarse como alimento para animales, o como abono de excelente calidad y de más rápida producción, contribuyendo de esta manera a la conservación y el sostenimiento de la fertilidad del suelo. El presente trabajo describe el diseño, construcción y validación de un prototipo de digestor a nivel piloto, el cual consta de un sistema integrado de sensores y actuadores, capaz de proporcionar las condiciones necesarias de temperatura, pH y presión para la producción de Biogás. Para el desarrollo del trabajo fue sustancial

*M. en C. Abraham Rodríguez Galeotte. UPIITA IPN. Maestría en Diseño mecánico año 2004. Avenida IPN esquina Avenida Acueducto de Guadalupe, domicilio conocido.
c. p. 07340, CDMX. abrrodriguez@ipn.mx.
M. en C. Alfonso Campos Vazquez. UPIITA IPN. Maestría en Diseño mecánico año 2006. ing_campos@hotmail.com
M. en C. Antonio González López. UPIITA IPN. Maestría en Diseño mecánico año 2004.aglopezipn@hotmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-06, pág.: 1 a la 6.

el enfoque interdisciplinario que ofrecen la Ingeniería Biónica y Mecatrónica, ya que en el prototipo se aplicaron áreas del conocimiento tales cómo biológica, química, mecánica, electrónica y de control, las cuales se emplearon de manera conjunta para asegurar el funcionamiento correcto del sistema [2, 4].

ANTECEDENTES

Digestores: Toman su término de digestivo o digestión, son dispositivos que convierten la materia orgánica en subproductos aprovechables, comúnmente se les denomina biodigestores [6]. El principio básico de funcionamiento es el mismo que se presenta en todos los animales, descomponer los alimentos en compuestos más simples para su absorción mediante bacterias alojadas en el intestino con condiciones autocontroladas de humedad, temperatura y pH. Robles (2005), Tsagarakis (2006).

DESARROLLO DEL TEMA

Reactor: Se requiere de un contenedor dentro del cual se pueda llevar a cabo la reacción bioquímica correspondiente en solución acuosa, pero tiene que cumplir con características como son el estar sellado herméticamente para evitar fugas de gas y contaminación, el soportar temperaturas de operación de más de 60°C y presiones de hasta 25 psi (2kg/cm2), El tanque cuenta con cinco boquillas, dos de ellas embridadas según la norma ANSI 150, en las cuales se aloja al electrodo de pH y el sensor de temperatura respectivamente, las restantes sirven para toma de muestras, salida de materia y entrada de solución alcalina para mantener el nivel de pH. En base a lo anterior, se determinó la resina Atlac 382E mr reforzada con fibra de vidrio para un laminado con 3.2 mm de espesor y conteniendo 30% de fibra de vidrio. El reactor se construye de forma cilíndrica vertical con base semiesférica para facilitar la agitación y el desalojo de materia del interior, contando con un volumen útil de 20 litros para almacenar tanto la materia prima como el gas generado. Los análisis de esfuerzos y deformaciones se realizaron mediante un software de simulación (ANSYS 6.0 versión estudiantil) que permite utilizar métodos de elemento finito. La densidad inicial de la mezcla de vegetales en el digestor a nivel laboratorio fue de 1.89g/ml, este parámetro se considera constante para el desarrollo del modelo. Considerando una carga para el análisis de esfuerzos de 120N. La fuerza de 120N genera en el diseño un esfuerzo máximo o esfuerzo de Von Mises de 319KPa, valor inferior al esfuerzo de cedencia del material (185MPa), esto quiere decir que el reactor soporta la carga sin averiarse.

Tapa del reactor: Se determino fabricar la tapa de aluminio comercial 1100-H16, ya que en comparación al acero inoxidable resulta ser un material de bajo costo y en comparación con el nylamid la resistencia a la temperatura resulta ser mayor; Para la distribución de los elementos en la tapa se han dispuesto once entradas en las cuales se han instalado el sensor de nivel, el manómetro, el dispositivo calefactor, el eje del agitador, la válvula de seguridad, la entrada de materia prima, la salida del gas y las cuatro restantes para usos futuros. Se selecciono el agitador tipo turbina de disco con seis palas planas debido a que al no presentarse flujos verticales como en el caso de agitadores de hélice o de turbina con palas inclinadas, es menos probable que se formen bolsas de aire tanto al emerger el líquido como a consecuencia del vórtice formado, el cual es menos pronunciado que el generado por turbinas de hélice y de palas inclinadas. Se eligió trabajar con el acero inoxidable AISI 316L con el cual se fabricó tanto el rodete como el eje de transmisión.

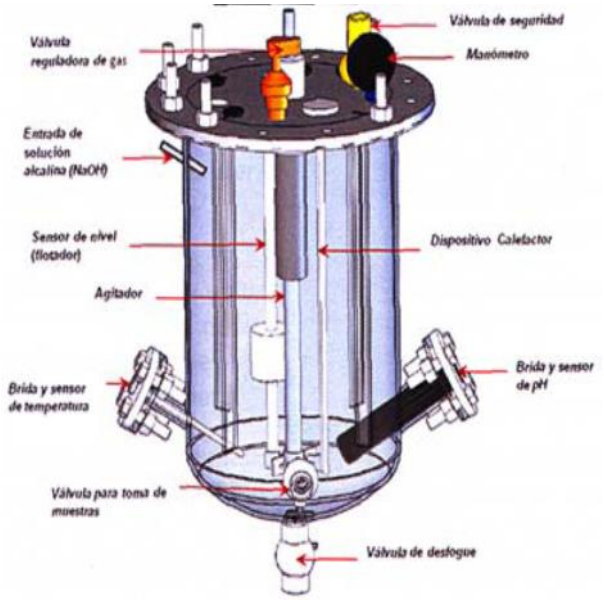


Fig. 1 Reactor con tapa. Álvarez (2004).

Sistema hidráulico de alimentación, entrada de materia al digestor: Se optó por hacer uso de una bomba centrifuga, la cual presenta las siguientes ventajas:

- Construcción simple.
- La línea de descarga puede interrumpirse, o reducirse completamente, sin dañar la bomba.
- Puede utilizarse con líquidos que contienen grandes cantidades de sólidos en suspensión, volátiles y fluidos hasta de 400ºC.
- Sin tolerancias muy ajustadas.
- Poco espacio ocupado.
- Económicas y fáciles de mantener.
- Flujo suave no pulsante.
- Operación a alta velocidad
- Se adapta con facilidad a muchas circunstancias

Sistema de alimentación de NaOH para el control de pH: Para la dosificación de NaOH con el fin de controlar dentro del rango se diseñó una bomba peristáltica. Para la fabricación de la bomba peristáltica se seleccionó como material estructural el aluminio comercial tipo 1100- H16, Los rodillos de la cabeza de la bomba se construyeron mediante 2 rodamientos circulares de 3/16 x ½

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-06, pág.: 1 a la 6.

pulgadas (4.8 x 12mm) recubiertos por una camisa de nylon para evitar corrosión en caso de una eventual fuga en la manguera peristáltica. Como manguera peristáltica se seleccionó manguera de silicón curado con platino Tygon 3350.
Circuito Hidráulico: El circuito hidráulico del sistema cuenta con una entrada de materia al digestor, conformado por una válvula manual (Válvula de bola de PVC de 1pulgada (25mm) de diámetro), que se abre al momento de drenar la materia hacia la tolva y la bomba centrifuga, la cual es activada por el usuario, Cabe mencionar que existe otra válvula del mismo tipo que la anterior, a la salida de la boquilla de la bomba centrifuga. Por otra parte, fue necesaria una electroválvula, que es activada por una señal generada desde un microcontrolador, el NaOH que bombea la bomba peristáltica hacia el tanque, ayudando a que el gas generado dentro del éste no fluya hacia las mangueras de la bomba.
Sellado hermético del sistema: Se seleccionó el sello mecánico comercial para trabajo en seco, para un diámetro de eje de ½ pulgada (12mm). Las condiciones de operación a las que trabaja son a 25 psi (2 Kg/cm2) de presión, temperatura máxima de 60°C y 1750 rpm de velocidad.

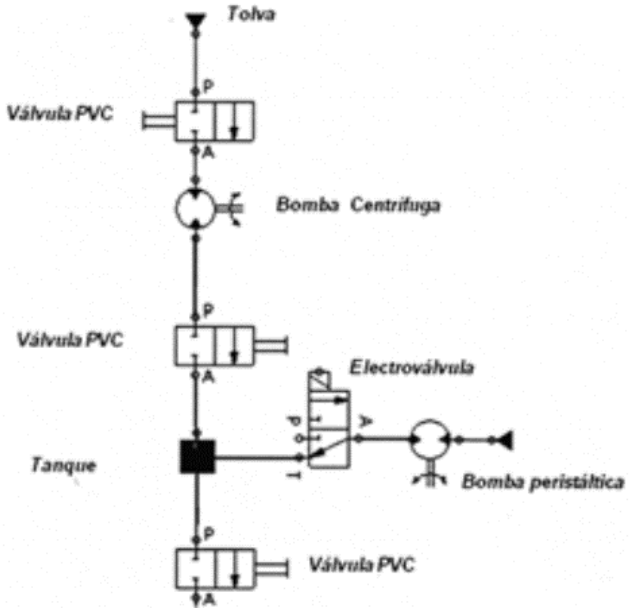


Fig. 2 Circuito hidráulico del sistema

Motor para sistema de agitación: Para el sistema de agitación se seleccionó un motor de corriente directa, teniendo una potencia calculada de P = O.45Hp y un torque de T = 1.62 Nm/s2
Motor para bomba peristáltica: Para bombear la solución alcalina (NaOH), se seleccionó un motor a pasos ya que se requiere precisión para drenar la sustancia hacia el tanque y así controlar el valor de pH. Se hizo el uso de un motor bipolar de 200 pasos por revolución (1.8°/paso), de tal manera que acoplándolo al cabezal de la bomba se obtiene una resolución de 0.005ml/paso.

Estructura general: El esqueleto de la estructura se conforma de perfiles L de 2 pulgadas (50mm) por lado, de acero galvanizado.
Selección del sensor de pH: Para el monitoreo de pH se seleccionó un sensor industrial sellado de Hanna Instruments, número HI 1001, con unión doble de teflón, electrolito de polímero, temperatura de operación de -5 a 80°C, presión máxima de trabajo de 6 bares, roscas de ½ y ¾ pulgada (12 y 19mm), para instalación, cuerpo de PVDF, con almenas y conector BNC. Se realizó el acondicionamiento de señal mediante un amplificador operacional programable TLC271a de Texas Instruments, cuya impedancia de entrada es del orden de 1012 0hms.

Monitoreo de Nivel: Consta de un arreglo de ocho interruptores eléctricos activados por un campo magnético (reed switch), distribuidos de manera vertical sobre una placa, introducida en un tubo de PVC.

Selección del sensor de temperatura: La temperatura en el interior del tanque se determinará mediante un bulbo sensor tipo RTD PT 100, Está hecho de platino, cuyo valor óhmico nominal es de 100, y recubierto por acero inoxidable 316L, cuenta con una rosca de inserción NPT de ¾ pulgada (19mm), tiene una longitud de inserción de 8.66 pulgadas (220mm), el diámetro del bulbo es de 0.2 pulgadas (5mm).

Selección del indicador de presión: Para determinar la presión dentro del tanque se utilizó un manómetro analógico Bordón, El manómetro se caracteriza por una escala de medida de 0 a 2Kg/cm2 (0-30 psi), se instaló en la tapa del digestor mediante una rosca de bronce de ½ pulgada (12mm).

Electrónica de Control de pH: El control del pH se realiza mediante un lazo cerrado de modo proporcional, ya que se desea mantener un pH de 7, y el sistema contiene en si un modo de autorregulación a través de soluciones buffer que se forman con el ácido acético y su sal. El control se establece mediante un microcontrolador, El microcontrolador PIC 16F877A, seleccionado para realizar el control del pH, cuenta con arquitectura RISC avanzada, juego de 35 instrucciones con 14 bits de longitud, todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción menos las de salto, frecuencia máxima de trabajo de 20 MHz, 8 canales para conversión analógico digital de 10 bits, 8K palabras de 14 bits para la memoria de código, tipo flash, 368 bytes de memoria de datos RAM, 256 bytes de memoria de datos EEPROM, pila con 8 niveles, modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo, perro guardián (WDT), código de protección programable, modo Sleep de bajo consumo, programación serie en circuito con 2 pines, voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5.5 voltios, bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V Y 5 MHz). El PIC se encuentra conectado directamente con el sensor de nivel, que consta de 7bits, y con el pH metro, mediante la etapa de amplificación. Se utilizó un oscilador XT o cristal de cuarzo que brinda una frecuencia de reloj estable de 4MHz, el cual genera una onda cuadrada que se utiliza para sincronizar todas las operaciones del PIC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-06, pág.: 1 a la 6.

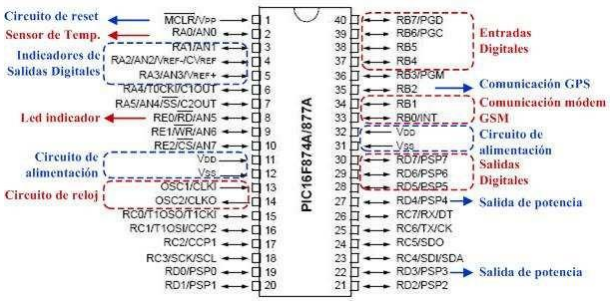


Fig. 3 Conexiones del PIC 16F877A. microside.com (s.f.)

Control de Temperatura: Se utiliza una resistencia eléctrica tipo cafetera para el incremento de temperatura de operación de sistema, misma que se fabricó en acero inoxidable grado sanitario, y consta de una zona fría de 15 cm, ya que el tanque no estará lleno en su totalidad de materia orgánica, tiene 25 cm de zona activa con una potencia de 1000 W, se alimenta de 120 VCA, y posee conexión roscada de 1½ pulgada (37mm) de diámetro para su inserción en el proceso. Se optó por la inclusión de un Pirómetro Digital, El modelo XMGT-818, proporciona 2 niveles de alarma programables, lectura continua de la temperatura a la que se encuentra el sensor, compensación programable de la temperatura, monitoreo y niveles de alarma a 1 y 2 dígitos de precisión, reconocimiento de múltiples sensores de temperatura como Termopares tipos J, K, etc., modos de control de la señal con PD, PID Y un sistema denominado inteligencia artificial, con el cual determina la cantidad de tiempo que debe activarse para realizar un sostenimiento adecuado de la temperatura, cuenta también con salida a relevador y contactor, por lo que permite la adecuación de diferentes tipos de etapas de potencia a la salida del dispositivo. Su velocidad de muestreo de temperatura es de 0.333 ms. Cada salida de alarma a relevador de contacto es de hasta 250 V y 3 A, cuenta con un factor de resolución de 0.1 °C.

Trampa de CO2: El gas que sale del digestor pasa por una manguera hacia un depósito de hidróxido de calcio (Ca (OH2)) que se encarga de atrapar el gas presente, el H2 y el CH4 serán recolectados por otra manguera hacia una válvula de un solo sentido para la salida final del Biogás. Para obtener la cantidad exacta de hidróxido de calcio a utilizar en el filtrado del gas metano consideramos que el volumen de gas obtenido aquí es aproximadamente del 40% del volumen total del Biogás.

RESULTADOS

El perfil metálico utilizado en la estructura presentó una gran estabilidad en cuanto al peso que soporta, la vibración generada por el sistema de agitación se redujo utilizando un buje de nylon prelubricado dentro de una camisa en el reactor, el sello mecánico resulto una buena opción ya que no permitió entrada y salida de gas. La tapa del reactor fabricada de Nylamid H presento el inconveniente del trasrosque de las cuerdas, por lo que se utilizó silicón como medida adicional para el sellado. Se utilizo un sensor de temperatura RTD que resulto mejor que el LM35 en cuanto a costo y facilidad de instalación. Se integro un pirómetro digital cuya señal activa la agitación, misma que está conectada a un relevador de 110 Vcd, lo que garantiza que la temperatura no se eleve arriba del límite de 35ºC. Para la medición del pH se utilizó un electrodo industrial KH-2700300 de Cole Parmermr de membrana plana, ya que el seleccionado anteriormente se dañó en las primeras pruebas, se observó que el pH presenta variaciones abruptas, que con el tiempo tienden a estabilizarse, aunque de manera lenta, la presión no presento grandes variaciones. Se realizo la prueba para determinar materia orgánica de acuerdo con la norma NMX-AA-021, los datos obtenidos se muestran en la tabla 1. En las pruebas realizadas, a los dos días no se presentaba aun metano, sin embargo, ya se presentaba hidrógeno y trazas de oxígeno, en la tabla 2, se muestran los datos obtenidos de los gases presentes en el digestor, una semana después se apreció la generación de metano, por lo cual se concluye que el digestor está trabajando en buenas condiciones.

CONCLUSIONES

Se definió el diseño mecánico del digestor piloto en base a los requerimientos de operación que se observaron en el laboratorio, eligiendo los sensores, actuadores y materiales de construcción del reactor que permitieran el control del proceso de anaerobiosis. El diseño y la construcción del digestor piloto conllevaron a la solución de nuevos problemas, sin embargo, los problemas fueron menores, ya que se contaba con la experiencia previa del digestor a nivel laboratorio, muestra de ellos es el funcionamiento de los sistemas de manera coordinada y controlada.

Tabla 1. Determinación de materia orgánica

REACTIVO	*Muestra*	$K_2Cr_2O_7$ 1N	H_2SO_4	*Agua destilada*	H_3PO_4	$(C_6H_5)_2NH$	$FeSO_4$ 1N	
Peso/volumen	25gr		10ml	20ml	200ml	10ml	5ml	Titulacion
Matraz	A	B						A B
1	.2670gr	.2630gr	√	√	√	√	√	18.9ml 17.2ml
2	.2533gr	.2608gr	√	√	√	√	√	16.1ml 15.9ml
4 Blanco	0		√	√	√	√	√	19.8ml

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-06, pág.: 1 a la 6.

Tabla 2. Composición del gas en las muestras obtenidas

Gas	*Tiempo de retención*	*Porcentaje de gas existente en 15ml*
Muestra 1		
Metano	--	--
Hidrógeno	2.94	68.818
CO_2	--	--
Oxigeno	1.97	31.82
Muestra 2		
Metano	1.44	88.062 %
Hidrógeno	2.89	11.544 %
CO_2	--	--
Oxigeno	2.00	0.394 %

La validación mediante pruebas y la medición de las variables parametrizadas de temperatura, pH, y presión, muestran que el sistema es capaz de realizar automáticamente el control de estas, mientras que el análisis del gas obtenido y la materia orgánica digerida aseguraron que los microorganismos responsables de la DA tienen las condiciones suficientes para desarrollarse.

El análisis del Biogás producido mediante la cromatografía de gases y la determinación de la materia orgánica a nivel laboratorio permitió conocer y poder interpretar los datos brindados para posteriormente analizar el Biogás del reactor prototipo y poder comparar los datos obtenidos. Los resultados obtenidos fueron congruentes con los esperados.

El futuro de la tecnología es amplio, debido a la inmediata aplicación en el país dentro del área del tratamiento y reutilización de residuos sólidos vegetales y animales, abundantes en México. El manejo de los digestores dentro del contexto general de la producción de energía a nivel doméstico juega un papel de gran importancia para efectuar el manejo, tratamiento y utilización de los residuos orgánicos al tiempo que se propicia una disminución en el uso de combustibles fósiles.



Fig. 4 Prototipo final de digestor

REFERENCIAS

[1] Álvarez A. R. y Riera Víctor. (2004). *Producción Anaeróbica de Biogás. Aprovechamiento de residuos del proceso anaeróbico.* Universidad Mayor de San Andrés. La Paz Bolivia. Proyecto 09 CNI IIDEPROQ, pp100.

[2] Bolton W. (2010). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica.* México. Alfaomega.

[3] Chang Reymond. (1997). *Química.* México.Mc Graw Hill

[4] Ciganda Lyl M. (2004) *Monografía. Electrodos para medir pH.* XII Seminario de Ing. Biomédica. Uruguay.

[5] Gerardi M. (2003). *Microbiogy of Anaerobic Digesters*. New York. Willey Interscience.

[6] Lil Chi-Neng. (2006). *Integration of fermentative hydrogen process and fuel cell for in-line electricity generation*. Artículo de divulgación científica.

[7] Robles M.F. (2005). *Generación de Biogás y lixiviados en los rellenos sanitarios.*México. IPN.

[8] Tsagarakis K.P. Papadogiannis. Ch. (2006). *Technical and economic evaluation of the biogas utilization for energy production at Irak* lio Municipality, Greece.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Abraham Rodríguez Galeotte: Ingeniero Mecánico egresado en 1996 de la ESIME U. Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2004.

Alfonso Campos Vazquez: Ingeniero Mecánico egresado en 1980 de la ESIME U. Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2006.

Antonio González López: Ingeniero Mecánico egresado en 1999 de la ESIME U. Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2004.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-07, pág.: 1 a la 4.

Prototipo automático electrosoldador de mallas

Abraham Rodríguez Galeotte, **Martín Darío Castillo Sánchez ***

RESUMEN

El presente trabajo consiste en diseñar un dispositivo, que realice el proceso de electrosoldado de alambre por medio del método de electropunto, para la fabricación de mallas metálicas.

Para la solución del problema se diseñó y manufacturó una mesa por coordenadas, en la cual se monta una plantilla de madera, donde se coloca el alambre, generando una cuadricula; así como el control del posicionamiento, apertura y cierre de los electrodos en cada una de las intersecciones de los alambres.

Para el desplazamiento de la mesa se calculó de la potencia de los motores, así como las características del tornillo sin fin tomando en cuenta el peso, la velocidad y la precisión, una vez obtenido el par requerido, el sistema se validó realizando un análisis matemático de esfuerzos y una simulación por computadora.

Con relación a los electrodos para el soldado, se eligieron actuadores neumáticos de doble efecto, el cálculo de la fuerza necesaria se hizo tomando en cuenta la presión requerida y el área de contacto de los alambres entrecruzados.

La estructura de la máquina se fabricó en perfil PTR de una pulgada, el cual se seleccionó posterior al análisis de los esfuerzos cortantes y flexionantes aplicados. Con el objetivo de asegurar que la elección del PTR fue la correcta en la zona critica de carga del dispositivo, se consideró necesario validarlo con un software.

ABSTRACT

The present work consists of designing a device, which performs the process of electrowelding of wire by means of the electropoint method, for the manufacture of metal mesh. To solve the problem, a coordinate table was designed and manufactured, on which a wooden template is mounted, where the wire is placed, generating a grid; as well as the control of the positioning, opening and closing of the electrodes at each of the wire intersections. For the displacement of the table, the power of the motors was calculated, as well as the characteristics of the worm screw taking into account the weight, speed and precision, once the required torque was obtained, the system was validated by performing a mathematical analysis of stresses and a computer simulation. In relation to the electrodes for welding, double-acting pneumatic actuators were chosen, the calculation of the necessary force was made taking into account the required pressure and the contact area of the cross-linked wires. The structure of the machine was manufactured in one-inch PTR profile, which was selected after the analysis of the shear and bending stresses applied. In order to ensure that the choice of the PTR was the correct one in the critical loading area of the device, it was considered necessary to validate it with software.

Palabras claves: Mallas, alambre, electrodo, mesa, coordenadas.

INTRODUCCIÓN

Industrias automotrices, de electrodomésticos, ductos, gabinetes de toda clase y otras más, han encontrado por muchos años en la soldadura de electro-punto una forma confiable para la unión en la fabricación metálica, las soldaduras son mecánicamente muy resistentes, rápidas y fáciles de ejecutar, siendo el método casi automático.

Las jaulas para mascotas se realizan hasta hoy de una forma artesanal, donde el hombre interviene de principio a fin en la producción del mismo y esto tiene como resultado pérdidas en tiempo, en mano de obra, materia prima y de calidad, dando como resultado, perdida en las ganancias de dichas empresas. Por lo que se planteó resolver este problema enfocándonos únicamente en la parte de la automatización del soldado de las paredes de las jaulas, que es donde se pierde la mayor parte del tiempo. La utilización de la máquina adecuada en cada caso será la forma de evitar que la adquisición de costosos equipos encarezca el producto de forma desproporcionada, pudiéndose dar el caso de que una máquina especial construida con elementos en serie y que se adapte exactamente a las necesidades del proceso de fabricación, resulte más económica que una máquina estándar.

ANTECEDENTES

La gran mayoría de empresas dedicadas al arte de hacer jaulas para mascotas, tienen un proceso de fabricación manual, por lo que la mano de obra interviene en todo el proceso de una manera exhaustiva, donde no interviene la tecnología que tienen a su alcance originando así perdidas de materia prima, mano de obra, calidad y sobre todo de producción, por lo tanto esto se refleja en menos ganancias. Además, existe un alto riesgo para los operadores en algunas etapas del proceso, por las altas temperaturas al soldar. (Tabla 1)

*Abraham Rodríguez Galeotte. UPIITA IPN. Avenida IPN esquina Avenida Acueducto de Guadalupe, domicilio conocido.
c. p. 07340, CDMX. abrrodriguez@ipn.mx
Martín D. Castillo Sánchez UPIITA IPN. Avenida IPN esquina Avenida Acueducto de Guadalupe, domicilio conocido.
c. p. 07340, CDMX. abrrodriguez@ipn.mx

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-07, pág.: 1 a la 4.

Tabla 1: Datos proporcionados por la empresa "Jaulas de Jalisco"

	Modo de Operación	Costo de enmallado (Mano de obra, material)	Volumen Producción
Proceso actual	Manual	*$50	* 30 enmallados de 27cm x 22 cm calibre 14 por turno
Proceso modificado	Automático	$40	60 enmallados de 30cm x 35 cm calibre 14 por turno

DESARROLLO DEL TEMA

El problema para resolver es diseñar una maquina capaz de unir dos alambres de acero calibre 14 por medio del proceso de soldadura por electropunto, logrando hacer un mallado.

Para la solución del problema se plantea diseñar y manufacturar una mesa "XY", en la cual se montará una plantilla de madera, en la que se colocará el enrejado. Además de diseñar y manufacturar un mecanismo de apertura y cierre, para el movimiento de los electrodos.

Para el desarrollo del mecanismo mecatrónico se implementará la metodología PDS (Product Desing Specification) con el fin de concluir satisfactoriamente con los objetivos.

El proceso de desarrollo se iniciará conociendo las especificaciones técnicas tales como:

- Geometría de producto final
- Dimensiones y tolerancias
- Capacidad de fuerza
- Formas de alimentación
- Interfaz Hombre/Máquina
- Velocidad de respuesta
- De seguridad
- Parámetros de operación
- Materiales
- No. de ciclos de operación

El sistema se dividió según las funciones que se tienen que realizar para soldar enmallados de alambre para paredes de jaulas de mascotas.

Esta división se realizó en dos dispositivos que están integrados simultáneamente para que se tenga un buen proceso. Estos dispositivos son:

- Mesa con coordenadas "XY"
- Mecanismo de cierre y apertura de electrodos

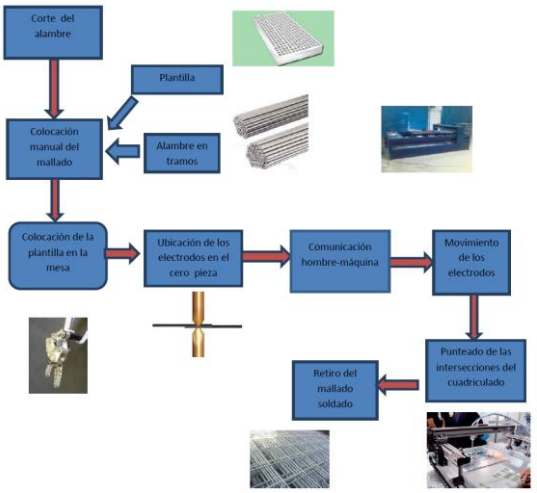


Figura 1: Diagrama del proceso propuesto a desarrollar.

DISEÑO CONCEPTUAL DEL DISPOSITIVO MESA DE COORDENADAS XY



Figura 2 : Diseño conceptual de la mesa X-Y.

Para el diseño de la mesa se utilizó una matriz morfológica, dando como resultado la propuesta "DC2", como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Matriz morfológica para la mesa X-Y.

Criterios de Selección	DC1	DC2	Pertenencia
A)Tiempo de posicionado	.65	.85	.18
	.117	.153	
B) Concurrencia de los ejes	.65	.85	.14
	.091	.119	
C)Orientación de la plantilla	.85	.85	.18
	.153	.153	
D)Precisión	.65	.85	.26
	.169	.221	
E)Mantenimiento	.45	.85	.03
	.0135	.0255	
F)Ensamble	.45	.85	0
	0	0	
G)Control	.65	.85	.07
	0.0455	.059	
H)Costo-Manufactura	.45	.85	.11
	0.049	0.093	
Total	63.85%	82.35%	

Del resultado de la selección del diseño conceptual se realizó la propuesta de la mesa por medio de software CAD. Figura 3.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-07, pág.: 1 a la 4.

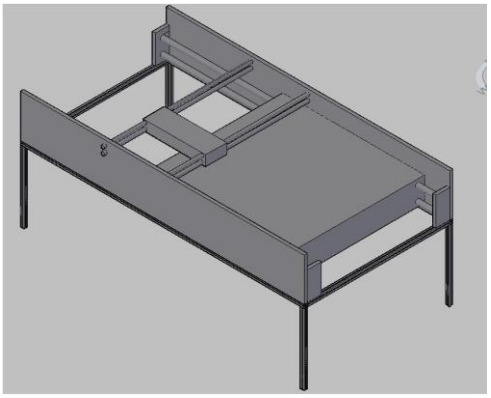


Figura 3: Diseño en CAD de la mesa X-Y.

Para realizar la selección de los posibles procesos y materiales, se empleó el programa CES EDUPACK®, el cual se basa en el sistema de selección de materiales y procesos creado por Ashby Michael F. se obtienen los siguientes resultados. el material a utilizar para la fabricación de la estructura se fabricará de acero con bajo carbón. El material a utilizar para el carro de los ejes "X" y "Y" sean barras de acero cromado con diámetro de 12 mm. Para la selección de rodamientos se calculó la capacidad de carga estática, seleccionando rodamientos lineales a bolas.

DISEÑO CONCEPTUAL DEL DISPOSITIVO MECANISMO DE CIERRE Y APERTURA DE ELECTRODOS



Figura 4. Diagrama del proceso de cierre y apertura de electrodos

Para el diseño del dispositivo se plantearon 2 posibles soluciones, aplicando otra matriz morfológica. Figura 5.

	Solución1	Solución2
Mecanismo de cierre-apertura	Gripper con electrodos en la pinza	Con pistones neumáticos

Figura5. Matriz morfológica para el dispositivo de los electrodos.

el diseño conceptual seleccionado fue el número dos, donde cada electrodo se colocó en ambos lados de la mesa y serán desplazados por medio de una transmisión de tornillo sin fin, y accionados para el cierre por un pistón neumático.

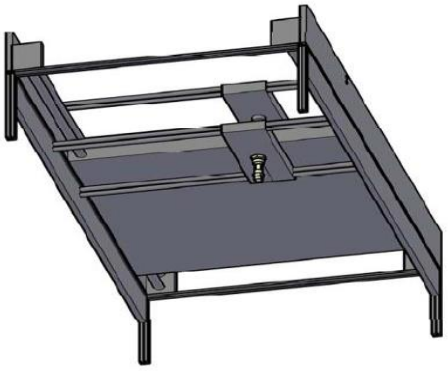


Figura 6. Diseño en CAD del sistema completo.

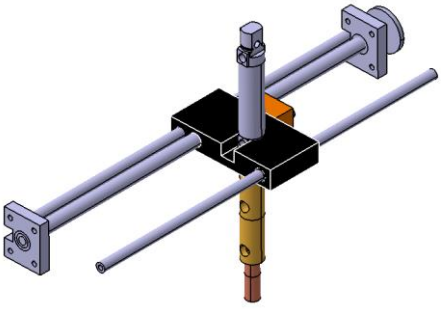
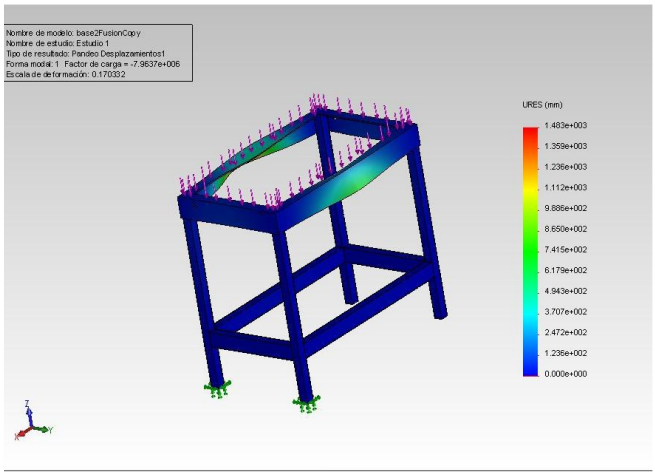


Figura 7. Diseño a detalle de mecanismo de apertura y cierre de electros.

Con el objetivo de asegurar que la elección del PTR es la correcta, es necesario realizar un análisis de esfuerzos en la zona critica de carga del dispositivo. Como se puede comprobar, el cálculo realizado por el simulador mediante la tensión de Von Mises, indica que no exista una zona crítica donde la estructura pueda ceder. La parte coloreada con verde representa el valor máximo de flexión a la cual estará sometida la estructura con una carga de 400N, el material elegido tiene un módulo elasticidad de 250 MPa (ASTM A36), concluyendo que el material soportará la carga establecida. Figura 8.(Gómez, 2021).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-07, pág.: 1 a la 4.



CONCLUSIONES

La realización de cada dispositivo requirió de una selección de materiales, sensores y un diseño adecuado donde se cumpliera con los requerimientos de diseño, realizando el diseño se hicieron los planos de manufactura de la estructura mecánica. Cabe señalar que se realizó un diseño de la manera más fácil de manufacturar, controlar cuyo mantenimiento sea fácil. Para hacer la validación del diseño se hicieron análisis de esfuerzos en las estructuras mecánicas.
La programación de la maquina se realizó por medio lenguaje C siendo un lenguaje de licencia abierta, en el cual se programaron las secuencias que controlan los motores a pasos, además de coordinar el accionamiento de la electroválvula y el disparo del transformador por medio de tiempos.
Para el control de este proyecto se utilizó un microcontrolador, al cual se le construyo su placa de la cual se acondiciona adecuadamente para su buen funcionamiento y la buena comunicación con las placas de los demás dispositivos electrónicos encargados del control del proyecto.
Por último, se realizaron pruebas de funcionamiento de manera separada de la parte mecánica, electrónica y programación, y una vez que han funcionado por separado se continuó a hacer pruebas de manera conjunta haciendo pequeños cambios en la programación de tiempos y avances, finalizando con cumplir el objetivo general del proyecto

REFERENCIAS

[1] Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas.* México: Prentice Hall.
[2] Hibbeler, R. 2017. *Mecánica de materiales.* USA: Addison Wesley.
[3]Máquinas punteadoras. (s.f.). www.rayomex.com/ maquinaspunteadoras.com/index.html.(2022)
[4] Machines welding. (s.f.) www.spotweldingconsultants.com/welding_basics_spanish.pdf. (2022)
[5] Manual SKF. (2021). *Rodamientos Publicación 4182 ES/1*. Suecia.
[6] Gómez, G.S.(2021). *El gran libro de SolidWorks simulation*. España.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Abraham Rodríguez Galeotte: Ingeniero Mecánico egresado en 1996 de la ESIME U. Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo el grado de Maestría en ciencias en Ingeniería Mecánica en 2004.
Martín D. Castillo Sánchez: Ingeniero Mecánico egresado de la ESIME U. Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional. Doctor en ciencias en Ingeniería Mecánica.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

Dispositivo integral de corte circular con tecnología CNC para antorcha de gas hidroxi

Naiobi Van Vértiz Figueroa[1], Dulce Abigail Sipriano San Martin[1], Dr. Allan Ronier Diez Barroso Agraz[2], Dr. Iván Alberto Vértiz Maldonado[3,4], Dr. Jorge Carlos León Anaya[3]

RESUMEN

El presente proyecto se centra en el desarrollo de un dispositivo evolucionado para corte cilíndrico, específicamente diseñado para implementar un sistema de incisión térmica, mediante el uso de una antorcha que permite el control de la mezcla de gas obtenida de un reactor que disociara la molécula de agua. Utilizando programación CNC, se busca operar y controlar de forma eficiente el movimiento para realizar corte preciso y obtener un dispositivo móvil y práctico para uso comercial sin necesitar de transportar un gas de forma constante con el equipo.

Mediante este dispositivo se espera realizar cortes cilíndricos precisos en materiales tubulares con una propuesta de diseño que controle el giro sobre un eje y permita una movilidad longitudinal en la sección de corte para definir múltiples configuraciones, utilizando un cortador de punta de diamante y una flama de corte combinados.

El proceso comienza con el suministro de HHO como combustible para la antorcha, aprovechando la electrolisis del agua para obtener esta mezcla gases altamente reactiva. La antorcha seleccionada específicamente para este propósito genera una llama de alta temperatura que se aplica de manera controlada sobre el material tubular en rotación y con la punta de diamante para tener un corte limpio y seguro.

La virtud de este sistema radica en su capacidad para realizar cortes precisos en materiales de diversas composiciones, incluidos metales y cerámicos resistentes. La rotación controlada del material permite el procesamiento de cortes cilíndricos mediante movimiento circular y corte longitudinal, mientras que la aplicación simultánea de la llama y la presión de la punta de diamante garantiza bordes definidos y superficies uniformes.

La intención primordial de este dispositivo integral de corte es proporcionar una solución eficiente para el procesamiento de productos con materias primas tubulares con especificaciones precisas. Los sectores industriales que se beneficiarán de esta tecnología incluyen la construcción, la ingeniería estructural, la fabricación de componentes automotrices y la producción de tuberías especializadas, entre otros.

En resumen, el proyecto busca desarrollar y optimizar un sistema de corte circular automatizado que combine la precisión de la tecnología CNC con la eficiencia y versatilidad de una antorcha de [1]HHO, ofreciendo una solución rentable para aplicaciones industriales exigentes que requieren procesos de corte tubular de alta calidad y precisión.

ABSTRACT

This project focuses on the development of an evolved device for cylindrical cutting, specifically designed to implement a thermal incision system, using a torch that allows the control of the gas mixture obtained from a reactor that dissociates the water molecule. Using CNC programming, the aim is to efficiently operate and control the movement to perform precise cutting and obtain a mobile and practical device for commercial use without the need to transport a gas constantly with the equipment.

This device is expected to perform precise cylindrical cuts in tubular materials with a design proposal that controls the rotation on an axis and allows longitudinal mobility in the cutting section to define multiple configurations, using a combined diamond tip cutter and cutting flame.

The process starts with the supply of HHO as fuel for the torch, taking advantage of the electrolysis of water to obtain this highly reactive gas mixture. The torch selected specifically for this purpose generates a high-temperature flame that is applied in a controlled

[1] Universidad Politécnica del Valle de México, División Ingeniería Industrial, División Ingeniería Mecatrónica, investigacionupvm@gmail.com, Estudiantes de Licenciatura.

[2] Director general, IntGen Technologies de México S.A de C.V proyectos@intgen.com.mx, M. en C.

[3] Universidad Politécnica del Valle de México, División Ingeniería Industrial, investigacionupvm@gmail.com, Profesor Investigador de tiempo completo.

[4] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco, Academia Hidráulica, Catedrático.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

manner to the rotating tubular material and the diamond tip for a clean and safe cut.

The virtue of this system lies in its ability to make precise cuts in materials of various compositions, including metals and tough ceramics. The controlled rotation of the material allows the processing of cylindrical cuts through circular motion and longitudinal cutting, while the simultaneous application of flame and diamond tip pressure ensures sharp edges and uniform surfaces.

The primary intention of this integral cutting device is to provide an efficient solution for processing products with tubular raw materials to precise specifications. Industry sectors that will benefit from this technology include construction, structural engineering, automotive component manufacturing and specialized pipe production, among others.

In summary, the project seeks to develop and optimize an automated circular cutting system that combines the precision of CNC technology with the efficiency and versatility of an HHO torch, offering a cost-effective solution for demanding industrial applications that require high quality and precision tubular cutting processes.

Palabras claves: CNC, Gas hidroxi, Corte circular.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto de diseño permite la producción de piezas y componentes con tolerancias ajustadas y en grandes cantidades, con una velocidad capaz de competir con los métodos convencionales de corte, para lograr buenos resultados en materiales como metales y cerámicos.

Las cortadoras cilíndricas en combinación con tecnología CNC que controle el giro sobre un eje y permita una movilidad longitudinal en la sección de corte para definir múltiples configuraciones, esta misma representa un diseño en la industria moderna, facilitando la producción de piezas de alta precisión y calidad en diversas aplicaciones. En conjunto con la antorcha de HHO, la cual es una herramienta eficiente que ofrece muchas ventajas debido a la alta temperatura y la combustión limpia del gas hidroxi como combustible que es producido a través de la electrólisis, donde se descompone la molécula agua (H_2O) en Hidrógeno y Oxígeno por medio de una reacción endotérmica, Como resultado, una reacción exotérmica que se obtiene al encender la boquilla de la antorcha, produciendo una llama intensa.

Las cortadoras con punta de diamante son herramientas esenciales que se requieren para cortar materiales duros y abrasivos con precisión y eficiencia. Su durabilidad y capacidad para realizar cortes limpios las hacen indispensables en la fabricación de materiales de alta resistencia, para el uso de este dispositivo de manera eficiente.

ANALISIS DE DATOS

El presente dispositivo requiere de los siguientes análisis de datos:

1. Electrolisis del Agua y Producción de HHO

La electrolisis del agua es un proceso electroquímico que descompone el agua (H_2O) en oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) mediante la aplicación de una corriente eléctrica. El gas resultante, conocido como HHO o gas de Brown, es una mezcla de hidrógeno y oxígeno que puede ser utilizado como un combustible altamente eficiente y limpio.

- Principios de la electrolisis: La aplicación de una corriente eléctrica en un medio acuoso con electrodos adecuados (generalmente de un material inerte como el platino) provoca la descomposición del agua en sus componentes básicos. [1]

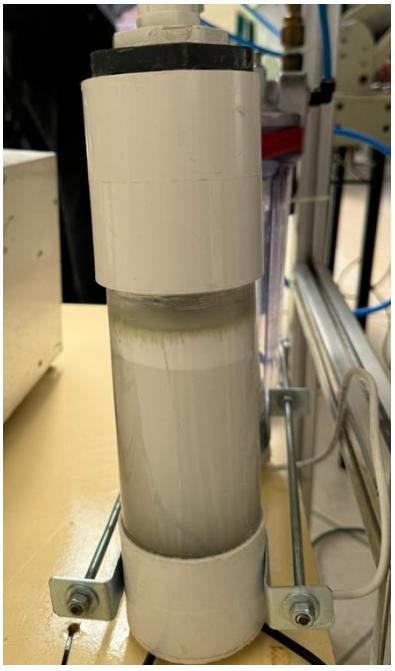


Figura 1.- Reacción química de la electrólisis

2. Seguridad en el manejo de hidrógeno

Para la manipulación segura del hidrógeno, es fundamental comprender sus propiedades y aplicar rigurosas medidas de seguridad. El hidrógeno, siendo un gas altamente inflamable y ligero, presenta desafíos únicos que requieren una atención meticulosa en todas las etapas de su manejo, desde la producción y almacenamiento hasta su transporte y uso.

Los dispositivos que ayudan a controlar y manejar el gas hidroxi son los siguientes:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

- Arresta Llamas: Dispositivo diseñado para prevenir la propagación de una llama o explosión en la línea de gas HHO. Este dispositivo interrumpe la llama en caso de retroceso, protegiendo la celda de hidrógeno y otras partes del sistema. [2]



Figura 2.- Arresta llamas de hidrogeno y oxigeno

- Burbujeador de HHO: Dispositivo de seguridad que tiene como finalidad crear un corte en el circuito de gas para que en el caso de que se produzca una retro explosión, esta no llegue al depósito principal, evitando una explosión más peligrosa. [3]



Figura 3.- Burbujeador de HHO

3. Cualidades del Acero Inoxidable como Electrodos

- Ánodo: El acero inoxidable tiene una excelente resistencia a la corrosión, lo que es crucial para el ánodo, ya que este sufre oxidación durante la electrólisis. La formación de una capa pasivadora de óxido de cromo en la superficie del acero inoxidable previene la degradación del material.
- Cátodo: Al ser sumergido en una solución electrolítica, el acero inoxidable como cátodo no se corroe fácilmente, lo que garantiza una larga vida útil del electrodo.
- Buena Conductividad Eléctrica: Aunque no es tan conductivo como otros materiales, el acero inoxidable tiene suficiente conductividad para ser eficiente en aplicaciones de electrólisis, facilitando la transferencia de electrones necesaria para las reacciones.

DISEÑO DEL DISPOSITIVO.

1. Celda de hidrogeno (electrólisis)

La celda de hidrogeno es el componente crucial donde se realiza el proceso de electrólisis, fundamental para la producción de gas hidróxido (HHO).

- Electrolito: Almacena una solución conductora, generalmente una mezcla de agua destilada con un electrolito (como KOH o NaOH), que facilita el proceso de electrólisis.
- Ánodo y Cátodo: Son los electrodos responsables de disociar la molécula de agua (H2O) en hidrógeno (H2) y oxígeno (O2). El ánodo es el electrodo positivo donde se produce oxígeno, y el cátodo es el electrodo negativo donde se genera hidrógeno.
- Proceso de Electrólisis: Al aplicar una corriente eléctrica a través de los electrodos, las moléculas de agua se separan en sus componentes gaseosos, produciendo el gas hidroxi (HHO), una mezcla de hidrógeno y oxígeno en una proporción de 2:1. [4]

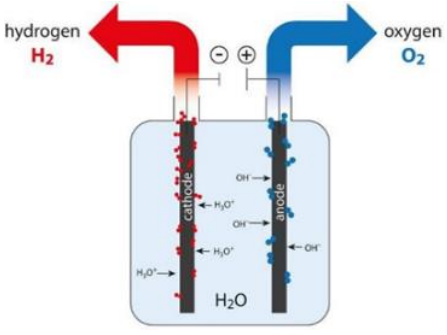


Figura 4.- Ilustración de la reacción del ánodo y cátodo

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

2. Conducción del fluido:



Figura 5.- Modelo de la conexión PVC.

Subsistema necesario para el gas HHO desde la celda de hidrógeno hasta la antorcha de gas, utilizando diversos componentes y accesorios para asegurar un flujo seguro y controlado:

- Tuberías y Conductos: Utilización de tuberías de PVC cédula 40 para la conducción del gas, asegurando resistencia y durabilidad.
- Accesorios de Conexión: Incluye acoples, niples, reducciones bushing (C80), yee, y tubos de acrílico, que facilitan las conexiones y transiciones en el sistema.
- Válvulas: Válvula de bola para el control preciso del flujo de gas.
- Conectores: Conectores hembra y macho para asegurar uniones seguras y estancas entre las tuberías.
- Conexión T: Utilizada para unir ambas celdas de hidrógeno y dirigir el flujo hacia la manguera neumática, que transporta el gas al arresta llamas y posteriormente a la antorcha de gas.
- Internos de las celdas: Cada celda contiene dos resortes de acero inoxidable A316, atornillados a la base. Estos resortes están separados por una placa de acrílico perforada, que permite el paso del gas mientras mantiene la separación física de las revoluciones del resorte.

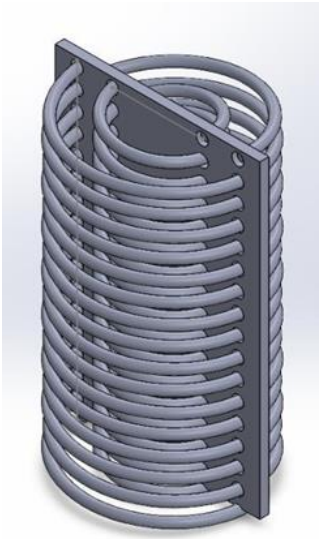


Figura 6.- Modelo del resorte.

3. Sección de corte (Antorcha de gas hidroxi):

La sección de corte es donde el gas HHO se utiliza para realizar los cortes precisos en los materiales seleccionados. Este subsistema incluye:

- Punta de Diamante: La antorcha está equipada con una punta de diamante para asegurar cortes limpios y precisos, aplicando la llama de manera controlada sobre la superficie del material.
- Control CNC: Integración con un sistema CNC que permite la programación y control del movimiento de la antorcha, optimizando la precisión y eficiencia del proceso de corte.
- Antorcha de Gas Hidroxi: Diseñada específicamente para utilizar el gas HHO como combustible. La antorcha genera una llama de alta temperatura adecuada para cortar metales y cerámicos.

La zona de seguridad es esencial para prevenir accidentes y garantizar un funcionamiento seguro del dispositivo. Este subsistema incluye:

- Arresta llamas y burbujeador de HHO: Dispositivos de seguridad que ayudan a prevenir y evitar explosiones en el dispositivo. El uso de dichos dispositivos realizó su función de manera eficiente.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

DISEÑO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

Conexión de la Shield CNC

La configuración de una máquina CNC utilizando un Arduino Uno, una CNC Shield v3, y dos drivers DRV8825 conectados a motores paso a paso NEMA 17 modelo 17HS4401 requiere los siguientes pasos:

1. **Preparación del Hardware:**

Se deben tener a disposición los componentes necesarios: un Arduino Uno, una CNC Shield v3, dos drivers DRV8825 y dos motores paso a paso NEMA 17 modelo 17HS 4401.

2. **Montaje de la CNC Shield v3 en el Arduino Uno:**

Se inserta la CNC Shield v3 directamente en los pines del Arduino Uno, asegurando una conexión adecuada entre ambos dispositivos.

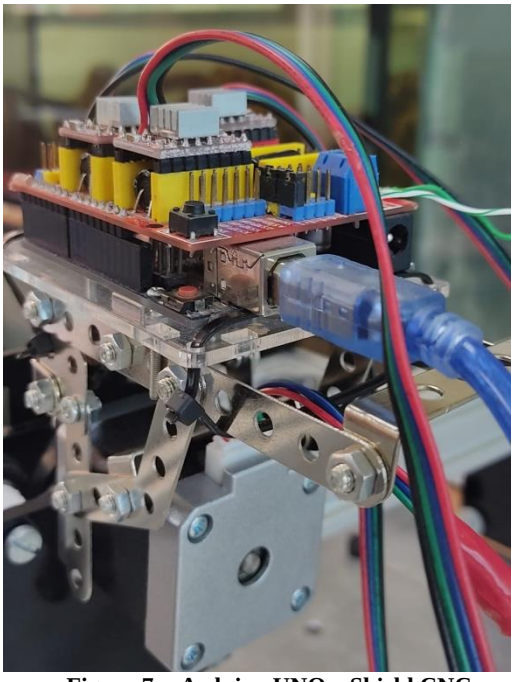


Figura 7. - Arduino UNO y Shield CNC

3. **Instalación de los Drivers DRV8825:**

Cada uno de los drivers DRV8825 se coloca en los sockets correspondientes de la CNC Shield v3. Es esencial verificar la orientación correcta de los drivers, con el potenciómetro de ajuste de corriente en la parte superior.
Los drivers DRV8825 se asignan para controlar los ejes X, Y y Z de la máquina CNC.

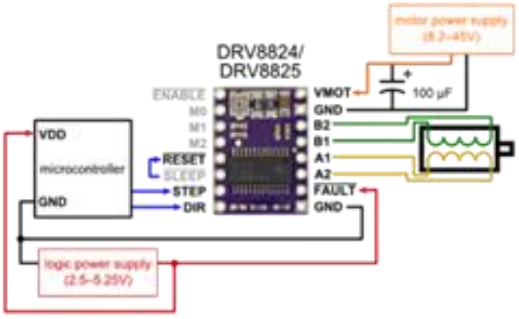


Figura 8.- Drivers DRV8825

4. **Conexión de los Motores Paso a Paso NEMA 17:**

Los motores paso a paso NEMA 17 se conectan a los terminales de salida de la CNC Shield v3. Cada motor dispone de cuatro cables que se deben conectar en el orden correcto: A+, A-, B+, B-.



Figura 9.- NEMA 17

5. **Configuración de los Drivers DRV8825:**

Se ajustan los micro interruptores (dip switches) en la CNC Shield v3 para configurar el paso de los motores según sea necesario (por ejemplo, pasos completos, medio paso, etc.).
Se ajusta la corriente de los drivers DRV8825 utilizando el potenciómetro en cada driver. Este ajuste se realiza girando el potenciómetro y midiendo el voltaje de referencia para asegurar que la corriente suministrada a los motores no exceda su capacidad nominal.

6. **Conexión de la Fuente de Alimentación:**

Se conecta una fuente de alimentación adecuada a la CNC Shield v3. La fuente de alimentación debe proporcionar el voltaje y corriente necesarios para los motores NEMA 17 y los drivers DRV8825, comúnmente entre 12V y 24V con suficiente corriente para los motores.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

7. Conexión a la Máquina CNC:

La CNC Shield v3 y los motores se conectarán a la estructura de la máquina CNC. Se debe verificar que los motores estén correctamente montados en sus respectivos ejes y que la transmisión mecánica (correas, husillos, etc.) esté bien alineada.

Resumen de la Conexión:

- Arduino Uno: Conectado a la CNC Shield v3.
- CNC Shield v3: Insertada en el Arduino Uno y configurada con los micro interruptores para el paso de los motores.
- Drivers DRV8825: Instalados en la CNC Shield v3 y ajustados para la corriente adecuada.
- Motores NEMA 17: Conectados a la CNC Shield v3 a través de los terminales de motor.
- Fuente de Alimentación: Conectada a la CNC Shield v3 para suministrar energía a los motores y drivers.

Esta configuración permite el control de los movimientos de la máquina CNC mediante el Arduino Uno y la CNC Shield v3, utilizando los drivers DRV8825 para manejar los motores paso a paso NEMA 17,siguiendo las instrucciones de código G transmitidas a través del Arduino.

MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación, se muestran los cálculos implementados con la finalidad de facilitar la elección de elementos para la correcta ejecución del sistema modelo.

1. Conductividad Eléctrica de Materiales:

- Acero Inoxidable:

Tabla 1.- Propiedades del acero inoxidable a316. [5]

316 Stainless Steel, annealed sheet

Categories: Metal; Ferrous Metal; Stainless Steel; T 300 Series Stainless Steel

Physical Properties	Metric	English
Density	8.00 g/cc	0.289 lb/in³

Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell B	79	79
Tensile Strength, Ultimate	580 MPa	84100 psi
Tensile Strength, Yield	290 MPa	42100 psi
Elongation at Break	50 %	50 %
Tensile Modulus	193 GPa	28000 ksi
Izod Impact	129 J	95.1 ft-lb
Charpy Impact	105 J	77.4 ft-lb

Electrical Properties	Metric	English
Electrical Resistivity	0.0000740 ohm-cm	0.0000740 ohm-cm
Magnetic Permeability	1.008	1.008

En la tabla no se muestra la conductividad eléctrica del acero inoxidable a316, sin embargo, puedes calcular la conductividad eléctrica si tienes la resistividad eléctrica.

1.1. La relación entre conductividad (σ) y resistividad (ρ) es inversa y se expresa mediante la fórmula:

$$\boldsymbol{\sigma = \frac{1}{\rho}} \quad (\mathbf{1})$$

Donde:

- σ: es la conductividad eléctrica (en siemens por metro, S/m).
- ρ: es la resistividad eléctrica (en ohmios-metro, Ω*m).

Dejando el siguiente cálculo:

$$\sigma = \frac{1}{7.4 \times 10^{-7}}\ \Omega * m \approx 1.35 \times 10^{6} E \frac{S}{m}$$

Por lo tanto, su conductividad eléctrica sería aproximadamente $1.35 \times 10^{6} \frac{S}{m}$

La conductividad del acero inoxidable es relativamente baja en comparación con otros metales como el cobre y el zinc. Esto se debe a la presencia de elementos de aleación como cromo y níquel, que reducen su capacidad de conducción eléctrica.

Tabla 2.- Resistencia y conductividad eléctrica de los metales. [6]

Material	Resistivity ρ (Ω.m) at 20 °C	Conductivity σ (S/m) at 20 °C
Plata (Ag)	1.59×10^{-8}	6.30×10^{7}
Cobre (Cu)	1.68×10^{-8}	5.96×10^{7}
Oro (Au)	2.44×10^{-8}	4.10×10^{7}
Aluminio (Al)	2.82×10^{-8}	3.5×10^{7}
Calcio (Ca)	3.36×10^{-8}	2.98×10^{7}
Tungsteno (W)	5.60×10^{-8}	1.79×10^{7}
Zinc (Zn)	5.90×10^{-8}	1.69×10^{7}
Níquel (Ni)	6.99×10^{-8}	1.43×10^{7}
Litio (Li)	9.28×10^{-8}	1.08×10^{7}
Hierro (Fe)	1.0×10^{-7}	1.00×10^{7}

- Cobre:

Conductividad eléctrica: aproximadamente: $5.96 \times 10^{7} \frac{S}{m}$

El cobre tiene una de las conductividades eléctricas más altas entre los metales, lo que lo hace un excelente conductor de electricidad. Esto lo convierte en el material preferido para cables eléctricos y componentes electrónicos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

- Zinc:

Conductividad eléctrica: aproximadamente: $1.69 \times 10^7 \frac{S}{m}$

El zinc tiene una conductividad eléctrica mayor que el acero inoxidable pero menor que el cobre. Se utiliza en algunas aplicaciones electrónicas y de galvanoplastia debido a su buena conductividad y resistencia a la corrosión.

Por lo que la relación comparativa sería:

$Cobre : Zinc : Acero\ inoxidable \approx 44.1 : 12.5 : 1$

2. Durabilidad de los ánodos y cátodos

Para los ánodos y cátodos de las celdas se debe usar una varilla de acero inoxidable a316 con un diámetro de 1/8 de pulgada, para determinar cuánto tiempo tardaría en oxidarse completamente necesitamos realizar algunos cálculos basados en la corriente aplicada y la ley de Faraday de la electrólisis.

2.1. Datos y suposiciones:

- Material: Acero inoxidable 316
- Diámetro de la varilla: 1/8 de pulgada = 3.175 mm = 0.003175 m
- Densidad del acero inoxidable 316: ~8,000 kg/m³
- Composición aproximada del acero inoxidable 316:
- Principalmente hierro (Fe), con aleaciones de cromo (Cr), níquel (Ni), y molibdeno (Mo)
- Corriente aplicada: Supongamos 1 A (ajustable según condiciones reales)
- Área de la superficie: Supongamos una longitud de 1 metro para la varilla (L = 1 m)

2.2. Cálculo del volumen y masa de la varilla

- Volumen de la varilla:

$$\mathbf{V = \pi (\frac{d}{2})^2 \times L} \quad (2)$$

$$V = \pi (\frac{0.003175}{2})^2 \times 1m$$

$$V \approx \pi (0.0015875)^2 \times 1m$$

$$V \approx 7.92 \times 10^{-6} m^3$$

- Masa de la varilla:

$$\mathbf{Masa = V \times Densidad} \quad (3)$$

$$Masa \approx (7.92 \times 10^{-6} m^3) \times 8000 \frac{kg}{m^3}$$

2.3. Ley de Faraday de la electrólisis

- Primera Ley de Faraday:

$$\boldsymbol{m = \frac{Q \times M}{n \times F}} \quad (4)$$

Donde:

- m = masa disuelta (en gramos)
- Q = carga eléctrica total (en coulombs)
- F = constante de Faraday (aproximadamente 96485 C/mol)
- M = masa molar del hierro (aproximadamente 55.85 g/mol)
- n = número de electrones intercambiados (para Fe, n=2)

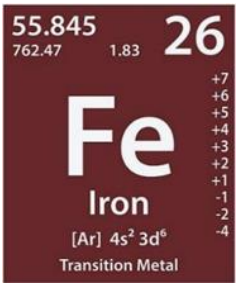


Figura 4. Elemento Fe tabla periódica

- Cálculo de Q:

$$\boldsymbol{Q = I \times t} \quad (5)$$

Donde:

- I = corriente (en amperios)
- t = tiempo (en segundos)

Reordenando la ecuación para encontrar t:

$$\boldsymbol{t = \frac{m \times n \times F}{I \times M}} \quad (6)$$

- Sustituir los valores

$$t = \frac{63.36g \times 2 \times 96485 \frac{C}{mol}}{1A \times 55.85 \frac{g}{mol}}$$

$$t \approx \frac{63.36g \times 192970}{55.85}$$

$$t \approx 219000\ s$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

- Convertir el tiempo a horas:

$$t \approx \frac{219000}{3600} \approx 60.83\ horas$$

El tiempo estimado para oxidar completamente una varilla de acero inoxidable 316 de 1/8 de pulgada de diámetro en un proceso de electrólisis con una corriente de 1 A es aproximadamente 61 horas.

3. Vida útil

Para calcular la vida útil de una varilla en forma de resorte de acero inoxidable A316 en un proceso de oxidación por electrolisis, utilizaremos los siguientes datos y suposiciones:

- Material: Acero inoxidable A316.
- Forma y Dimensiones: Varilla de 1 metro de longitud con un diámetro de 1/8 de pulgada (3.175 mm).
- Condiciones de Electrolisis: Agua sin destilar, sin aditivos, a 1 ampere.
- Tasa de Corrosión: Estimación a una tasa de corrosión basada en estudios similares para acero inoxidable A316 en condiciones de electrolisis.

3.1. Cálculo del Área Superficial

Dado que la varilla tiene forma cilíndrica, la superficie expuesta se calcula como:

$$\textbf{Área superficial } (A) = \pi \times d \times L \quad (7)$$

Donde:

- d: es el diámetro (3.175 mm o 0.3175 cm)
- L: es la longitud (100 cm)

$$A = 0.3175 \times 100 \approx 99.8\ cm2$$

- Estimación de la Tasa de Corrosión

Basándonos en estudios previos, la tasa de corrosión típica del acero inoxidable A316 en condiciones de electrolisis con agua no destilada a 1 ampere puede estar en el rango de 0.01 a 0.05 mm/año. Para ser conservadores, tomaremos una tasa de corrosión de 0.02 mm/año.

3.2. Cálculo del Espesor Inicial

El diámetro de la varilla es de 3.175 mm, por lo que el radio es 1.5875 mm. Esto significa que el espesor del material es el radio completo, ya que la corrosión afectará toda la sección transversal.

3.3. Cálculo de la Vida Útil

La vida útil se calcula dividiendo el espesor del material por la tasa de corrosión.

$$\textbf{Vida útil (años)} = \frac{\textbf{Espesor del material (mm)}}{\textbf{Tasa de corrosión } (\frac{\textbf{mm}}{\textbf{año}})} \quad (8)$$

$$Vida\ útil\ (años) = \frac{1.5875}{0.02} \approx 79.375\ años$$

Ahora en comparativa con el cobre y el zinc sus tasas de corrosión son las siguientes:

- Cobre: Tasa de corrosión estimada: 0.1 mm/año (basada en estudios para cobre en condiciones similares de electrolisis)

$$Vida\ útil\ (años) = \frac{1.5875}{0.1} \approx 15.875\ años$$

- Zinc: Tasa de corrosión estimada: 0.2 mm/año (basada en estudios para zinc en condiciones similares de electrolisis.

$$Vida\ útil\ (años) = \frac{1.5875}{0.2} \approx 7.9375\ años$$

En términos de tiempo, el acero inoxidable tiene mayor longevidad por lo que se tomará como el 100% para expresar la vida útil del zinc y el cobre en términos porcentuales con la siguiente formula:

$$\textbf{Porcentaje} = \left(\frac{\textbf{Vida útil del material}}{\textbf{Vida útil del acero inoxidable}}\right) \times \mathbf{100}\ (9)$$

- Cobre

$$Porcentaje\ del\ cobre = \left(\frac{15.875}{79.375}\right) \times 100 \approx 20\%$$

- Zinc

$$Porcentaje\ del\ cobre = \left(\frac{7.9375}{79.375}\right) \times 100 \approx 10\%$$

4. Productividad

Para calcular la cantidad de gas hidroxi (hidrógeno y oxígeno) que se puede obtener de un decímetro cúbico de agua, primero es necesario entender la relación entre el agua y los gases resultantes de su electrólisis.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

4.1. Definiciones y conversiones:

- 1 decímetro cúbico (dm^3) de agua es equivalente a 1 litro (L) de agua.
- 1 litro de agua pesa aproximadamente 1 kilogramo (kg), es decir, 1000 gramos (g).

4.2. Composición del agua:

La fórmula molecular del agua es H_2O, lo que significa que cada molécula de agua está compuesta por 2 átomos de hidrógeno y 1 átomo de oxígeno.

Masas molares:

- Masa molar del hidrógeno (H): aproximadamente 1 g/mol.
- Masa molar del oxígeno (O): aproximadamente 16 g/mol.

Tabla 1.- Masa de los elementos. [7]

ELEMENTO	SÍMBOLO	MASA ATÓMICA (g/mol)
Aluminio	Al	27,00
Antimonio	Sb	121,76
Argón	A	39,94
Arsénico	As	74,91
Azufre	S	32,06
Bario	Ba	137,36
Berilio	Be	9,02
Bismuto	Bi	209,00
Boro	B	10,32
Bromo	Br	79,92
Cadmio	Cd	112,41
Calcio	Ca	40,08
Carbono	C	12,01
Cesio	Cs	132,91
Cloro	Cl	35,46
Cromo	Cr	52,01
Cobalto	Co	58,96
Cobre	Cu	63,54
Estaño	Sn	118,70
Estroncio	Sr	87,63
Hierro	Fe	55,85
Fluor	F	19,00
Fósforo	P	30,98
Galio	Ga	69,72
Helio	He	4,00
Hidrógeno	H	1,01

ELEMENTO	SÍMBOLO	MASA ATÓMICA (g/mol)
Kriptón	Kr	83,70
Litio	Li	6,94
Magnesio	Mg	24,30
Manganeso	Mn	54,93
Mercurio	Hg	200,61
Neón	Ne	144,27
Níquel	Ni	58,69
Nitrógeno	N	14,02
Oro	Au	197,20
Oxígeno	O	16,00
Paladio	Pd	106,40
Plata	Ag	107,88
Platino	Pl	195,23
Selenio	Se	78,96
Silicio	Si	28,06
Sodio	Na	23,00
Telurio	Te	127,61
Titanio	Ti	47,90
Tungsteno	W	183,92
Uranio	U	238,07
Vanadio	V	50,95
Xenón	Xe	131,30
Yodo	I	126,92
Ytrio	Y	88,92
Zinc	Zn	85,38
Zirconio	Zr	91,22

4.3. Cálculo de la masa molar del agua:

Masa molar de $H_2O = 2\ x\ 1\frac{g}{mol} + 16\frac{g}{mol} = 18\frac{g}{mol}$

5. **Electrólisis del agua**: La electrólisis del agua produce hidrógeno y oxígeno en una proporción de 2:1 en volumen. La reacción química es:

$$H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

Esto significa que 2 moles de agua producirán 2 moles de hidrógeno y 1 mole de oxígeno.

4.4. Conversión de gramos de agua a moles:

Número de moles de agua en 1000 gramos=1000g/(18g/mol)≈55.56 moles

4.5. Producción de hidrógeno y oxígeno:

- Cada mole de agua produce 1 mole de hidrógeno y 0.5 moles de oxígeno.
- Entonces, 55.56 moles de agua producirán 55.56 moles de hidrógeno y 27.78 moles de oxígeno.

Para calcular la cantidad de gas hidroxi (hidrógeno y oxígeno) en términos de densidad de gas, necesitamos considerar las densidades de hidrógeno y oxígeno en condiciones estándar (temperatura y presión estándar, STP).

Tabla 2.- Propiedades del agua.

TABLA A.1 Unidades del SI [101 kPa (abs)].

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m³)	Densidad ρ (kg/m³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m²/s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Las condiciones estándar suelen definirse como una temperatura de $0°C$ (273.15 K) y una presión de 1 atm.

5. Volúmenes de gases producidos por electrólisis:

1 mol de cualquier gas ideal en condiciones estándar ocupa 22.414 L.

Tabla 3.- Constantes de los gases. [8]

Gas	Densidad (kg/m³)	
	NTP	STP
Helio (He)	0,1664	0,178
Hidrógeno (H_2)	0,0893	0,09
Metano (CH_4)	0,668	0,717
Monóxido de Carbono (C0)	1,165	1,25
Neón (Ne)	-	0,90
Nitrógeno (N_2)	1,165	1,25
Oxido Nítrico (NO)	1,249	-
Oxigeno (O_2)	1,331	1,429
Propano (C_3H_8)	1,882	-
Propeno (C_3H_6)	1,748	-
Radón (Rn)	-	9,73
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	1,434	-
Xenón (Xe)	-	5,89

NTP= cond. normales de temp. 0°C, 1 atm

STP = cond. Estandar 25°C, 1 atm

5.1. Densidad de gases en condiciones estándar:

Densidad del hidrógeno (H_2) a STP: $\frac{2.016\frac{g}{mol}}{22.414\frac{L}{mol}}$ aproximadamente $0.090\frac{g}{L}$

Densidad del oxígeno (O_2) a STP: $\frac{32\frac{g}{mol}}{22.414\frac{L}{mol}}$ aproximadamente $1.429\frac{g}{L}$

5.2. Número de moles de agua y gases producidos:

Como calculado anteriormente, 1 decímetro cúbico (1 litro) de agua produce 55.56 moles de hidrógeno (H_2) y 27.78 moles de oxígeno (O_2).

5.3. Volúmenes de hidrógeno y oxígeno producidos:

- Volumen de hidrógeno (H_2):

$$55.56\ moles\ \times\ 22.414\frac{L}{mol} = 1245.47\ L$$

- Volumen de oxígeno (O_2):

$$27.78 moles\ \times\ 22.414\frac{L}{mol} = 622.74\ L$$

5.4. Densidad total del gas hidroxi:

- Masa de hidrógeno (H_2):

$$1245.47\ L\ \times 0.090\frac{g}{L} = 111.96\ g$$

- Masa de oxígeno (O_2):

$$622.74L\ \times 1.429\ \frac{g}{L} = 889.26\ g$$

5.5. Suma de las masas:

- Masa total de gas hidroxi:

$$111.96\ g + 889.26\ g = 1001.22\ g$$

Para encontrar la densidad del gas hidroxi en gramos por litro (g/L), sumamos los volúmenes de hidrógeno y oxígeno producidos:

$$1245.47\ L + 622.74\ L = 1868.21\ L$$

Entonces, la densidad del gas hidroxi es:

$$\frac{1001.22\ g}{1868.21\ L} \approx 0.536\ g/L$$

Por lo tanto, la densidad del gas hidroxi producido a partir de un decímetro cúbico de agua es aproximadamente $0.536\ g/L$.

6. Peso específico del gas hidroxi

Para determinar el peso específico del gas hidroxi, se necesita multiplicar la densidad por la gravedad $(g = 9.81\frac{m}{s^2})$

$$Peso\ específico = 0.536\frac{g}{L} \times 9.81\frac{m}{s^2}$$

Convirtiendo $\frac{g}{L}\ a\ \frac{kg}{m^3}$ $(1\frac{g}{L} = 1\frac{kg}{m^3})$:

$$Peso\ específico = 0.536\frac{kg}{m^3} \times 9.81\frac{m}{s^2} \approx 5.26\frac{N}{m^3}$$

Peso específico del gas hidroxi: Aproximadamente $5.26\frac{N}{m^3}$

7. Mecánica de fluidos

Para comenzar con el análisis de la mecánica de fluidos se debe considerar los siguientes datos:

- $Diámetro\ de\ contenedor\ de\ la\ celda\ =\ 69mm$
- $Diámetro\ de\ la\ tubería\ manifold\ =\ 15.5mm$
- $Caudal\ (Q) =\ 300\ \frac{L}{h}$ (Indicado por el rotámetro)

La fórmula de cálculo para el caudal de un sistema es la siguiente:

$$\boldsymbol{Q\ =\ V\ \times A}\quad (\mathbf{10})$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

Donde:

- $V = Velocidad\ de\ flujo\ del\ fluido\ (\frac{m^3}{s})$
- $A = Área\ de\ la\ tubería\ (m^2)$

Primero aplicamos la fórmula para obtener el área de la tubería a partir de su diámetro.

$$\boldsymbol{A = \frac{\pi D^2}{4}} \quad (\mathbf{11})$$

Sustituyendo los valores quedaría:

$$A = \frac{3.1416(0.0155)^2}{4} \approx 1.887 \times 10^{-4}\, m^2$$

$$A = \frac{3.1416(0.0155)^2}{4} \approx 1.887 \times 10^{-4}\, m^2$$

Teniendo este dato se puede hacer el despeje de la ecuación respecto a la velocidad

$$\boldsymbol{V_2 = \frac{Q}{A_2}} \quad (\mathbf{12})$$

$$V_2 = \frac{8.33 \times 10^{-5}\frac{m^3}{s}}{1.887 \times 10^{-4} m^2} \approx 0.442\ \frac{m}{s}$$

$$Qm = Q_1 + Q_2 = A_1V_1 + A_2V_2$$

$$A_1 = A_2$$

$$A_1 = \frac{\pi(0.069m)^2}{4} = \frac{0.015}{4} = 0.00375m^2$$

- Ecuación de la energía de Bernoulli

$$\boldsymbol{\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2 \times g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \times g}} \quad (\mathbf{13})$$

Donde:

- Z = Cota o altura geodésica para un fluido en movimiento en régimen permanente
- $\frac{P}{\gamma} = Altura\ de\ presión$
- $\frac{v_1^2}{2 \times g} = Altura\ de\ velocidad$

Al tener únicamente el valor de las alturas, la altura de velocidad y el peso específico del gas hidroxi, se despeja la ecuación en función de P_2.

$$\boldsymbol{P_2 = \gamma(Z_1 - Z_2 - \frac{V_2^2}{2 \times g})} \quad (\mathbf{14})$$

Sustituyendo los valores

$$P_2 = 5.26\frac{N}{m^3} \times (0.5\, m - \frac{(0{,}442\frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81\ \frac{m}{s^2}})$$

$$P_2 = 2.5776\ Pa$$

RESULTADOS

El dispositivo está diseñado para utilizar gas hidroxi como combustible para una antorcha de corte, con un funcionamiento basado en el proceso de electrólisis. En este sistema, se emplean celdas de electrólisis que contienen resortes de acero inoxidable sumergidos en agua, que actúa como electrolito. Cuando se aplica una corriente eléctrica a través de los resortes, se produce la descomposición de las moléculas de agua en oxígeno e hidrógeno. Este proceso de electrólisis genera gas hidroxi, una mezcla de ambos gases.

El gas hidroxi se recolecta en un sistema de tuberías diseñado para su transporte. Este sistema incluye válvulas para regular el flujo del gas antes de que llegue a la antorcha de gas. La antorcha está configurada para utilizar el gas hidroxi como combustible. Cuando el gas se quema en la antorcha, produce una llama de alta temperatura, adecuada para procesos de corte controlada por un sistema CNC (Control Numérico por Computadora), que permite programar y manejar con exactitud los movimientos y las rutas de corte de la antorcha. El sistema CNC recibe instrucciones específicas para dirigir la antorcha a lo largo de las trayectorias deseadas, permitiendo realizar cortes precisos en los materiales.

CONCLUSIONES

La celda de hidrógeno produce el gas HHO, que es transportado de manera segura a través del sistema de conducción de fluidos. Finalmente, el gas llega a la antorcha de gas hidroxi en la sección de

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-08, pág.: 1 a la 12.

corte, donde se realiza el corte preciso de los materiales, controlado por programación CNC para garantizar alta calidad y precisión.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Studocu. (s. f.). Práctica Laboratorio Electrolisis No 12 - PRÁCTICA DE LABORATORIO No 12 I. OBJETIVO Comprender cómo - Studocu. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de- frontera/quimica-general/practica-laboratorio-electrolisis-no-12/83385171.
2. Iglesias, D. (2021, 27 septiembre). Burbujeador de HHO. Energia libre. https://energialibre3.blogspot.com/2019/02/burbujeador-de-hho.html
3. AUTOMATIZACIÓN. (s. f.). https://www.automatizacion.com.co/es/novedades/arrestallamas-automatizacionycontrol-%20seguridadenprocesos-%20novedades#:~:text=Los%20Arrestallamas%20detienen%20la%20transmisi%C3%B3n,combustible%20dentr%20o%20de%20la%20tuber%C3%ADa .
4. Lapuente, I. (2021, 23 agosto). Agua destilada: perfecta combinación de H2O - Fundación Aquae. Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/agua-acompanada-agua-solitaria/#:~:text=La%20electr%C3%B3lisis%20de%20la%20disoluci%C3%B3n,existe%20en%20el%20agu a%20pura.
5. 316 Stainless Steel, annealed sheet. (s. f.). https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=50f320bd1daf4fa7965448c30d3114ad
6. Reblar, B. (2022, 28 marzo). ▷ ¿Qué es la conductividad eléctrica? | Ciencia De Los Materiales. Ciencia De Los Materiales. https://materiales.phemtycs.com/que-es-la-conductividad-electrica/#%3A~%3Atext%3DLa%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20es%20una%2Ca%20trav%C3%A9s%20de%20un%20material
7. Masa atómica, masa molecular y unidad de masa atómica. (s. f.). https://www.profesorenlinea.cl/fisica/Masa_atomica_Unidad_masa.html#google_vignette
8. Propiedades de la materia. (2020, 19 junio). [Diapositivas]. SlideShare. https://es.slideshare.net/slideshow/propiedades-de-la-materia-235927200/235927200

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Naiobi Van Vértiz Figueroa: Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Politécnica del Valle de Mexico, Tultitlán, Estado de México.
Dulce Abigail Sipriano San Martin: Estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.
Dr. Allan Ronier Diez Barroso Agraz: Profesor en ciencias, investigador de tiempo completo en el Instituto Politécnico Nacional, Azcapotzalco, Ciudad de Mexico y director general de IntGen Technologies de Mexico S.A de C.V.
Dr. Iván Alberto Vértiz Maldonado: Profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México y Catedrático en el Instituto Politécnico Nacional, Azcapotzalco, Ciudad de México.
Dr. Jorge Carlos León Anaya: Profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

Diseño de un dispositivo rehabilitador de muñeca

Mauricio Aarón Pérez Romero*, **Adrián Esteban Mejía García, Armando Josué Piña Díaz, Frida Janine Razo Bedolla, Tania Díaz Dionisio**

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño conceptual, simulación e implementación de un prototipo rehabilitador de muñeca basado en una estructura, composición y construcción de bajo costo, de accionamiento semiautomático con 2 grados de libertad para la reproducción de los movimientos activos de la muñeca: flexión–extensión con rango de 0 a 115°, abducción–aducción con rango de 0 a 60° y con capacidad de generar el movimiento de circunducción, además de contar con la adquisición y muestra de datos acerca del alcance en los movimientos generados para la rehabilitación. También se realiza un análisis de funcionamiento y alcance del dispositivo en cuanto a rangos de movimiento, obteniendo un mapa del área que logra cubrir el dispositivo y comparándolo con el área de acción de una articulación técnicamente sana.

ABSTRACT

This work presents the conceptual design, simulation and implementation of a wrist rehabilitation prototype based on a low-cost structure, composition and construction, semi-automatic drive with 2 degrees of freedom for the reproduction of active movements of the wrist: flexion . –extension with a range of 0 to 115°, abduction-adduction with a range of 0 to 60° and with the ability to generate circumduction movement, in addition to having the acquisition and display of data about the range of movements generated for rehabilitation . An analysis of the device's operation and range in terms of range of motion is also carried out, obtaining a map of the area that the device can cover and comparing it with the area of action of a technically healthy joint.

Palabras claves: Prototipo, rehabilitación de muñeca, diseño conceptual.

INTRODUCCIÓN

En México, solo en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) se encontró que durante el periodo de 1997 a 2002, ocurrieron más de 2.5 millones de riesgos de trabajo, de los cuales, más de cien mil pensiones se produjeron por alguna incapacidad (4.4% del total). Se diagnosticaron con más frecuencia, las amputaciones traumáticas, fracturas y heridas de la muñeca y mano. Por otra parte, los padecimientos crónico-degenerativos, como es la artropatía, dorsopatías y diabetes mellitus, fueron otra de las causas para conceder pensión por invalidez (Devesa, 2006).

Aunado a esto, el desarrollo de mecanismos rehabilitadores de extremidades superiores (en este caso, rehabilitación de muñeca) ha estado ganando terreno en el campo de la medicina actual para dar solución a la demanda creciente de rehabilitación de miembro superior, valiéndose de la automatización como principal medio de mejora para hacer más eficiente el proceso de rehabilitación. Con este proyecto, se plantea la construcción y accionamiento de un mecanismo rehabilitador de muñeca, comenzando con el estado del arte de mecanismos rehabilitadores de mano y muñeca, continuando con el marco teórico que aborda los parámetros generales que debe cumplir tanto el diseño mecánico como el control de posición y velocidad de este y prosiguiendo con el diseño y construcción del mecanismo. A la postre se procedió a su accionamiento y por último a la realización de pruebas y obtención de resultados.

ANTECEDENTES

Actualmente, una gran cantidad de lesiones en la muñeca se presentan en la población mexicana, principalmente ocasionados por accidentes en el trabajo (Hinojal, Villaverde y López, 1993) o en actividades deportivas. Se estima que 1, 080, 000 trabajadores sufren al menos una lesión traumática de mano cada año. Tan solo en el 2007 se presentaron 361 244 accidentes de trabajo registrados por el Instituto Mexicano del Seguro Social, de las cuales las lesiones de mano como heridas, amputaciones, traumatismos, desgarros y fracturas ocupan el primer lugar con 92 229 trabajadores afectados (IMSS, 2022). En otro estudio realizado por Fernández J. y Montero (1993) en Venezuela, se encontró que el 36% del total de los accidentes laborales eran accidentes de mano y de este porcentaje en 72% los dedos eran los afectados, en 22% las manos y en 6% las muñecas.

Por otra parte, una vez tratada la lesión y posiblemente después de un largo periodo de inactividad, se requiere la aplicación de un importante número de sesiones de rehabilitación para recuperar el movimiento gradual. A su vez, investigaciones recientes indican que las terapias de realización repetitiva de tareas específicas asistidas por robots pueden ser más eficaces para la reducción a largo plazo de las alteraciones motrices en un paciente. Más aún, los tratamientos asistidos por dispositivos mecánicos han logrado ofrecer mediciones objetivas del rendimiento de los pacientes que son útiles y fácilmente analizables por personal capacitado.

En México la rehabilitación ha sido una práctica ampliamente aplicada, sin embargo, el personal especializado en este ramo es limitado debido a que se encuentran con una gran demanda de

* Instituto politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco, Departamento de Ingeniería en Control y Automatización, maperezro@ipn.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

trabajo. Esto es entendible ya que la rehabilitación en México es en gran medida realizada sin interacción con dispositivos robóticos y el tiempo necesario para observar una mejoría en el paciente es considerable, lo que además conlleva a ocasionar fatiga en el terapeuta.

Por lo anterior, el diseño e implementación de sistemas auxiliares son indispensables para agilizar el proceso de rehabilitación y reincorporar al paciente a sus actividades diarias. No obstante, en México, el desarrollo de este tipo de dispositivos no es de gran prioridad y son contadas las instituciones educativas que se dedican a la invención de unidades rehabilitadoras de extremidades.

Estudios realizados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, llevados a cabo en cuatro casos de los Veteranos de guerra (VA) en los hospitales, mostraron que los pacientes que utilizaron el robot MIT-Manus durante 12 semanas experimentaron un pequeño aumento, pero significativo en la función del brazo (Figura 1). Otro grupo de pacientes que recibieron alta intensidad de terapia por parte de un terapeuta, que acertaron el número y la intensidad de los movimientos del robot, mostraron mejoras similares (Williams, Krebs y Hogan, 2001).



Figura 1.- Robot MIT-Manus rehabilitación para muñeca (NewmanLab, 2013)

Por otra parte, el Dispositivo Háptico Universal (UHD) permite la rehabilitación de cualquier brazo o muñeca con movimientos en dos grados de libertad (Figura 2). El modo de entrenamiento depende de la configuración mecánica seleccionada, que depende del bloqueo / desbloqueo de una junta universal pasiva. El accionamiento del dispositivo se lleva a cabo mediante la utilización de una serie de principios de accionamiento elástico que permite el uso de plataformas mecánicas y de actuación de componentes (Oblak, Cikajlo y Matjacic, 2010).



Figura 2.- Dispositivo Háptico Universal (Oblak et al., 2010)

En este mismo sentido, el InMotionSystem, presentado por Scorcia, Formica, Tagliamonte, Campolo y Guglielmelli (2010) tiene como objetivo reducir la interacción de la fuerza medida por un sensor instalado en la base del mango, asegurando así que el robot siga los movimientos del usuario. Este sistema está diseñado para cumplir con las limitaciones biomecánicas, tiene accionados tres grados de libertad, es decir, la pronación / supinación (PS), desviación radio-cubital (RUD) y de flexión / extensión (FE), y dos grados de libertad en la base del mango, es decir, un control deslizante lineal y una articulación de giro, como se muestra en la Figura 3.

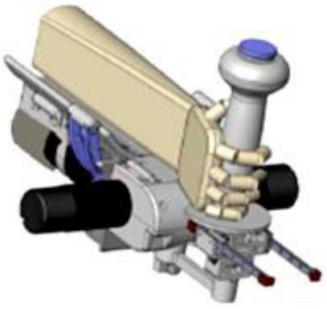


Figura 3.- Dispositivo InMotionSystem (Scorcia et al., 2010)

En un contexto diferente, el dispositivo Dulex-II es exoesqueleto de rehabilitación activa de muñeca que presenta un modelo que funciona neumáticamente (Ju-hwan y Inhyuk, 2012). Su sistema de control permite realizar movimientos con 3 grados de libertad para la muñeca, el dedo índice y un mecanismo que encierra a los otros tres dedos (Figura 4).

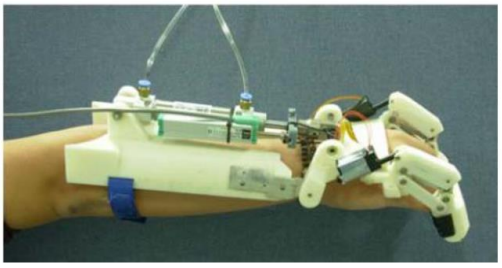


Figura 4.- DULEX-II para rehabilitación de muñeca (Ju-hwan y Inhyuk, 2012)

Ahora bien, para las personas que han sufrido un ictus podrán mejorar su rehabilitación por medio de un sistema robótico móvil, denominado ArmAssist (Véase Figura 5), que les ayuda a paliar el deterioro neuromuscular desde su propio domicilio y siempre bajo el control y seguimiento del personal clínico (Tecnalia, 2012). La base móvil va conectada a un ordenador estándar, de manera que permite al paciente interactuar con distintos videojuegos, desarrollados específicamente para la terapia, mediante el movimiento del brazo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

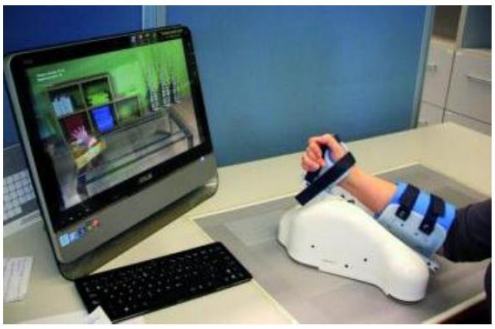


Figura 5.- Robot Arm Assist (Tecnalia, 2012)

De igual forma, el RoboTherapist3D (Figura 6) desarrollado por INSTEAD (2013) es un sistema completo diseñado para la neuro-rehabilitación de miembro superior. Se trata de un dispositivo modular que permite la adaptación del paciente a la terapia requerida mediante la realización de unas actividades programadas en su software. Cuenta con un sistema inmersivo de realidad virtual con el que el paciente puede re-aprender tareas de la vida diaria como sujetar un vaso, beber, comer, peinarse, etc.



Figura 6.- RoboTherapist3D (INSTEAD, 2013)

Un grupo de investigación de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y publicada en su página por la misma BUAP (2022), desarrolló un prototipo de robot con múltiples aplicaciones y alto desempeño. Este prototipo (Figura 7) copia las fuerzas, trayectorias y posiciones específicas para practicar fisioterapia o asistir a personas incapacitadas.

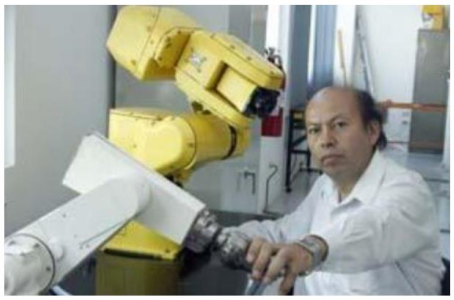


Figura 7.- Robot industrial para rehabilitación BUAP

Por otro lado, los investigadores de la Escuela de Ingeniería, Arquitectura y Salud (EIAS) del Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara, presentaron al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (Coecytjal), el prototipo de rehabilitación y estudio de movimiento de brazo llamado Tee-R. Este prototipo consta de una palanca de mando que ayuda al brazo a recuperar su movimiento (CRONICA INTERCAMPUS, 2013).

El dispositivo es un joystick, o palanca de mando, con la que el usuario interactúa dentro de un ambiente virtual o videojuego. De esta manera el paciente puede realizar los movimientos repetitivos que requiere una terapia, pero "dentro del videojuego"; haciendo el proceso de rehabilitación menos monótono.

Entre los prototipos desarrollados en el Instituto Politécnico Nacional se encuentran los mecanismos rehabilitadores de miembro superior o inferior, y dentro de estos está el diseño mecánico de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro superior enfocado a la población mexicana; esto en la ESIME Zacatenco. El diseño parte del estudio de la biomecánica del miembro superior para después realizar el diseño basándose en la herramienta Blitz QFD con la ayuda de los parámetros que debe tener el exoesqueleto y después de un análisis tanto de rangos de funcionalidad como estructurales y la cinemática del manipulador, finalmente se manufacturó el prototipo del exoesqueleto en el rango útil (Ayala, 2012).

Otro prototipo desarrollado en el IPN es el presentado por Acosta y Flores (2012), donde desarrollan el diseño y construcción de un mecanismo para un equipo de rehabilitación de hombro (Figura 1.10) en el que se realiza un mecanismo excéntrico de deslizador manivela, el cual guía la extremidad superior formando los arcos naturales de movimiento del hombro y con un alto grado de precisión.

Con todo lo presentado, en México, las terapias de rehabilitación de la muñeca son aplicadas en gran medida de forma manual, lo que ocasiona no solo agotamiento en el terapeuta, sino que también, debido a que las terapias no tienen una evolución constante, el tiempo de recuperación del paciente sea mayor a lo esperado.

Ahora bien, de los pocos dispositivos desarrollados en México, además de que algunos son mecanismos voluptuosos, no fueron desarrollados para ser utilizados en clínicas pequeñas o casas habitación y esto en gran parte por el alto costo que implica la tecnología utilizada en los respectivos dispositivos.

En cuanto a los grados de libertad de estos dispositivos, estos no cubren los suficientes grados de libertad necesarios para los pacientes, enfocándose solamente en 1 o 2 para la rehabilitación de la muñeca, pero de una forma activa más no pasiva. Los 2 movimientos a los que se enfocan en realizar principalmente son movimiento de pronación–supinación (del antebrazo), de flexión–extensión o aducción–abducción (de la muñeca), pero muy difícilmente de los 3. Por otro lado, según la información disponible, aunque en algunos de estos dispositivos se toma en cuenta la adquisición de datos no se toma mucha importancia a la muestra de los datos sobre el avance de la rehabilitación del paciente, para una evaluación más exacta por parte del terapeuta.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

DESARROLLO

El proceso de diseño de una máquina es la parte fundamental para tomar en cuenta los requerimientos planteados de la necesidad a cubrir. En este caso, se presentan los parámetros y funciones a realizar para abarcar el diseño final. Los conceptos utilizados parten de la descripción y solución de funcionamiento del mecanismo. Para la construcción del rehabilitador de muñeca es necesario cumplir con diversas consideraciones, las cuales se toman para su diseño las mencionadas a continuación:

• Funcionales: El dispositivo rehabilitador debe de reproducir los movimientos de la muñeca considerando los siguientes máximos de desviación de la muñeca:

- Flexión (80 a 90°) y extensión (70 a 90°)
- Abducción (15°) y aducción (30 a 45°)

Además de que el dispositivo pueda realizar los movimientos de muñeca de manera continua para la rehabilitación y evolución del paciente.

• Dimensionales: Para el dispositivo rehabilitador es necesario contar con las dimensiones o longitudes que se requieren para establecer y desarrollar los movimientos requeridos, por ello se tienen las siguientes medidas uniformes de acuerdo con personas que cumplen con mayor número estos parámetros (Gowitze y Milner, 1999):

- Dimensión de mano: 18.082 cm.
- Peso: 0.533 Kg.
- Antebrazo y mano: 1.5Kg.
- Dimensión de muñeca: 4.5 cm.
- Ancho de la mano incluyendo dedo pulgar: 9.74 cm.

Dado lo anterior, se propone un dispositivo que cumple con los movimientos aducción-abducción (15°-45°), flexión-extensión (90°-90°) y pronación-supinación (90°-90°), realizando cada uno de ellos de manera continua, posibilitando la ejecución de movimiento de la muñeca a rehabilitar con el menor esfuerzo con respecto a su función y progreso de recuperación. En la Figura 8 se presenta el ensamble de las piezas diseñadas antes mostradas, simulado en un programa de cómputo CAD-CAE para apreciar de mejor manera su funcionamiento como un conjunto.

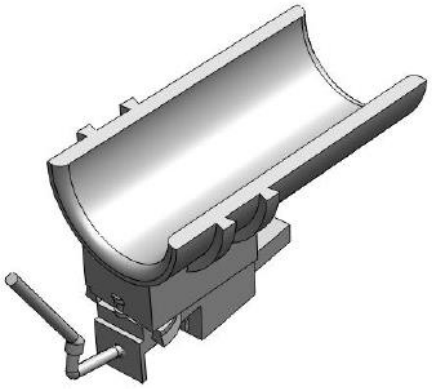


Figura 8.- Simulación del diseño conceptual propuesto (sin estructura de soporte). Fuente: Elaboración propia.

En la simulación del prototipo se utilizó un programa de cómputo CAD-CAE en el cual se modeló cada una de las partes que componen al mecanismo. El diseño propuesto del dispositivo rehabilitador se desarrolla de acuerdo con los movimientos básicos generados por la muñeca, abducción – aducción (15°-45°) y flexión–extensión (90°-90°). Sin embargo, debido a que su construcción física necesita de un soporte (de material estructura IPS) sobre el que montar el mecanismo, se reduce el rango de movimiento para la desviación en flexión–extensión de la muñeca al máximo posible de 57.5° para cada uno. En la Figura 9 se muestran las piezas ya ensambladas que forman el dispositivo rehabilitador.

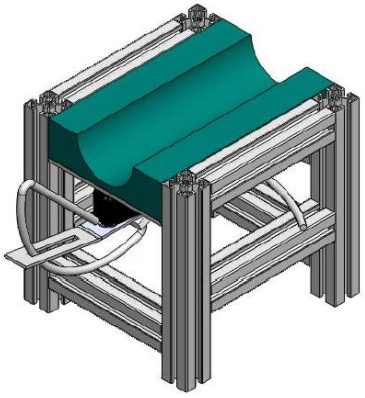


Figura 9.- CAD del prototipo. Fuente: Elaboración propia.

Los movimientos de aducción–abducción y de flexión–extensión efectuados por el dispositivo funcionando con el accionamiento de los motores se muestran a continuación (Figura 10):

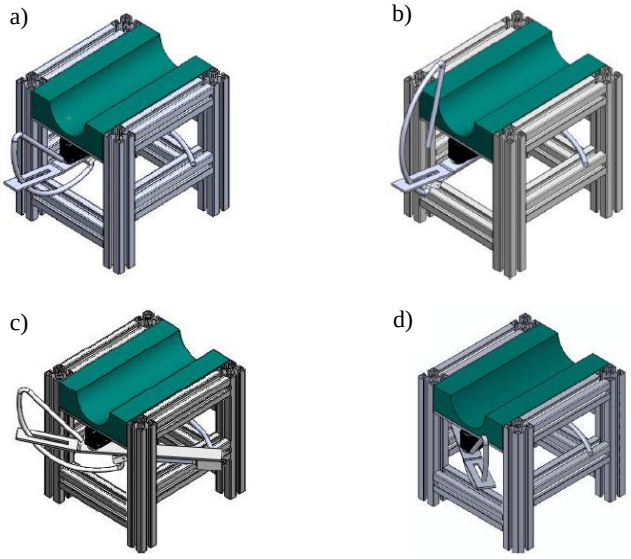


Figura 10.- a) aducción b) abducción c) flexión d) extensión. Fuente: Elaboración propia.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

El mecanismo rehabilitador cuenta con un actuador lineal y uno rotacional, los que permiten manipular la estructura para reproducir los movimientos que efectúa la muñeca además de que gracias a sus características es posible regular la velocidad y posición en estos dos tipos de motores (Figura 11).



Figura 11.- Dispositivo rehabilitador ensamblado. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Considerando un giroscopio, se registran los rangos de movimiento de flexión-extensión y aducción-abducción, con los siguientes valores: aducción-abducción: 45°-15° (Figura 12).

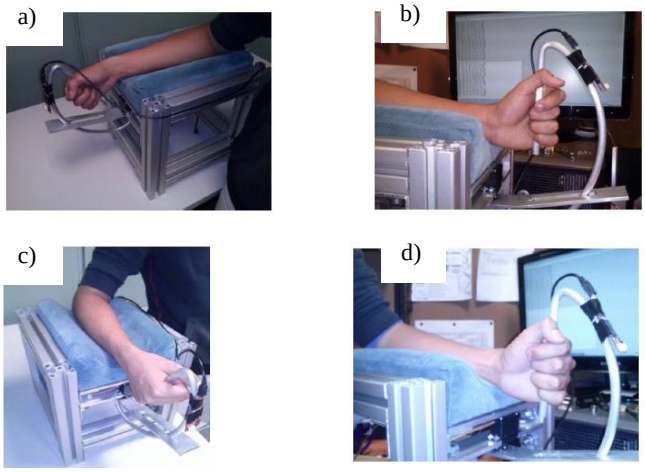


Figura 12.- Movimientos de la muñeca asistidos por el mecanismo: a) aducción b) abducción c) flexión d) extensión. Fuente: Elaboración propia.

Entre las pruebas realizadas se encuentran las de movimiento activo de aducción–abducción de la muñeca de un paciente sano (es importante destacar que los rangos de movimiento de la muñeca son diferentes para cada paciente), esto con el mango desacoplado del actuador lineal, y que se muestra en la gráfica de posición de la mano, de la Figura 13 (para cada ángulo de desviación de la muñeca) y misma en la que se aprecia la posición máxima en movimiento de aducción de forma activa en 25° (205 unidades) y el máximo rango en movimiento de abducción de la muñeca en 10° (185 unidades).

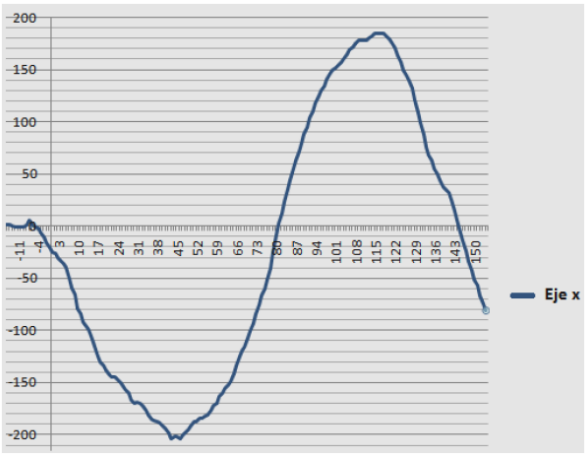


Figura 13.- Gráfica de posición de la mano en movimiento activo de aducción–abducción de la muñeca. Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo en que se realizan las pruebas del mecanismo en movimientos de aducción – abducción, se determinan las posiciones máximas que la misma muñeca sana puede lograr (con el actuador de movimiento rotacional sin energizar), consiguiéndose los siguientes resultados: -305 unidades a un ángulo de desviación del carpo del eje horizontal de 53° en el movimiento de flexión y 300 unidades (50°) en el movimiento de extensión de la muñeca (Figura 14).

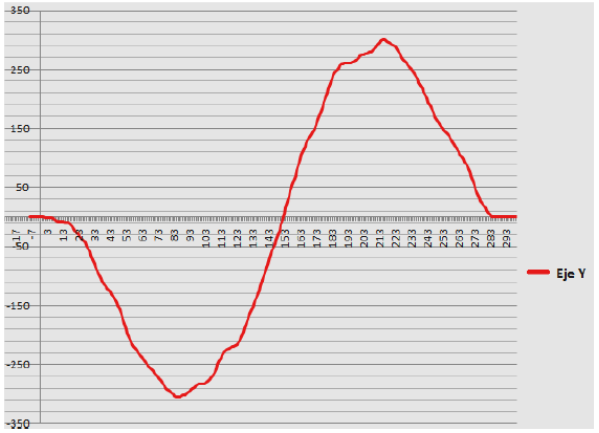


Figura 14.- Gráfica de posición de la mano en movimiento activo de flexión – extensión de la muñeca. Fuente: Elaboración propia.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-10, pág.: 1 a la 6.

A partir de los valores de las curvas de acción de la muñeca, se consigue graficar el área de trabajo del mecanismo desarrollado, logrando éste reproducir los movimientos activos del carpo en flexión y extensión hasta un máximo de 57.5° cada uno y con los cuales, en conjunto y sincronía es posible efectuar el movimiento de circunducción de la muñeca al ser cada uno de los 2 accionamientos del mecanismo independientes uno del otro, es decir sin que interfiera la posición de uno en el accionamiento del segundo, pero contando con que la posición final en el espacio del mango depende de ambos.

CONCLUSIONES

Una vez construido el mecanismo y al efectuar las pruebas de funcionamiento de este con usuarios sanos se comprobó la correcta reproducción de los movimientos que la muñeca realiza de forma activa y posteriormente, la correcta asistencia del dispositivo fabricado a los movimientos de muñeca del mismo paciente.

Se advirtió gracias a las gráficas de trabajo de la muñeca que al efectuar en conjunto los movimientos básicos de la muñeca de flexión-extensión y aducción-abducción para generar un tercero, movimiento de circunducción, éste no describe una trayectoria circular sino más bien con forma de elipse, teniendo como límites de área de trabajo los máximos ángulos de desviación de la muñeca.

Si bien, el prototipo es funcional, es indispensable adaptar una interfaz de usuario que sea amigable; puesto que, se considera que este equipo puede ser utilizado por especialistas en el ramo de la rehabilitación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (IPN-SIP) por el apoyo a través de los proyectos SIP 20240322, 20241522 y 20240366. También se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT).

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Ayala J. F. (2012). *Diseño mecánico de un exoesqueleto para rehabilitación de miembro superior*. Tesis de maestría no publicada, IPN, México D. F., México.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). (2022). *Crean en la BUAP robot capaz de practicar fisioterapia y muchas otras aplicaciones.* Recuperado de http://www.buap.mx/_

CRONICA INTERCAMPUS. (2013). *Diseñan joystick para rehabilitación de brazos.* Recuperado de http://sitios.itesm.mx/cronicaintercampus/no_145/

Devesa I. (2006) Rehabilitación para el trabajo. Un reto para los próximos años. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación, 18*, 38.

Fernández D´Pool J, Montero PG. (1993). Accidentes laborales en el municipio Maracaibo, Venezuela 1979-1990. Determinación de la frecuencia de factores de riesgo que intervienen en la producción. *InvestClin; 34(3)*:119-134.

Hinojal R, Villaverde F, López M. (1993). Traumatismo de la mano en accidentes laborales. Medicina y Seguridad del Trabajo; Tomo XL (160):3-10.

INSTEAD (2013). *RoboTherapist3D*. Recuperado de http://www.insteadtechnologies.com/products/robotherapist-3d/

Instituto Mexicano del Seguro Social. (2008). Memoria estadística 2007. México: IMSS.

Ju-hwan, B. y Inhyuk, M. (2012).Design and Control of an Exoskeleton Device for Active Wrist Rehabilitation. Trabajo presentado en la 12th International Conference on Control, Automation and Systems. Octubre, Jeju Island, Korea.1577-1580.

Oblak, J., Cikajlo, I. y Matjacic, Z., (2010). Universal Haptic Drive: A robot for Arm and Wrist Rehabilitation. *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, VOL. 18(3),* 293-302.

Tecnalia, (2012). *Tecnalia lanza el robot de rehabilitación asistencial 'ArmAssist'*. Recuperado de http://www.alimarket.es/noticia/83954/Tecnalia-presenta-elrobot-asistencial--Arm-Assist

Williams D. J., Hermano Krebs, I. y Hogan N., (2001). A ROBOT FOR WRIST REHABILITATION.MIT, Cambridge, USA: Trabajo presentado en la 23rdAnnual EMBS International Conference, Octubre, Turquía.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Mauricio Aarón Pérez Romero: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación SEPI Zacatenco.

Adrián Esteban Mejía García: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación SEPI Zacatenco.

Armando Josué Piña Díaz: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN, Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación SEPI Zacatenco.

Frida Janine Razo Bedolla: Ingeniera en Control y Automatización egresada de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN.

Tania Díaz Dionisio: Estudiante de la carrera de Ingeniería en Control y Automatización en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.

Prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura orgánica a base de nopal

Frida Janine Razo Bedolla*, Miriam Gómez Álvarez, Armando Josué Piña Díaz, Mauricio Aarón Pérez Romero, Juan Carlos Aguilar Valencia

RESUMEN

Debido a que las pinturas convencionales en su mayoría están fabricadas con productos derivados de la industria petroquímica que liberan gases durante su aplicación, y que, pueden ser nocivos para la salud si existe una exposición prolongada, se propone la creación de una pintura ecológica a base de nopal, cuyo cometido principal sea la eliminación de estos compuestos tóxicos. En este trabajo se describe un prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura ecológica a base de nopal, reduciendo tiempos de operación en comparación al proceso artesanal. Con este proceso se logra también aprovechar las pencas de nopal que son regularmente tratadas como desecho, debido a la poda cotidiana que se les realiza a los nopales tuneros, dándole a estos un uso para la elaboración de una pintura ecológica y de bajo costo.

ABSTRACT

Because conventional paints are mostly manufactured with products derived from the petrochemical industry that release gases during their application, and that can be harmful to health if there is prolonged exposure, the creation of an ecological paint based on of nopal, whose main purpose is the elimination of these toxic compounds. This work describes a semi-automatic prototype for the production of an ecological paint based on cactus, reducing operation times compared to the artisanal process. With this process, it is also possible to take advantage of the cactus stalks that are regularly treated as waste, due to the daily pruning that is carried out on the Las Tunas cactus, giving them a use for the production of an ecological and low-cost paint.

Palabras claves: Prototipo, base de nopal, pintura orgánica.

INTRODUCCIÓN

El uso de pinturas convencionales, a lo largo de los años y hasta la actualidad, ha sido amplio, debido a que han dado excelentes resultados como medio decorativo y de protección para muros en interiores y exteriores de casas habitación y edificaciones.

Lamentablemente éste tipo de pinturas están hechas a base de productos sintéticos derivados de la industria petroquímica, presentando el inconveniente de afectar, con cierto margen, la salud de las personas que se encuentran expuestas durante su aplicación.

El principal peligro reside en los metales pesados que contienen, como el plomo, cadmio y mercurio, al igual que en los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), como el xileno, el tolueno, los epóxidos, las acetonas, los fenoles y el formaldehído; gases que son emitidos por pinturas y barnices mientras se aplican, cuando se secan, e incluso semanas y meses después. Los COV irritan la piel, los ojos y las vías respiratorias, provocan náuseas y dolores de cabeza, dañan el sistema nervioso central y son potencialmente cancerígenos.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el plomo se incluye dentro de la lista de los diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública, siendo el uso de pintura una importante fuente de exposición. Como respuesta a esta inquietud se creó la Alianza Mundial para Eliminar el Uso del Plomo en la Pintura, cuyo cometido es la eliminación gradual del uso del plomo en la pintura. Asimismo, la organización IPEN “A toxics-free future” ha creado una campaña mundial para eliminar la pintura con plomo, creando consciencia de que la exposición sigue siendo un problema grave y ha catalizado acciones en varios países en desarrollo para combatir el uso y fabricación de éste tipo de pinturas.

Como una alternativa más a la concientización del desuso gradual de pinturas convencionales que contienen compuestos químicos nocivos para la salud, existen pinturas ecológicas que utilizan materias primas de origen vegetal y/o mineral, tal es el caso de la pintura elaborada a base de baba de nopal. Ésta técnica data de muchos siglos atrás, ya que los pueblos originarios de México conocían el poder adhesivo de la baba de nopal y la utilizaban para hacer argamasa para unir piedras en sus construcciones, así como para elaborar pintura para decorar sus templos y pirámides.

La baba de nopal funge como un ligante que ayuda a unir las partículas dispersas de pigmentos y cargas sobre un sustrato, formando una película continua y cohesiva.

Dicha pintura elaborada a partir de baba de nopal, cal, sal y agua presenta aceptables características de adhesión y durabilidad, sin embargo, con el afán de mejorar su calidad se optó por sustituir la cal por caolín, mineral utilizado comúnmente en la fabricación de pinturas, que debido a sus características brinda un alto poder cubriente y absorbente, no es tóxico y resiste altas temperaturas. Del mismo modo, para mejorar la blancura de la pintura se incluye el dióxido de titanio, pigmento inorgánico blanco utilizado ampliamente en la industria de las pinturas y recubrimientos por sus propiedades de dispersión, estabilidad química y no toxicidad.

El presente trabajo expone la metodología de elaboración de la pintura de nopal de manera manual y la integración del proceso

* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Departamento de Ingeniería en Control y Automatización, frazob@ipn.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.

mediante un controlador lógico programable para su realización de manera semiautomática. De ésta manera se reduce el tiempo total para su fabricación y se estandariza el proceso, objetivando obtener las mismas características de calidad de la pintura en cada lote de producción.

ANTECEDENTES

Debido a que las pinturas convencionales en su mayoría están fabricadas con productos derivados de la industria petroquímica que liberan gases durante su aplicación, y que, pueden ser nocivos para la salud si existe una exposición prolongada, se propone la creación de una pintura ecológica a base de nopal, cuyo cometido principal sea la eliminación de estos compuestos tóxicos.

La resina de nopal, o coloquialmente conocida como baba, ofrece características adhesivas equiparables a las resinas sintéticas utilizadas en la fabricación de pinturas convencionales, ésta funciona como un aglutinante cuya misión es la de mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez la pintura haya secado.

Dada ésta propiedad, la resina de nopal puede ser utilizada para elaborar una pintura que sea amigable con el medio ambiente, económica y biodegradable, ofreciendo de ésta manera una alternativa ecológica y beneficiosa para la salud.

Adicionalmente, se aprovechan las pencas que son podadas regularmente en la cosecha de nopal tunero, que si bien son utilizadas para la producción de abono y como alimento de ganado, no todas son explotadas, de ésta manera se tiene un uso alternativo de la poda de nopal en la elaboración de pintura.

El proceso de elaboración de dicha pintura de manera manual dura más de 24 horas, ya que dentro de las etapas a seguir para su fabricación, es el macerado de nopal en agua lo que consume más tiempo. De igual manera, se pretende homogeneizar el proceso de elaboración, visando obtener la mayor cantidad de resina de las pencas y las mismas características de rendimiento y calidad en la pintura. Por ello, se propone un prototipo que integre la semi automatización de éste proceso a través de un controlador lógico programable, que a través de un control de temperatura estandarice la extracción de resina de nopal dosifique de manera automática los demás componentes de la pintura y los integre homogéneamente a través de un tanque mezclador. Con este prototipo se pueden fabricar lotes de pintura cuántas veces sea requerido con el mínimo esfuerzo, sustituyendo parcialmente la intervención del ser humano.

El nopal ha representado, para los mexicanos, en su desarrollo histórico, uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural, ya que se utiliza como alimento, bebida alcohólica, dulce, forraje, cerco vivo, producto industrial, etc. Su valor cultural y biótico ha quedado plasmado en códices, pinturas y bibliografías antiguas, su significado histórico es evidente.

El mucílago de nopal en algunas especies es tan pegajoso, que las personas que viven en comunidades rurales lo emplean como pegamento; llegó a ser tan importante ese uso que se industrializó en el sur de los Estados Unidos. Diego Rivera y Javier Guerrero, pintores mexicanos, emplearon en su técnica, la baba de nopal. Como ejemplo, se encuentran los murales de la Secretaría de Educación Pública. En México se ha utilizado el mucílago de nopal en combinación con cal porque aumenta sus propiedades adhesivas y mejora su repelencia al agua (Figura 1). Por sus propiedades adhesivas, se ha usado de forma similar al yeso en paredes de adobe y ladrillo y también como una barrera al agua en el estuco (Favela 2013).



Figura 1.- Códice Mendoza

El género *Opuntia*, en su sentido comprensivo, está formado por unas 300 especies que se distribuyen desde el estrecho de Magallanes hasta el sur de Canadá, es decir, por todo el continente americano, salvo en sus extremos meridional y septentrional.

Así, no es de extrañar que, sin desmentir sus caracteres generales, adopte una gran cantidad de formas, incluso aquellas modificadas por el cultivo. El género *Opuntia ficus indica* se muestra en la figura 2, es cultivado para consumo como nopal verdura (Villaseñor, 2008).



Figura 2.- *Opuntia Ficus indica*

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.

Comúnmente, las plantaciones viven de 5 a 7 años, en ocasiones hasta los 10 con buenos rendimientos; en terrenos con pH neutro, con prácticas adecuadas de cultivo y sin problema de plagas puede llegar vivir hasta los 80 años, para el caso de las plantaciones de explotaciones intensivas, solamente alrededor de 3 años (Figura 3).



Figura 3.- Penca de nopales silvestres

A nivel nacional los principales estados productores son: en el centro-norte, los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Jalisco y Guanajuato; y en el centro-sur, que incluye los estados de Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Querétaro y Oaxaca.

La explotación comercial más importante de poblaciones silvestres productoras de tuna se lleva a cabo en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Estado de México (El nopal en México, 2024).

A continuación, se presenta una breve descripción de los pasos a seguir para elaborar la pintura a base de nopal de acuerdo con la metodología propuesta. De acuerdo con datos proporcionados por locatarios de las comunidades donde se cosecha ésta cactácea, se recomienda la recolección de pencas jóvenes de entre 1 y 3 años, o bien, que vayan de un tamaño mediano a grande (30 x 20 cm) con la finalidad de tener un rendimiento considerable en la extracción de la resina. Posteriormente se retiran las espinas cuidadosamente con un machete o cuchillo con bastante filo.

Se recomienda el uso de guantes de carnaza para evitar cualquier pinchazo o urticaria causada por gloquidios. Para la extracción de la resina del nopal se recomienda ampliamente que la penca sea cortada en cubos de 2 cm x 2 cm.

Para extraer la resina de nopal, éste debe ser colocado en agua. De acuerdo con diversas pruebas experimentales por cada 10 L de pintura que deseen realizarse, deben adicionarse 6.7 L de agua por cada 6 kg. de nopal.

Se tapa el recipiente donde se coloque para evitar su contaminación y se deja reposando por un lapso de 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reposo, se destapa el recipiente y se retiran los cubos de nopal. Se filtra la resina obtenida para retirar pequeños residuos y obtener una mejor calidad.

Una vez obtenida la resina de nopal, se procede a mezclarla juntos con el resto de los componentes: caolín y dióxido de titanio. Para 10 L de pintura se requieren 4 kg. De caolín por 1.5 de dióxido de titanio. Concluido el proceso de mezclado, la pintura está lista para su aplicación.

Cuando se concluye el proceso de pintado, el resto de producto debe de almacenarse en algún recipiente y colocarse en un lugar fresco y seco para su mejor conservación. Cada que se requiera hacer uso de la pintura, ésta debe de mezclarse hasta obtener una solución homogénea y, de ésta manera, asegurar los mismos resultados.

A continuación, se presenta un diagrama a bloques que condensa la información anteriormente expuesta sobre el proceso de elaboración de pintura a base de nopal el cual consta de 6 etapas (Figura 4):

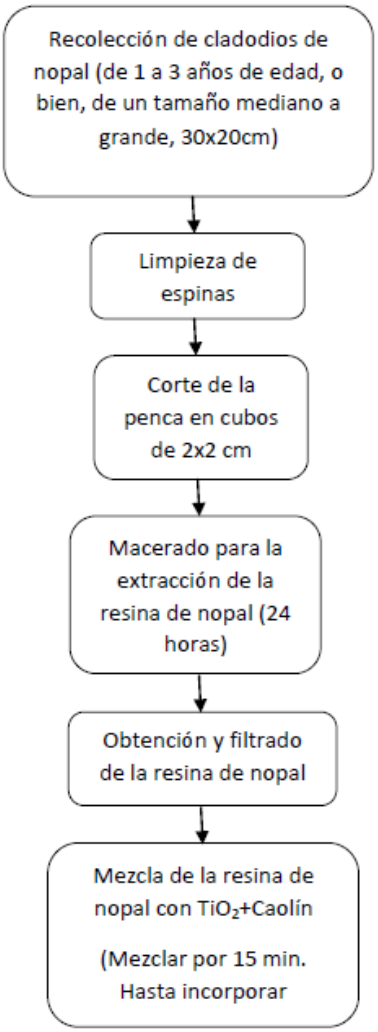


Figura 4.- Proceso artesanal de pintura base nopal

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.

DESARROLLO

La figura 4 representa el diseño de las partes principales del prototipo, conformada por: estructura de metal, motor con flecha, tanque de mezclado, dosificadores tipo tornillos sin fin, válvula de descarga y bomba sumergible.

.



Figura 5.- CAD del prototipo

Desde el tablero de control se manipula el arranque y paro del sistema mediante una botonera, se visualiza el estado del sistema mediante tres luces indicadoras: luz roja sistema en paro, luz verde sistema en marcha, luz ámbar-sistema en espera. Dicha botonera cuenta con una llave de arranque que debe ser introducida para iniciar el proceso, de ésta manera sólo se autoriza el mando al personal autorizado.

En el tablero de control se cuenta además con un controlador, variador de velocidad y circuito de acondicionamiento de señal del sensor LM35. La figura 6 muestra el tablero de control.



Figura 6.- Tablero de control

En la figura 7 se observa el tanque mezclador con los dosificadores de caolín y dióxido de titanio y el depósito para el suministro de agua.



Figura 7.- Tanque mezclador y dosificadores

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.

Para comenzar con la elaboración de la pintura, se recolectan las pencas de nopal (tantas como pintura se desee elaborar), se despinan y se cortan en cubos de 2x2 cm. Posteriormente se agregan al tanque de mezclado.
Para comenzar con el proceso, hay que introducir la llave, girarla y pulsar el botón de arranque, en este momento comienza el suministro de agua al tanque en la medida adecuada. Esta etapa comienza el calentamiento de la mezcla para la extracción de la resina de nopal, a través de la resistencia eléctrica y el accionamiento del agitador a una frecuencia de 20 Hz para homogeneizar la temperatura en todo el tanque, a la vez que se controla la temperatura en el rango de 78-82°C (Figura 8).



Figura 8.- Extracción de resina de nopal

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para comprobar el control de la temperatura dentro del rango de 78 a 82°C en el tanque de mezclado, se tomaron una serie de lecturas cada 3 minutos. Dichas tomas se realizaron para la elaboración aproximada de 10 L de pintura (6 kg. de nopal-6.7 L de agua). Los datos registrados de temperatura fueron tratados para su representación gráfica, el perfil de comportamiento de dicha variable en el tiempo se muestra en la figura 9.

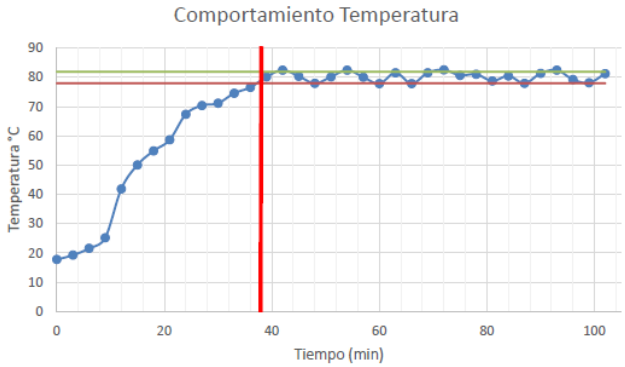


Figura 9.- Gráfica de temperatura del proceso

Posteriormente, para el proceso de mezclado se acciona el dosificador de caolín al mismo tiempo que el agitador está en funcionamiento a una frecuencia de 15 Hz. Una vez que ha terminado de suministrarse el caolín, se procede a accionar el dosificador de dióxido de titanio con el agitador accionado. De ésta manera se incorporar todos los ingredientes, obteniendo una mezcla homogénea. En la figura 10 se puede observar tal descripción.



Figura 10.- Dosificación de dióxido de titanio y caolín

Se realizaron 15 pruebas experimentales para caracterizar la dosificación de cada tornillo sinfín y con ello obtener un promedio de gramaje/tiempo y el margen de error de cada uno de ellos. Cada prueba tuvo una duración de 1 minuto.
Concluido el proceso de mezclado, la pintura está lista para su aplicación. Cabe destacar que, debido a su composición, su uso se limita únicamente a superficies porosas como ladrillos, piedras y muros. Puede ser aplicada en interiores como en exteriores, a la intemperie debe de ser protegida de la lluvia (Figura 11).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. DE-11, pág.: 1 a la 6.



Figura 11.- Aplicación de figura en muro

Finalmente, el sobrante de pintura puede almacenarse en cualquier recipiente de vidrio o plástico. Antes de utilizar la mezcla, debe revolverse hasta obtener una solución homogénea (Figura 12).



Figura 12.- Almacenamiento de pintura sobrante

CONCLUSIONES

Durante la realización de este proyecto se implementó un prototipo semiautomático para la elaboración de una pintura ecológica a base de baba de nopal. Dicho prototipo mejoró la trazabilidad del proceso para la obtención de las resinas de nopal a través de la implementación de un control en lazo cerrado tipo ON/OFF con histéresis, el cual reguló la temperatura de la mezcla agua-nopal en un rango de 78 a 82°C durante una hora, de ésta manera se obtuvo el mayor rendimiento de extracción de baba de nopal.

Asimismo, se redujo el tiempo de obtención de la resina de 24 horas, como se realizaba de manera manual, a 1 hora con 40 minutos aproximadamente, para una producción de 10 L de pintura (relación 1 kg. de nopal por 1.1 L de agua). Sin embargo, éste tiempo puede variar en función de la cantidad de pintura que se desee fabricar.

En cuanto al sistema de dosificación de tornillo sin fin se obtuvo un error del ±9% con el dióxido de titanio y un error de ±6% con el caolín; dicho margen de error no afecta la calidad de la pintura, debido a la naturaleza del producto.

Con este proceso se logra también aprovechar las pencas de nopal que son regularmente tratadas como desecho, debido a la poda cotidiana que se realiza a los nopales tuneros, dándole a estos un uso para la elaboración de una pintura ecológica, económica y accesible a cualquier sector de la población.

Finalmente, la pintura a base de nopal se adecua para la aplicación en superficies porosas, como madera, piedra, muros y concreto, siendo susceptible a degradación si se expone a condiciones de lluvia y alta humedad. Cabe mencionar, que pese a sus limitaciones, la fabricación de ésta pintura es económica, en comparación con otras pinturas convencionales comerciales y puede ser utilizada de igual manera como medio decorativo y protección de superficies en interiores.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

El nopal en México (2024). *Arqueología Mexicana*.

Favela, B. G. (2013). Mucíalgo de nopal (Opuntia spp.) sobre propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo. Montecillo, Texcoco, Estado de
México, México.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2024). Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B273.aspx

Villaseñor, M. A. (2008). Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. Valencia.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Frida Janine Razo Bedolla: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN.

Miriam Gómez Álvarez: Ingeniera Bioquímica egresada de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Maestra en Ciencias en Ingeniería Química egresada de SEPI ESIQIE del IPN.

Armando Josué Piña Díaz: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN, Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación SEPI Zacatenco.

Mauricio Aarón Pérez Romero: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación SEPI Zacatenco.

Juan Carlos Aguilar Valencia: Ingeniero en Control y Automatización egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco del IPN.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo financiero parcial del proyecto 20240322 proporcionado por la SIP/IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EF-02, pág.: 1 a la 4.

Práctica de capacitancia aplicando el método de aprendizaje significativo, para la asignatura de electricidad y magnetismo de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica

Ramón Osorio Galicia[1], Cesar Rueda Angeles[2], Melody Cinthya Vicuña Gómez[3], Angel Rueda Angeles[4], Ricardo Gaitán Lozano[5]

RESUMEN

En la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica se ofrece la asignatura teórica-practica de Electricidad y Magnetismo. Se tiene un manual con diez prácticas de los diferentes temas que se indican en el temario de la asignatura. Por general en las prácticas se tratan fenómenos en donde se demuestran o comprueban las situaciones teóricas, pero no se relacionan los fenómenos y leyes con aplicaciones en la naturaleza, en el hogar o en la industria. Lo anterior se refleja en el poco interés o deserción de los alumnos. Para tratar de disminuir el problema mencionado se propone aplicar el método de Aprendizaje Significativo, donde se busca relacionar lo aprendido en el laboratorio con situaciones que el alumno conoce con antelación, para al final tener un conocimiento más amplio y con fundamentos científicos.

En la práctica se solicita al alumno realice un cuestionario previo donde se preguntan conceptos teóricos y aplicaciones de los fenómenos, leyes, reglas y dispositivos; posteriormente se presentan ejemplos de aplicaciones de los dispositivos que se van a analizar en la práctica; se realizan los experimentos y al final a través de un cuestionario se comprueba si realmente el alumno logro tener un conocimiento amplio del dispositivo que se utilizó, o fenómenos que se analizaron. En este caso se realizó la práctica de Capacitancia y capacitores, considerando la forma geométrica y diferentes tipos de dieléctricos.

ABSTRACT

In the Mechanical Electrical Engineering career, the theoretical-practical subject of Electricity and Magnetism is offered. There is a manual with ten practices of the different topics indicated in the subject syllabus.

In general, practices deal with phenomena where theoretical situations are demonstrated or verified, but phenomena and laws are not related to applications in nature, in the home or in industry. This is reflected in the lack of interest or dropout of students. To try to reduce the aforementioned problem, it is proposed to apply the Significant Learning method, where it is sought to relate what is learned in the laboratory with situations that the student knows in advance, in order to have a broader knowledge and with scientific foundations.

In practice, the student is asked to complete a preliminary questionnaire where theoretical concepts and applications of phenomena, laws, rules and devices are asked; Later, examples of applications of the devices that will be analyzed in practice are presented; The experiments are carried out and at the end, through a questionnaire, it is checked if the student really managed to have extensive knowledge of the device that was used, or phenomena that were analyzed. In this case, the practice of Capacitance and capacitors was carried out, considering the geometric shape and different types of dielectrics.

Palabras claves: electricidad, capacitancia, capacitor, aprendizaje significativo, dieléctrico.

INTRODUCCIÓN

La parte experimental en las asignaturas teórico-prácticas permite reafirmar los conocimientos teóricos y realizar análisis de fenómenos y conocimiento de uso y manejo de diferentes equipos y dispositivos. En el laboratorio de Física de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se ofrece la asignatura de Electricidad y magnetismo para diferentes carreras de ingeniería. Existe un problema recurrente de deserción y reprobación, se considera entre otros factores que el alumno no ve una relación directa entre lo los fenómenos y dispositivos con situaciones de vida cotidiana (medio ambiente, aparatos eléctricos, entre otros), es por lo anterior que se propone utilizar el método de aprendizaje significativo, es decir donde el alumno con los conocimientos previos que tiene de algún fenómeno o dispositivo y los conocimientos que obtiene en el desarrollo de las prácticas, puede primeramente observar que no son simplemente situaciones teóricas y por otra parte el conocimiento que tenia se amplia de una forma científica.

Lo que se pretende es que el alumno a través de un cuestionario previo tenga conocimientos teóricos y algunas aplicaciones de los fenómenos o dispositivos a tratar. A continuación, se le presentan ejemplos (cotidianos accesibles al alumno) en donde se aplican los conocimientos que van a adquirir y que en muchos casos ya cuentan con algunos de ellos. Se procede a realizar la práctica y

FES-CUATITLÁN, UNAM, Departamento de Física, rosoriog@unam.mx[1], cruedaa@comunidad.unam.mx[2], melcivigo@cuautitlan.unam.mx[3], raa_rueda@comunidad.unam.mx[4], rgaitan@unam.mx[5].
. Información de adscripción, grados del autor y coautores del artículo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EF-02, pág.: 1 a la 4.

finalmente se les presenta un cuestionario de opción múltiple donde se puede observar si el alumno adquirió los conocimientos planteados en los objetivos de la práctica. Para el desarrollo de este trabajo se escogió la práctica de Capacitancia, considerando que la aplicación de capacitores es muy amplia, en este caso nada más se trataran algunos ejemplos tipo.

DESARROLLO

En la práctica de capacitancia primeramente se les muestra como un capacitor de placas planas paralelas varia su valor en función de los parámetros geométricos y la permitividad eléctrica, ecuación 1.

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \qquad (1)$$

C= Capacitancia
A= Área
d= Distancia
ε = Permitividad eléctrica

Con el capacitor de placas paralelas se va variando la distancia y adquiriendo los valores donde se observa que a mayor distancia menor será la magnitud de su valor, figura 1.

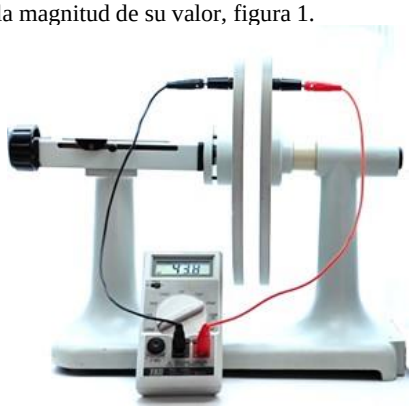


Figura 1. Medición de capacitancia variando la distancia entre placas ((Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

También se utiliza el capacitor de placas paralelas para introducir entre las placas diferentes tipos de materiales dieléctricos y a partir de las mediciones observar el efecto sobre el valor de capacitancia (aumento de valor), obteniendo la permitividad relativa (Kr >1), figura 2.

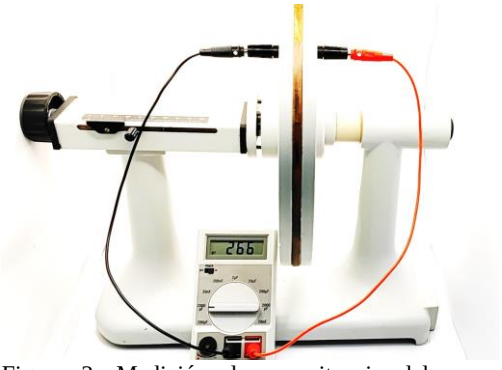


Figura 2. Medición de capacitancia del capacitor de placas paralelas con dieléctrico (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

Se considera que una función principal del capacitor es almacenar energía, para demostrar esto se conecta un Capacitor a una fuente de poder para cargarlo y posteriormente se desconecta y se alimenta un LED para demostrar que el capacitor almaceno energía eléctrica, figura 3.

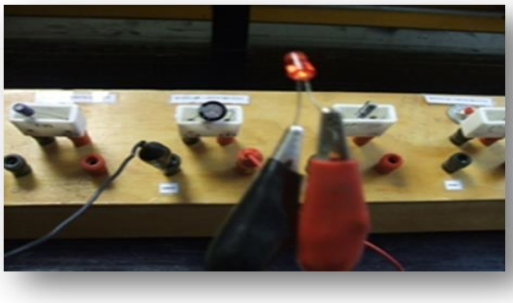


Figura 3. Encendido de un LED a partir de la carga almacenada en un capacitor (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

También se muestra, como un capacitor se utiliza como regulador de voltaje, esto a partir de utilizar una fuente escalonada en donde se puede observar como la salida de corriente directa presenta un voltaje de rizo, figura 4 (Fotografía)



AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EF-02, pág.: 1 a la 4.

Figura 4. Voltaje de corriente directa con un voltaje de rizo. (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

Posteriormente se pone en paralelo a la salida de la fuente un capacitor y se observa cómo el voltaje de rizo se compensa y se tiene una señal de corriente continua, figura 5.



Figura 5. Señal de corriente continua, cuando se compenso el rizo con el capacitor. (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

Otra aplicación del capacitor es el de filtro para señales, en este caso se activa una bocina a través de la conexión de un generador de señales, figura 6.



Figura 6. Conexión de una bocina a un generador de señales, para producir un sonido. (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

El procedimiento es; escuchar el sonido que se genera y posteriormente conectar en paralelo a la bocina capacitores de diferentes valores y escuchar la diferencia en el sonido producido por la bocina, figura 7

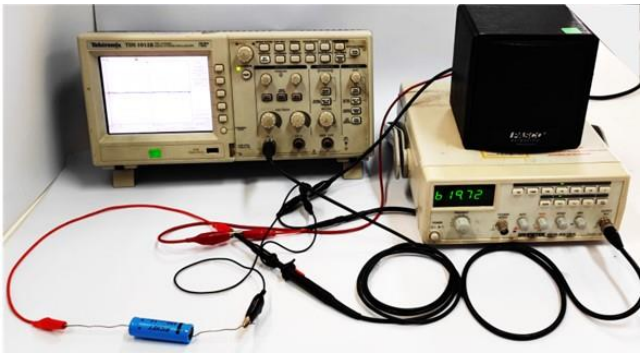


Figura 7. Conexión de una bocina a un generador de señales, con capacitor como filtro. (Fotografía, claustro Electricidad y Magnetismo)

ANÁLISIS

El alumno por general tiene la idea que al alejar dos cables cargados la probabilidad de alguna descarga eléctrica va disminuyendo, cuando variamos la distancia en un capacitor nos damos cuenta que el valor de la capacitancia disminuye dando como resultado que la energía eléctrica que puede almacenar sea menor, como se puede observar en la ecuación 2. Obviamente al acercar las palcas la energía que puede almacenar va a ser mayor.

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \left[J \right] \qquad (2)$$

Por otra parte, podemos observar en la ecuación1, si el área cambia podemos cambiar el valor de la capacitancia y considerando que es un filtro, si la aplicación es en un sintonizador de radio se tendría un cambio de estación en el radio, si fuera en un televisor el capacitor vario su valor da como resultado en un cambio de canal de televisión.

Para el caso donde se pone entre las placas de un capacitor un dieléctrico diferente al aire este incrementa el valor de la capacitancia si consideramos que Kr siempre va a ser mayor a la unidad, con lo que el alumno debe saber que si tiene que aumentar la capacitancia tendrá que utilizar un material aislante.

Cuando se realiza el experimento para verificar que los capacitores almacenan energía, primeramente, se hace del conocimiento al estudiante que siempre se debe asegurar que el capacitor este sin carga, de lo contrario puede sufrir una descarga eléctrica de forma súbita. También se le indica que se puede utilizar la energía almacenada, en circuitos electrónicos para producir una chispa (por ejemplo encendido electrónico en estufas o boiler), o para producir

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EF-02, pág.: 1 a la 4.

descargas muy rápida como en el flash de las cámaras fotográficas, entre otras aplicaciones.

También es importante que el alumno conozca que las fuentes rectificadoras se pueden presentar voltajes de rizo y que los capacitores sirven para compensar y regular el voltaje obteniendo corriente continua.

Con el experimento donde se genera ruido a partir del generador y la bocina, el alumno puede oír como se suprime un determinado ruido (filtrar) y que este fenómeno depende principalmente de la frecuencia que se maneja y que en automático el capacitor va a presentar una reactancia capacitiva, es decir a una frecuencia va a tener una resistencia óhmica determinada, qué permitirá el paso de la onda o no. Dentro de muchas aplicaciones tenemos a los ecualizadores y consolas de audio.

Como se puede ver la cantidad de aplicaciones de los capacitores es muy amplia, los ejemplos sugeridos deben ser accesibles a lo que conocen los alumnos para que les despierte interés en los diferentes temas que se analizan en el laboratorio.

CONCLUSIÓN

Se encontró que al aplicar la metodología del aprendizaje significativo a un grupo piloto de estudiantes (10) de laboratorio de electricidad y magnetismo y a los servicios sociales que trabajan en el proyecto PAPIME, que los resultados fueron favorables y los comentarios sobre los temas a tratar en las prácticas los pudieron relacionar con situaciones que normalmente conocían, como aparatos, sistemas, dispositivos, entre otros. Se observo que la metodología aplicada, hace que el alumno se interese por cursar el laboratorio y por ende no desertar.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Serway, Raymond A. y Jewett. John W. (2019). F*ísica para ciencias e ingeniería 2*, Décima edición. CENGAGE, México.
2. Sears, Zemansky (2018) Física Universitaria Volumen 2, Décima segunda edición. Addison – Wesley.
3. PASCO. (2019). Sensor. Noviembre 20, 2019, de PASCO Sitio web: https://www.pasco.com/products/sensors
4. PASCO. (2019). PASCO Capstone Download. noviembre 20, 2019, de PASCO Sitio web: https://www.pasco.com/downloads/capstone.
5. PASCO. (2019). 850 Universal Interface. noviembre 20, 2019, de PASCO Sitio web: https://www.pasco.com/products/interfaces-and-dataloggers/UI-5000.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ramón Osorio Galicia: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM Maestro en Ingeniería Metal Mecánica egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM
Doctorado en Educación egresado de la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

Rueda Angeles César: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Ingeniería UNAM.

Melody Cinthia Vicuña Gómez: Ingeniero en alimentos, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Estudiante de maestría en educación y docencia.

Rueda Angeles Ángel: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

Gaitán Lozano Ricardo: Licenciado en matemáticas y física egresado del IPN, maestría en física egresado del INP, doctor en ciencias (física) egresado del Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CIVESTA).

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-01, pág.: 1 a la 4.

La importancia de la propiedad intelectual en la ingeniería

***Edgar Baldemar Aguado Cruz*, Francisco José Rodríguez Ramírez, Benigno Salvador Santamaría ***

RESUMEN

El ingeniero tiene como misión fundamental el desarrollar tecnología que sea innovadora y contribuya al mejoramiento de la vida de los seres humanos y de la sociedad en general, en múltiples rubros, además de realizar trabajos de investigación básica y aplicada que puedan contribuir en el desarrollo de la ciencia, esto es el ingeniero crea y fomenta el desarrollo científico y tecnológico, encaminado a mejorar el nivel y calidad de vida de la sociedad que lo rodea.

Para salvaguardar los trabajos que realizan los ingenieros es necesario que estos estén protegidos legalmente a nivel nacional e internacional (de acuerdo a lo que se establezca en los tratados o convenios en los que se tiene participación), otorgando el crédito correspondiente a las personas que trabajaron y elaboraron dichos desarrollos e investigaciones, para lo cual existe la propiedad intelectual en sus diversas modalidades.

En este artículo, el objetivo es presentar de manera muy general y sintética, cuáles son las principales figuras de protección que otorga la ley mexicana para salvaguardar la propiedad intelectual y en específico, la propiedad industrial de los ingenieros, ya sea que estos se dediquen a desarrollo e innovación de tecnología o al desarrollo y difusión de investigación básica y/o aplicada.

La propiedad industrial es de suma importancia para el ingeniero, ya que además de salvaguardar los derechos de creación, sirve también como una forma de explotar y comercializar los desarrollos y productos que fueron el fruto de su esfuerzo y trabajo continuo

ABSTRACT

The fundamental mission of the engineer is to develop technology that is innovative and contributes to the improvement of the lives of human beings and society in general, in multiple areas, in addition to carrying out basic and applied research work that can contribute to the development of science, that is, the engineer creates and promotes scientific and technological development, aimed at improving the level and quality of life of the society that surrounds him.

To safeguard the work carried out by engineers, it is necessary that they be legally protected at a national and international level (according to what is established in the treaties or agreements in which they participate), granting the corresponding credit to the people who worked. and developed said developments and research, for which intellectual property exists in its various modalities.

This article presents in a very general and synthetic way what are the main protection figures granted by Mexican law to safeguard intellectual property and specifically, the industrial property of engineers, whether they are dedicated to development and innovation. of technology or the development and dissemination of basic and/or applied research.

Industrial property is of utmost importance for the engineer, since in addition to safeguarding the rights of creation, it also serves as a way to exploit and market the developments and products that were the fruit of his effort and continuous work.

Palabras claves: Propiedad intelectual, ingeniería, propiedad industrial, protección.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del ejercicio profesional, los ingenieros se dedican a realizar actividades de investigación básica y de investigación aplicada, de este último tipo de investigaciones y demás trabajos similares, logramos crear, desarrollar, actualizar y adaptar tecnología en las diversas áreas de la ingeniería.

Es por ello que los ingenieros fungen como los actores principales del desarrollo científico y tecnológico en los diferentes rubros de nuestra área de conocimiento, por lo tanto, no solo debemos enfocarnos en nuestros desarrollos, sino que también debemos saber como proteger nuestro trabajo y para eso, en el país y en el mundo contamos con la figura de la propiedad intelectual, las cual nos permite evitar que nuestros esfuerzos sean plagiados, robados y/o explotados por personas que no cuenten con nuestro consentimiento.

ANTECEDENTES

La propiedad intelectual tiene como objetivo, el proteger la propiedad industrial, las creaciones literarias, los desarrollos

**UNAM,, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Ingeniería de Control y Robótica, edgar@dctrl.fi-b.unam.mx, frajora@yahoo.co.uk, beny@dctrl.fi-b.unam.mx, teléfonos 56223119, 56223109, Académicos de tiempo completo, Grado académico del autor Maestro en Ciencias, Coautores, Ingeniero mecánico electricista y Licenciado en administración respectivamente.*

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-01, pág.: 1 a la 4.

científicos y tecnológicos y demás creaciones que se deriven de dichos procesos.

El sistema legislativo en nuestro país, en el campo de la propiedad intelectual, está integrado por tres partes, las cuales tienen sus propias leyes y sus propias autoridades, dichos campos son:

a) La propiedad industrial
b) Derechos de autor y
c) Variedades vegetales

En el caso concreto de este artículo solo nos vamos a limitar a mencionar el campo de la propiedad industrial, no sin dejar de hacer mención que los otros dos campos también son de suma utilidad e importancia para los ingenieros en sus diversos campos de acción.

La propiedad industrial en México se encuentra regulada por la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial y por el Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial, principalmente, aunque también aplican los tratados firmados por el país en materia de propiedad industrial, tales como el Convenio de Paris y los tratados de comercio internacional (T-MEC, ADPIC, etc.)

La autoridad competente para realizar los trámites de propiedad industrial y resolver las controversias que se pudieran presentar a nivel nacional es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

A nivel internacional contamos con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), cuyo principal objetivo es fomentar la protección de la propiedad intelectual en todo el mundo mediante la cooperación de los Estados miembros y la colaboración con otras organizaciones internacionales. Su Sede se encuentra en Ginebra, Suiza.

DESARROLLO DEL TEMA

El ingeniero en su misión de crear y desarrollar tecnología, debe de tener siempre presente que su trabajo intelectual debe estar protegido para que así pueda evitar perjuicios tales como los plagios o explotaciones de sus desarrollos por personas que lucren con sus desarrollos sin contar con el debido consentimiento, así mismo la protección es una forma de preservar su trabajo y de otorgar un reconocimiento a los creadores y desarrolladores de los mismos.

Si bien existen licenciados en derecho y diversas firmas y bufetes que se encargan de realizar trámites relacionados con la propiedad industrial, es necesario que los ingenieros conozcamos las diversas figuras que comprenden la propiedad industrial y saber sus vigencias que las protegen, esto con el fin de que ambas partes puedan llegar a un mejor entendimiento, obviamente para esto se requeriría un curso sobre propiedad intelectual, sin embargo en este artículo mencionaremos de forma muy general las figuras existentes, para dar una noción sobre las mismas.

La propiedad industrial en México se divide básicamente en dos áreas o campos, los cuales a su vez cuentan con subdivisiones, de las cuales podemos mostrar la siguiente clasificación:

1) Creaciones industriales
   - Invenciones
   - Modelos de Utilidad
   - Diseños Industriales
     a) Dibujo industrial
     b) Modelo industrial
   - Esquema de trazado de circuitos integrados
   - Variedades vegetales
   - Secretos industriales o empresariales
2) Signos distintivos
   - Marca
   - Aviso comercial
   - Nombre Comercial
   - Denominación de origen

Dependiendo de lo que se pretenda proteger, se puede obtener ya sea una patente (invenciones), un registro (modelos de utilidad, diseños industriales, trazado de circuitos integrados, marca, avisos comerciales), título (Variedades vegetales) o una declaración de protección (denominación de origen).

Si analizamos las figuras de la propiedad industrial vemos que como ingenieros en nuestros diversos campos de acción ocupamos alguna de esas figuras, siendo tal vez la denominación de origen la única que podríamos decir que no ocupamos, no así la de las variedades vegetales que son muy ampliamente ocupadas por los ingenieros químicos, en alimentos y agrícolas.

Todos estos derechos de propiedad industrial son derechos exclusivos, es decir, solo la persona que los ostenta los puede usar para el fin que mejor le convenga, además hay que hacer mención que son de carácter nacional, si se desea protección internacional, se tiene que, primero proteger en México y después buscar y cumplir con los convenios y normas para poder proteger en los países que uno tenga interés en realizar dicha protección.

Ahora bien, describamos de manera sucinta cada una de las figuras mencionadas anteriormente.

La invención. Es toda aquella creación de carácter tecnológico que produce un resultado táctico en el mundo real y se protege por medio de una **patente**. La patente es un certificado que otorga exclusividad para poder explotar el invento, en este documento refleja quienes son el inventor o inventores, así como quienes son los dueños de los derechos. Para el otorgamiento de una patente se deben de cumplir tres requisitos básicos a saber los cuales son:

I. Novedad
II. Actividad Inventiva
III. Aplicación Industrial

Una vez otorgada la patente, se tiene plazo máximo de un año para poderla patentar en cualquier parte del mundo, la duración de una patente en el país es de 20 años improrrogables, y a partir de su

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-01, pág.: 1 a la 4.

vencimiento entra en el dominio público y cualquiera puede explotarla libremente.

Modelo de utilidad. Protege inventos y tecnologías que se pueden considerar como pequeñas invenciones o inventos menores, así mismo protege también a las mejoras de inventos ya existentes, su duración es de 10 años improrrogables. La legislación mexicana permite poder oscilar o cambiar entre el modelo de utilidad y la patente.
Diseños industriales. Estos son creaciones de carácter estético aplicado a la industria, y se dividen en dos, **los dibujos industriales**, cuya característica es que se encuentra en dos dimensiones, es decir es plano y en **los modelos industriales**, los cuales están en tres dimensiones, esto es tienen volumen. Cualquiera de estos diseños industriales se puede proteger por hasta quince años improrrogables.

Esquema de trazado de circuitos integrados. Estos consisten en una combinación de elementos o interconexiones originales para la creación de trazados o fabricaciones de circuitos integrados y su duración es de diez años improrrogables.

Variedades vegetales. A pesar de que tradicionalmente se consideran como una creación industrial, también se puede considerar a estas como una tercera rama de la propiedad intelectual, ya que existe una ley en especifico para este punto, la cual es la Ley de Variedades Vegetales, el registro de estas puede durar entre 14 y 16 años improrrogables.

Secretos industriales o empresariales. Estos se refieren a información confidencial que representa una ventaja económica y competitiva frente a los consumidores. Esta información no debe de ser obvia a los expertos en la materia.
Esta figura no se registra, solo se maneja por medio de contratos de confidencialidad y otras medidas de protección, las cuales, al ser violadas, pueden generar cualquiera de los siguientes tres delitos: Apoderamiento de la información, revelación del secreto y explotación de la información por terceros.

Marcas. Son todo signo visible con el que se distingue con otros de su misma especie y género en el mercado. Esto es, identifican los productos o servicios y se pueden distinguir con un nombre, una etiqueta, una forma tridimensional. Las marcas pueden ser nominadas, tridimensionales o mixtas.
Las marcas se protegen mediante el registro de marca, el cual tiene una duración de diez años prorrogables, en este caso no cae en el dominio publico a su vencimiento, para realizar su renovación se tiene que hacer esta, seis meses antes de que expire o en su caso, se tiene un plazo de hasta seis meses después de que se venció, en caso de no renovarse el signo queda disponible, esta protección solo es de carácter nacional.

Aviso comercial. Son frases u oraciones que apoyan a la marca en el mercado, prácticamente son los "slogan" que aluden a un producto y ya sea que este incluya o no a la marca. En esta figura se otorgan derechos de exclusividad durante 10 años prorrogables.

Nombre comercial. Es el rotulo o nombre del establecimiento, este se protege desde el momento en que se utiliza, es decir, nace con el uso, para este no es necesario hacer registro, su alcance es limitado y solo protege la zona geográfica de clientela efectiva.
En el trámite de publicación del nombre comercial, se solicita que el nombre se publique en la gaceta y su efecto es una presunción de buena fe y su duración es de diez años y se puede prorrogar.
Denominación de origen. Es el nombre de una región geográfica aplicado a productos de calidad única e irrepetible. Esto es que deben de existir ciertas condiciones de clima, altura y demás que especifiquen el producto, les da las características especiales, también se incluyen factores históricos y del proceso.
El dueño de este derecho es el Estado a través de una declaratoria de protección y los empresarios piden autorización al Estado paras usar la denominación de origen. Las denominaciones de origen se tramitan ante el Instituto Mexicano de la propiedad Intelectual (IMPI), pero el registro internacional, se da por el acuerdo de Lisboa a través de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), este registro no obliga a nada ni sanciona a nadie.
Se cuenta con una Norma Oficial Mexicana (NOM), que es la que establece los requisitos para usar las denominaciones de origen y el tiempo de duración es mientras se conserven las condiciones que incidan en el producto.

CONCLUSIONES

Nosotros como ingenieros en nuestros diversos campos de acción, estamos obligados a ser los artífices de los desarrollos científicos y tecnológicos y por obvias razones, lo que pretendemos además de contribuir al desarrollo científico y tecnológico del país, es ser reconocidos y saber explotar nuestro trabajo, es por ello que requerimos de saber cómo proteger nuestro trabajo, para así evitar que otras personas nos roben el fruto de nuestro esfuerzo (sustracción de forma parcial o total del trabajo realizado), o bien lucren con el mismo, sin otorgarnos ningún beneficio.

Es por ello que estamos obligados a conocer la propiedad intelectual y sepamos que es lo queremos proteger de manera adecuada y acorde a nuestros intereses personales, hay que recordar que hoy en día vivimos en un mundo globalizado, por lo que también es importante que la protección de nuestra propiedad intelectual, no solo se realice en nuestro país, sino que también podamos realizarla en aquellos países donde a nuestro criterio nos podría otorgar beneficios.

El conocer la propiedad intelectual, además de garantizar la protección y reconocimiento de nuestro trabajo, también nos sirve para poder garantizar que nuestros desarrollos se encuentren debidamente normados, regulados y protegidos por las leyes, ya que al vivir en un estado de derecho y en una sociedad, debemos de cumplir siempre con el marco jurídico nacional.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-01, pág.: 1 a la 4.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial*, https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, *Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial*, https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPI_161216.pdf

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Edgar Baldemar Aguado Cruz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la UNAM, Maestro en Ciencias Químicas en el área de Gestión de Tecnología egresado de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM. Licenciado en Derecho por la Facultad de Derecho de la UNAM. Técnico Académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Control y Robótica.

Francisco José Rodríguez Ramírez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Ingeniería UNAM, Diploma en Microprocessors and digital electronics, University of Manchester, Institute of Science and Technologie. Académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Ingeniería de Control y Robótica.

Benigno Salvador Santamaría: Licenciado en Administración, egresado de la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM Técnico Académico de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería UNAM. División de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Control y Robótica.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

Propuesta de programa de estudio para la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración, para la carrera de IME de la FES Cuautitlán

Víctor Hugo Hernández Gómez, Gilberto Chavarría Ortiz, Omar Olvera García*

RESUMEN

El proyecto PAPIME PE102724 contempla como una de sus actividades la actualización del temario y apuntes de la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración, por lo cual, en el presente documento describe el proceso que se realizó para actualizar el temario de la asignatura del plan de estudios de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista de la FES Cuautitlán. Se presentan los resultados de una revisión a los programas de estudio de otras escuelas tanto de la UNAM como externas a ella, con carreras similares. Se hace una pequeña comparación de temarios y se realiza una propuesta del programa de estudio para la asignatura en cuestión.

ABSTRACT

The PAPIME PE102724 project contemplates as one of its activities the updating of the syllabus and notes of the subject of Air conditioning and refrigeration, therefore, this document describes the process that was carried out to update the syllabus of the subject of the curriculum. of the Mechanical Electrical Engineer degree from the FES Cuautitlán. The results of a review of the study programs of other schools, both at UNAM and external to it, with similar careers, are presented. A small comparison of syllabi is made and a study program proposal is made for the subject in question.

Palabras claves: Actualización, programa de estudio, aire acondicionado, plan de estudios.

INTRODUCCIÓN

El plan de estudios 2012 de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, tiene una duración de nueve semestres en un sistema escolarizado, que comprende 53 asignaturas (48 obligatorias, 3 obligatorias de elección y 2 optativas), con un total de 416 créditos. El plan de estudios cuenta con seis campos terminales, los cuales son energía, diseño mecánico y fabricación, mecatrónica, sistemas potencia, ingeniería en iluminación y utilización de la energía eléctrica.

Actualmente tiene como objetivo, [1] formar profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica, que sean capaces de diseñar, innovar, desarrollar, integrar, planear, generar tecnología y mejorar los niveles de calidad para incrementar la productividad y competitividad de la industria de la transformación, metal-mecánica y en el ramo de la industria eléctrica en sus áreas de generación, transmisión y distribución, para beneficio de la sociedad.

La asignatura de Aire acondicionado y refrigeración con clave 1902 se imparte de forma obligatoria en el módulo terminal de Energía en el noveno semestre de la carrera, con tres horas de enseñanza teórica y dos horas de taller, dando un total de 8 créditos. La finalidad de esta asignatura es la de ofrecer alternativas para modificar la temperatura y humedad de un espacio empleando equipos convencionales o energías renovables.

La crítica al temario de la asignatura se divide en las siguientes secciones:

Enfoque en otros Planes de estudio de la UNAM
Enfoque en otros Planes de estudio externos a la UNAM
Objetivo del programa de estudios de la asignatura
Nivel previo de los estudiantes
Relación horizontal y vertical de la asignatura
Programa de estudios
Técnicas de enseñanza y Mecanismos de evaluación
Bibliografía
Propuesta del programa de estudios
Conclusiones

ENFOQUE EN OTROS PLANES DE ESTUDIO DE LA UNAM

En la UNAM, solo la FES Cuautitlán imparte la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica, la Facultad de Ingeniería y la FES Aragón imparten las licenciaturas en Ingeniería Mecánica. En ambos planes de estudios se incluye la asignatura en cuestión.

La asignatura de Aire acondicionado y refrigeración en la Facultad de Ingeniería menciona [2] cuenta con 10 créditos, es optativa del módulo de especialización con cuatro horas de teoría y dos de laboratorio, se imparte en noveno o décimo semestre y tiene como objetivo que el alumno aplicará el conocimiento teórico y práctico en el cálculo y selección de los equipos de aire acondicionado y refrigeración para usos industriales, de confort humano, de conservación de alimentos, etc. El temario de la asignatura incluye los temas de Propiedades del aire y procesos de acondicionamiento, Condiciones de confort, sistemas de aire acondicionado, Cálculo de sistemas de aire acondicionado, Sistemas auxiliares, Refrigeración, Ahorro de energía en sistemas de aire acondicionado y refrigeración. Al compararlo con el temario actual de la FESC se puede observar que los conceptos básicos y procesos psicrométricos están incluidos en ambos temarios, la parta de la carga térmica y sistemas pasivos de

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería, vichugo@unam.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

climatización se ven con más profundidad en el temario de la FESC, pero la parte de ahorro de energía se ve con menor profundidad.

En la FES Aragón, [3] el temario de Aire acondicionado y refrigeración tiene 10 créditos, se imparte con cuatro horas de teoría y dos de práctica. Es una asignatura optativa que se imparte desde el octavo semestre y tiene como objetivo evaluar los diversos equipos empleados en el acondicionamiento de aire para confort humano y a nivel industrial, a partir de sus características y procesos psicrométricos. El temario incluye los temas Tablas y cartas psicrométricas, Procesos psicrométricos, Humidificación y deshumidificación, Características del aire suministrado, Condiciones de comodidad, Calefacción, Refrigeración. Al comparar el temario de la asignatura con el de la FESC se puede observar que la parte conceptos generales, psicrometría, diseño y cálculo de sistemas activos es similar, pero no se incluyen las alternativas de climatización y ahorro de energía que se tienen en el de la FESC.

ENFOQUE EN OTROS PLANES DE ESTUDIO EXTERNOS A LA UNAM

La Universidad Veracruzana [4] cuenta con la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica, la asignatura de refrigeración y aire acondicionado está en el área de conocimientos de termofluidos, es una asignatura optativa que se imparte en noveno o décimo semestre. Cuenta con dos horas de teoría y dos de práctica con un total de seis créditos. Su propósito es brindar a los estudiantes las herramientas para diseñar, dimensionar, operar y dar mantenimiento a sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Su temario incluye Principios de la refrigeración, Sistemas de refrigeración por compresión, Sistemas de refrigeración por absorción, Psicrometría, Cálculo de carga térmica, Diseño de ductos y Cámaras frigoríficas. Al comparar el temario de la Universidad Veracruzana con el de la FESC, se puede observar que este temario está orientado más a la parte de refrigeración que en el de la FESC es el último capítulo. El de la FESC le da más peso al acondicionamiento del aire.

La Universidad de Guadalajara cuenta con la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica [5], la asignatura de Refrigeración y aire acondicionado se imparte en forma optativa en octavo y noveno semestre, tiene dos y media horas de teoría y dos de laboratorio con un total de 7 créditos. Tiene como objetivo formar al estudiante en los atributos de la carrera con un nivel de dominio de conocimiento, cálculo y análisis de los principios de funcionamiento de refrigeración, con lo cual completará el eje curricular de máquinas y equipos térmicos para tener de esta manera una preparación adecuada de ingeniería aplicada según los requerimientos actuales en ingeniería. Contempla los temas de Refrigeración, Aislamiento Térmico, Refrigerante Sistema de refrigeración mecánica, Análisis del ciclo de refrigeración, Carga térmica de refrigeración, Aire acondicionado, Psicrometría, Sistemas de aire acondicionado. Al comparar su temario con el de la FESC se puede observar que están enfocados principalmente a la refrigeración y en menor medida al acondicionamiento del aire, en el caso de la FESC se da más peso al acondicionamiento del aire y sólo un capítulo de refrigeración.

OBJETIVO DE LA ASIGNATURA

El objetivo de la asignatura es “Al finalizar el curso, el alumno tendrá los conocimientos necesarios para modificar la temperatura y humedad de un espacio en la industria o vivienda. Comprenderá el diseño tanto de un sistema convencional como el de un sistema pasivo. Será capaz de reducir la carga térmica del espacio a climatizar mediante el empleo de aislantes térmicos en la envolvente de la edificación y el empleo de la arquitectura solar o bioclimática”.

Considerando los objetivos y temarios de las otras instituciones ya sea de la UNAM o externas a ella, se considera que el objetivo actual contempla la parte de acondicionamiento del aire pero no refiere a la parte de refrigeración, por lo cual es necesario incluirlo. Además, es necesario hacer algunas precisiones a la parte del acondicionamiento del aire.

Se propone como nuevo objetivo el siguiente: “Al finalizar el curso, el alumno tendrá los conocimientos necesarios para modificar la temperatura y humedad de un espacio en la industria o vivienda, empleando sistemas de climatización tanto convencional como pasivo. Será capaz de reducir la carga térmica del espacio a climatizar mediante el empleo de aislantes térmicos en la envolvente de la edificación, la vegetación y el aprovechamiento del sol y el viento. Por último, conocerá los principales sistemas de refrigeración, sus componentes y características.”

NIVEL PREVIO DE LOS ESTUDIANTES

Para que los estudiantes comprendan los conceptos de la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración, es necesario que manejen conocimientos sobre temperatura, calor, psicometría y transferencia de calor. Estos conocimientos son impartidos en las asignaturas de Termodinámica (2º semestre), Mecánica de fluidos (4º semestre), Laboratorio de mecánica de fluidos (7º semestre), Laboratorio de máquinas térmicas (7º semestre) y Transferencia de calor (8º semestre), las cuales se imparten previas al semestre donde se imparte la asignatura (9º semestre), por lo que el alumno que ya las aprobó tiene el nivel suficiente para comprender y aprender esta asignatura.

RELACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA ASIGNATURA

La asignatura se imparte en el noveno semestre, los conocimientos básicos que se pudieran emplear para comprender esta asignatura están repartidos en asignaturas previas como Termodinámica, Mecánica de fluidos, Laboratorio de mecánica de fluidos, Laboratorio de máquinas térmicas y Transferencia de calor por lo que no hay problema con la relación vertical. Durante el noveno semestre el estudiante cursa la asignatura de Gestión gerencial, Plantas de generación convencionales, Fuentes alternas de energía y dos optativas más, las cuales no requieren de los conocimientos de la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración para su entendimiento por lo que no existe problema en cuanto a la relación horizontal.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

PROGRAMA DE ESTUDIOS

El programa de estudios vigente de la asignatura se desarrolla en ocho temas, con una impartición de 48 horas teóricas y 32 horas prácticas, que son tomadas como taller y no como laboratorio. En la Tabla se presenta el Índice temático ofrecido en el programa actual de la asignatura.

Tabla 1.- Índice temático actual de la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración

UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	Conceptos Generales	6	3
2	Procesos Psicrométricos	6	3
3	Características del Aire Suministrado	6	3
4	Condiciones de Comodidad	8	3
5	Cálculo de la carga térmica del espacio	6	7
6	Método convencional para modificar temperatura y humedad	4	3
7	Alternativas de Climatización	8	8
8	Calefacción y Refrigeración	4	2
	Total de Horas	48	32
	Suma Total de las Horas	80	

Fuente:
https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/plan_estudios.html

En general, el programa de estudios de la asignatura está orientado al diseño o selección de un sistema convencional de aire acondicionado y como complemento en el capítulo siete se da la parte de ahorro de energía. Además en el capítulo ocho se describe brevemente calefacción y refrigeración, que en otras instituciones le dan mayor peso a esta sección.

Con base en el avance de los conocimientos sobre esta área, consideramos que el temario está incompleto, ya que en el capítulo siete solo se describe la alternativa de sistemas pasivos y se menciona la de aislantes térmicos, podría complementarse con el empleo de la vegetación, viento y sol. Además, es necesario introducir al inicio el concepto de sistemas de acondicionamiento de aire y describir los diferentes sistemas que hay y no solo el convencional, con la finalidad de que el alumno pueda entender las otras opciones que no requieren de energía eléctrica. Por otro lado, es necesario complementar el tema de refrigeración que se imparte en el último capítulo. Por lo anterior y tomando en cuenta el objetivo propuesto, se hacen los siguientes comentarios y propuestas al programa de estudios:

Tema 1.- Conceptos generales. En este capítulo se ven los temas de propiedades de la mezcla vapor de agua – aire, tablas y carta psicométrica y propiedades a diferentes altitudes. Consideramos que los tres temas son importantes para comprender la asignatura, ya que recuerdan cómo obtener las propiedades psicrométricas, por lo que no proponemos modificación de ellos, solo reordenarlos en otro capítulo nuevo de nombre “Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire”.

Tema 2.- Procesos psicrométricos. Se imparten los temas de mezclas de dos flujos, flujo de aire sobre una superficie seca y de mayor temperatura, flujo de aire sobre una superficie seca y de menor temperatura, humidificación y deshumidificación, proceso de enfriamiento y deshumidificación, proceso de enfriamiento y humidificación, proceso de calentamiento y deshumidificación y proceso de calentamiento y humidificación. Consideramos que los conceptos impartidos se requieren para el aprendizaje de la asignatura, ya que describen los procesos que se le puede hacer a la mezcla de aire – vapor de agua, por lo cual no proponemos modificación de ellos, sólo reorganizarlos en otro capítulo de nombre “Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire”.

Tema 3.- Características del aire suministrado. Este capítulo tiene la intención de proporcionar las características que tendrá el aire que será empleado para acondicionar el espacio, por lo cual incluye los temas de cantidad de aire necesario, cálculos de humedad, cálculo de calor latente, factor de calor sensible, aire de retorno y ciclo completo del aire suministrado. La propuesta es modificar el contenido de este capítulo, ya que algunos de los temas se pueden impartir en los temas que se revisaron en capítulos anteriores, y el resto reordenarlo en otro de nombre “Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire”.

Tema 4.- Condiciones de comodidad. Incluye los temas de factores que influyen en la comodidad, sensación de comodidad, cartas y diagramas de comodidad, temperatura efectiva, condiciones recomendables para diseñar en verano y en invierno y movimiento de aire. Consideramos que los temas son importantes para el conocimiento de la asignatura ya que la comodidad es uno de los factores por los que se emplea el acondicionamiento del aire, es importante saber cómo podemos manipular la velocidad del aire para modificar sensaciones de comodidad. Se propone reorganizar los temas en un capítulo nuevo de nombre “La importancia del acondicionamiento del aire y el confort térmico”.

Tema 5.- Cálculo de la carga térmica del espacio. Este capítulo es fundamental para la selección de un sistema de acondicionamiento del aire ya que enseña cómo determinar las ganancias y pérdidas de calor sensible del espacio a climatizar. Incluye los temas de introducción, carga térmica del espacio y métodos para hacer el balance térmico. Se propone complementar el capítulo con los temas de otras ganancias o pérdidas de calor, cálculo con flujo de aire, reducción de la carga térmica: aislantes térmicos, control solar y recubrimientos y vegetación. Se propone cambiar el nombre del capítulo a “Comportamiento térmico del espacio a climatizar”

Tema 6.- Método convencional para modificar temperatura y humedad. En el se incluyen los temas de calentamiento del aire, enfriamiento del aire, aumento y reducción de humedad y selección del equipo de aire acondicionado. La parte del proceso se imparte en el capítulo de procesos psicrométricos (tema 2), los pasos para el diseño y selección de un equipo convencional se ven aquí. Este capítulo se puede complementar con el tema 7 “Alternativas de climatización” con la finalidad de describir la metodología para el diseño y selección tanto de sistemas

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

convencionales como de sistemas pasivos y se propone unificarlos como “Sistemas para el acondicionamiento del aire”.
Tema 7.- Alternativas de climatización. Se imparten los temas de sistemas de calefacción pasiva, sistemas de enfriamiento pasivo, sistemas de humidificación pasiva, sistemas de deshumidificación pasiva, combinación entre ellas, aislamiento térmico de la envolvente (muro, techo, ventanas y domos), arquitectura solar y diseño bioclimático (construcción del espacio en base al clima, orientación de muros, techos y vidrios de la envolvente y empleo del viento y naturaleza). Este capítulo se propone complemente al tema 6 en un nuevo capítulo de nombre “Sistemas para el acondicionamiento del aire”, en el cual se reordenaran e incluirán los temas de sistemas activos, (pasos para el diseño y selección de sistemas activos, sistemas activos para el control térmico, sistemas activos para el control de humedad) sistemas híbridos y sistemas pasivos (pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos, sistemas para el control térmico, sistemas para el control de humedad, pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos, simulación térmica, modelado matemático y validación experimental).
Tema 8.- Calefacción y refrigeración. Este incluye los temas de equipo distribuidor de calor, sistemas de calefacción, calefacción central, ciclo mecánico de refrigeración, el agente de refrigeración, efecto de refrigeración, capacidad de un sistema, ciclos reales de refrigeración y refrigeración por absorción. Con base a los temarios de las otras instituciones, se propone darle mas peso a la parte de refrigeración y complementarlo por lo cual se propone los temas calefacción, sistemas de calefacción, definición, importancia y aplicaciones de refrigeración, ciclo mecánico de refrigeración, refrigeración por compresión (elementos del sistema de refrigeración por compresión), refrigeración por absorción, (elementos del sistema de refrigeración por absorción), refrigerantes, lubricantes, tuberías y accesorios (clasificación y selección de refrigerantes, tuberías, válvulas y accesorios de refrigeración, sistemas de control en refrigeración) y bombas de calor.
La asignatura cuenta con dos horas prácticas las cuales se han estado llevando como taller, es decir, tiempo para realizar ejercicios o alguna actividad práctica de las recomendadas:
1. Construcción de Carta Psicométrica.
2. Procesos convencionales de modificación de temperatura y humedad del aire:
2.1 Procesos de calentamiento del aire
2.2 Procesos de enfriamiento del aire
2.3 Procesos de humidificación del aire
2.4 Procesos de deshumidificación del aire
2.5 Proceso de calentamiento y humidificación del aire
2.6 Proceso de calentamiento y deshumidificación del aire
2.7 Proceso de enfriamiento y humidificación del aire
2.8 Proceso de enfriamiento y deshumidificación del aire
3. Procesos alternos de modificación de temperatura y humedad del aire:
3.1 Procesos de calentamiento del aire
3.2 Procesos de enfriamiento del aire
3.3 Procesos de humidificación del aire
3.4 Procesos de deshumidificación del aire
3.5 Proceso de calentamiento y humidificación del aire
3.6 Proceso de calentamiento y deshumidificación del aire
3.7 Proceso de enfriamiento y humidificación del aire
3.8 Proceso de enfriamiento y deshumidificación del aire
Con base a los equipos experimentales con los que se cuenta, se propone reordenar y complementar la parte práctica de la siguiente forma:
A. Construcción de Carta Psicrométrica.
Práctica 1.- Construcción de la Carta Psicrométrica para Cuautitlán, Edo. de México.
B. Opciones para la modificación de Temperatura y humedad del aire.
Práctica 2.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 3.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.
Práctica 4.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 5.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.
C. Reducción de la carga térmica del espacio a climatizar.
Práctica 6.- Reducción de la carga térmica empleando Aislantes térmicos.
Práctica 7.- Reducción de la carga térmica empleando pinturas reflexivas, película de control solar y orientación de la edificación.
D. Sistema de refrigeración
Práctica 8.- Principio de operación de un sistema de refrigeración.

TÉCNICAS DE ENSEÑANZA, MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y PERFIL PROFESIOGRÁFICO

El temario actual propone como sugerencias didácticas la exposición oral, exposición audiovisual, actividades prácticas dentro de clase, ejercicios fuera del aula, lecturas obligatorias, trabajo de investigación y prácticas de laboratorio. Como experiencia de la pandemia que vivimos, se propone incluir la utilización de un aula virtual donde se alojen los videos explicativos de cada tema, videos de temas relacionados, textos de apoyo, ejercicios de clase, formularios, etc., con la finalidad de que se imparta la asignatura en forma mixta, es decir, presencial con apoyo del aula virtual y en una emergencia o suspensión de labores, con sólo el aula virtual.
Los mecanismos de evaluación que actualmente se proponen son exámenes parciales, examen final, trabajos y tareas fuera del aula, actividades prácticas, participación en clase y asistencia. Se propone se elimine la parte de asistencia, ya que si el alumno opta por la opción del aula virtual, por cuestiones de trabajo o enfermedad, no le afecte a su calificación, siempre y cuando cumpla con el resto de las actividades.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

El programa de la asignatura pide que el profesor(a) que la imparta cuente con el perfil profesiográfico de una licenciatura en Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Energía, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Maestría en Ingeniería Energía Térmica o Sistemas pasivos de climatización. Consideramos que el perfil que se solicita es adecuado para la impartición de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

Actualmente se tienen dos tipos de bibliografía, básica y complementaria como sigue:

Bibliografía básica

Whitman, William C. Johnson, William M., Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado 3: aire acondicionado, España, Editorial International Thomson Publishing, 2008.
Carrier, Manual de aire acondicionado (handbook of air conditioning system design), España, Editorial Marcombo, 2009.
Ribot Martín, Jaume, Nacenta Anmella, Josep María, Guía rápida de necesidades térmicas para calefacción y aire acondicionado, España, Editorial Experiencia, 2009.
Mcquiston, Calefacción, ventilación y aire acondicionado, México, Editorial Limusa Wiley, 2006.
Angel L. Miranda, Fundamentos de climatización. Psicometría, evaporación y condensaciones. México, Editorial Alfaomega, 2010.

Bibliografía complementaria

Solé Bonet, Josep, Aislamiento térmico en la edificación: limitación de la demanda energética DB HE1 e iniciación a la calificación energética, España, Editorial Col. Legi dÁparelladors Arquitectes Tecniques de Tarragona, 2007.
Yunus A. Cengel, Transferencia de calor y masa, México, 3ª Ed., Editorial Mc Graw Hill, 2007.
Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, Termodinámica, México, 5ª Edición, Editorial Mc Graw Hill, Traducción 2006.
Van Wylen, Fundamentos de termodinámica, México, 2ª Ed., Editorial Limusa Wiley, 2004.

Esta bibliografía fue propuesta en el 2012, por lo cual es necesario actualizarla, se propone la siguiente:

Bibliografía básica

Eduardo Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, Editorial Limusa, México.
Víctor Hernández Gómez et al, Climatización sustentable en edificaciones, Editorial Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México, 2024.
Yunus A Cengel y Afshin J. Ghajar, Transferencia de calor y masa, 6 edición, Editorial McGraw-Hill, México, 2020.

Bibliografía Complementaria

Yunus A. Çengel y Michael A. Boles, Termodinámica, Octava edición, McGraw-Hill, México, 2015.
José R García Chávez y Victor Fuentes Freixanet, Viento y arquitectura, 3 edición, Editorial Trillas, México, 2005.
Ruth Lacomba et al, Manual de arquitectura solar, Editorial Trillas, México, 1991.
G. Z Brown, Sol, luz y viento, estrategias para el diseño arquitectónico, Editorial Trillas, México, 1994.
Victor Olgyay, Arquitectura y clima, Editorial Gustavo Gili, España, 1998.
Baruch Givoni, Passive and low energy cooling of buildings, John Wiley & Sons, inc., USA 1994.
ASHRAE, Handbook, 2023

PROPUESTA DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS

Tabla 2.- Propuesta de Índice temático para la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración

UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	La importancia del acondicionamiento del aire y el Confort térmico	8	2
2	Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire	10	6
3	Comportamiento térmico del espacio a climatizar	10	6
4	Sistemas para el acondicionamiento del aire	10	6
5	Refrigeración y calefacción	10	6
	Total de Horas	48	32
	Suma Total de las Horas	80	

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 1. La importancia del acondicionamiento del aire y el Confort térmico
1.1. Importancia del acondicionamiento del aire
1.2. Condiciones de confort
1.3. Comodidad en interiores
1.3.1. Factores que influyen en la comodidad.
1.3.1.1. Temperatura del aire
1.3.1.2. Humedad relativa del aire.
1.3.1.3. Movimiento del aire.
1.3.2. Sensación de comodidad.
1.3.2.1. Índices Termofisiológico de stress térmico
1.3.2.1. Índices Termopsicológicos de confort térmico
1.4. Métodos para la obtención de la zona de confort térmica
1.5. Tablas y diagramas de apoyo para el estudio del bioclima
1.5.1. Tabla de condiciones térmicas de la edificación
1.5.2. Diagrama Bioclimático de Givoni
1.5.3. Diagrama Bioclimático de Olgyay
1.6. Normas aplicadas a la climatización de edificaciones
1.6.1. Normas oficiales mexicanas de la secretaria del trabajo y previsión social
1.6.2. Normas oficiales mexicanas en eficiencia energética
Capítulo 2. Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

2.1. Conceptos de termodinámica
2.2. Propiedades de la mezcla aire – vapor de agua
2.2.1. Carta psicrométrica
2.2.2. Tablas psicrométricas
2.3. Mezcla de dos flujos de aire
2.4. Leyes psicrométricas
2.5. Procesos psicrométricos
2.5.1. Proceso de calentamiento
2.5.2. Proceso de enfriamiento
2.5.3. Proceso de humidificación
2.5.4. Proceso de deshumidificación
2.5.5. Proceso de enfriamiento y deshumidificación
2.5.6. Proceso de enfriamiento y humidificación
2.5.7. Proceso de calentamiento y deshumidificación
2.5.8. Proceso de calentamiento y humidificación
2.6. Cálculo del flujo de aire necesario, calor sensible o latente, y humedad.
Capítulo 3. Comportamiento térmico del espacio a climatizar
3.1. Carga térmica de la edificación
3.2. Ganancias de calor por los ocupantes
3.3. Ganancia de calor por los equipos
3.4. Ganancia o pérdida de calor por el medio ambiente
3.5. Ganancia de calor por radiación solar
3.6. Otras ganancias o pérdidas de calor
3.7. Cálculo con flujo de aire
3.8. Reducción de la carga térmica
3.8.1. Aislantes térmicos
3.8.2. Control solar y recubrimientos
3.8.3. Vegetación
Capítulo 4. Sistemas para el acondicionamiento del aire
4.1. Sistemas activos
4.1.1. Pasos para el diseño y selección de sistemas activos
4.1.2. Sistemas activos para el control térmico
4.1.3. Sistemas activos para el control de humedad
4.2. Sistemas híbridos
4.3. Sistemas pasivos
4.3.1. Pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos
4.3.2. Sistemas para el control térmico
4.3.3. Sistemas para el control de humedad
4.3.4. Pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos
4.3.5. Simulación térmica, modelado matemático y validación experimental
Capítulo 5. Refrigeración
5.1. Definición, importancia y aplicaciones de refrigeración
5.2. Ciclo mecánico de refrigeración
5.3. Refrigeración por compresión
5.3.1. Elementos del sistema de refrigeración por compresión
5.4. Refrigeración por absorción
5.4.1. Elementos del sistema de refrigeración por absorción
5.5. Refrigerantes, lubricantes, tuberías y accesorios
5.5.1. Clasificación y selección de Refrigerantes
5.5.2. Clasificación y selección de lubricantes
5.5.3. Tuberías, válvulas y accesorios de refrigeración
5.5.4. Sistemas de control en refrigeración
5.6. Bombas de calor
Prácticas recomendadas
A. Construcción de Carta Psicrométrica.
Práctica 1.- Construcción de la Carta Psicrométrica para Cuautitlán, Edo. de México.
B. Opciones para la modificación de Temperatura y humedad del aire.
Práctica 2.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 3.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.
Práctica 4.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 5.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.
C. Reducción de la carga térmica del espacio a climatizar.
Práctica 6.- Reducción de la carga térmica empleando Aislantes térmicos.
Práctica 7.- Reducción de la carga térmica empleando pinturas reflexivas, película de control solar y orientación de la edificación.
D. Sistema de refrigeración
Práctica 8.- Principio de operación de un sistema de refrigeración.

CONCLUSIONES

El temario de la asignatura puede mejorarse al complementar los temas de refrigeración y ahorro de energía, así como, reordenar algunos de los temas que ya se imparten. Con estas modificaciones se pretende mejorar la enseñanza de la asignatura y en la forma de impartición y evaluación, considerar la oportunidad de hacerlo con apoyo de un aula virtual, la cual puede ser utilizada para épocas de paro, huelga, enfermedades, etc.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME-UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto PE102724.

REFERENCIAS

[1] https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/index.html
[2] https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/mecanica.php
[3] https://www.aragon.unam.mx/fes-aragon/#!/oferta-academica/licenciaturas/mecanica
[4] https://www.uv.mx/fime/datos-del-plan-de-estudio-de-ingenieria-mecanica-electrica/
[5] http://www.pregrado.udg.mx/Centros/Tem%C3%A1ticos/CUCEI/ingenieria-mecanica-electrica-cucei/

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-05, pág.: 1 a la 7.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Víctor Hugo Hernández Gómez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Maestro y Doctor en Ingeniería orientación Energía egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Profesor de tiempo completo en la FES Cuautitlán.

Gilberto Chavarría Ortiz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Profesor de asignatura en la FES Cuautitlán.

Omar Olvera García: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Técnico académico, Departamento de Ingeniería y tecnología.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

Propuesta de mejora al temario de la asignatura de Ingeniería ecológica

*Gilberto Chavarría Ortiz , Víctor Hugo Hernández Gómez, Omar Olvera García**

RESUMEN

La carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán) tiene una duración de nueve semestres en un sistema escolarizado, que comprende 53 asignaturas.

Tiene como objetivo, formar profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica.

El egresado de la carrera poseerá diferentes conocimientos fundamentales de la ingeniería mecánica eléctrica con la finalidad de solucionar los diferentes problemas que se presentan dentro del ramo de la mecánica y la eléctrica.

También contará con las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones en diversas áreas como elemento medular para el trabajo interdisciplinario.

Dentro del plan de estudios actual (2012) de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) que imparte la Facultad de Estudios Superiores Campus Cuautitlán (FES-Cuautitlán) se imparte, dentro del octavo semestre de carrera, la asignatura de Ingeniería Ecológica, la cual trata de ofrecer un panorama general sobre la contaminación del agua, aire, suelo, ruido y radiactivo; así mismo se dan nociones esenciales de las denominadas Energías Limpias.

En el presente artículo se realizará un análisis comparativo de la asignatura Ingeniería Ecológica que se imparte dentro de la carrera de IME en la FES-Cuautitlán con otras instituciones educativas, tanto de la misma Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como otras entidades educativas de México.

La finalidad de este análisis comparativo es realizar una propuesta de mejora al temario de Ingeniería Ecológica con la finalidad de que el estudiante de la carrera de IME obtenga una mejor visión sobre la contaminación ambiental y las posibles soluciones para reducir y/o contrarrestar los elementos contaminantes.

ABSTRACT

The Mechanical Electrical Engineering (IME) degree, which is taught at the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán), lasts nine semesters in a school system, and includes 53 subjects.

Its objective is to train high-level professionals in the field of Mechanical Electrical Engineering.

Graduates of the degree will possess different fundamental knowledge of mechanical electrical engineering to solve the different problems that arise within the field of mechanics and electricity.

They will also have the necessary skills to perform their functions in various areas as a core element for interdisciplinary work.

Within the current curriculum (2012) of the Mechanical Electrical Engineering (IME) course taught by the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán), the subject of Ecological Engineering is taught within the eighth semester of the course, which attempts to offer a general overview of water, air, soil, noise and radioactive contamination; it also provides essential notions of the so-called Clean Energies.

In this article, a comparative analysis will be made of the subject of Ecological Engineering taught within the IME course at FES-Cuautitlán with other educational institutions, both from the Universidad Nacional Autónoma de México Mexico (UNAM) itself and other educational entities in Mexico.

The purpose of this comparative analysis is to make a proposal to improve the Ecological Engineering syllabus so that the IME student obtains a better vision of environmental contamination and the possible solutions to reduce and/or counteract the contaminating elements.

Palabras claves:
Contaminación, Temario, apuntes

INTRODUCCIÓN

Figura1.- Logotipo de la carrera de IME. FES-Cuautitlán
Fuente: Coordinación de la carrera de IME. FES-Cuautitlán

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería, gchoz70@comunidad.unam.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

La carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME); la cual se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en su plan de estudios 2012 [I] tiene una duración de nueve semestres dentro de un sistema escolarizado, la cual comprende de 53 asignaturas (48 obligatorias, 3 obligatorias de elección y 2 optativas), con un total de 416 créditos; los cuales están divididos en tres ciclos de formación:

- formación general con un total de 162 créditos,
- formación básica en el campo profesional y disciplinario, con un total de 214 créditos y
- profundización disciplinaria con un total de 40 créditos.

El plan de estudios actual cuenta con seis campos terminales, los cuales son:

- energía,
- diseño mecánico y fabricación,
- mecatrónica,
- sistemas de potencia,
- ingeniería en iluminación,
- utilización de la energía eléctrica.

Actualmente tiene como objetivo:
"*formar profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica, que sean capaces de diseñar, innovar, desarrollar, integrar, planear, generar tecnología y mejorar los niveles de calidad para incrementar la productividad y competitividad de la industria de la transformación, metalmecánica y en el ramo de la industria eléctrica en sus áreas de generación, transmisión y distribución, para beneficio de la sociedad*".
El egresado de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán):

- Poseerá conocimientos sólidos de las ciencias básicas que sustentan los principios de la ingeniería mecánica eléctrica.
- Poseerá los conocimientos fundamentales de la ingeniería mecánica eléctrica tales como diseño mecánico, instalaciones eléctricas, manufactura, máquinas eléctricas, tecnología de los materiales, mecánica de fluidos, transferencia de calor, generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.
- Tendrá conocimientos del estudio de materiales, automatización de procesos y máquinas, robótica, uso de energía, iluminación, aseguramiento de calidad, diseño de equipo térmico y de herramental.
- Tendrá el dominio de las herramientas computacionales y la capacidad para la solución de problemas tecnológicos, con experiencia en el uso de software aplicado al dibujo, diseño y manufactura asistido por computadora.
- Poseerá aptitudes para aplicar el razonamiento científico a la solución de problemas prácticos y la habilidad para detectar y definir la naturaleza esencial de los problemas propios de la ingeniería, así como para desarrollar y adaptar la metodología más adecuada para su solución.
- Contará con saberes básicos de administración, ciencias sociales y humanidades.
- Contará con la capacidad, responsabilidad y compromiso para trabajar en equipo, así como para formar y dirigir grupos de trabajo.
- Tendrá visión del desarrollo humano y será capaz de participar en actividades sociales, culturales y deportivas que complementen su desarrollo personal y profesional.
- Tendrán las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones en diversos sectores sociales, como elemento medular para el trabajo interdisciplinario.

Sus actividades más características serán el diseño de máquinas y equipos, el diseño de herramental, el diseño de procesos productivos y de manufactura, el diseño y manufactura asistidos por computadora, la supervisión de líneas de producción, el estudio y aplicación de nuevos materiales, el mantenimiento de instalaciones y equipos, la generación, distribución, control y aprovechamiento de la energía eléctrica, además de la consultoría.

Dentro del plan de estudios de la carrera de IME se imparte la asignatura de Ingeniería Ecológica con clave 1822, la cual se imparte de forma obligatoria en el octavo semestre de la carrera, con tres horas de enseñanza teórica y dos horas de taller, dando un total de 8 créditos [II]. La finalidad de esta asignatura es la de ofrecer un panorama general sobre la contaminación del agua, aire y suelo, y un poco sobre ruido y radiación.

Con la finalidad de actualizar el temario de la asignatura Ingeniería Ecológica se procedió a realizar una crítica al temario de dicha asignatura abarcando los siguientes puntos:

- Enfoque en otros Planes de estudio de la UNAM.
- Enfoque en otros Planes de estudio externos a la UNAM.
- Objetivo del programa de estudios de la asignatura.
- Nivel previo de los estudiantes.
- Relación horizontal y vertical de la asignatura.
- Programa de estudios.
- Técnicas de enseñanza, mecanismos de evaluación y perfil profesiográfico.
- Bibliografía.
- Propuesta del programa de estudios.

ENFOQUE EN OTROS PLANES DE ESTUDIOS DE LA UNAM

Actualmente en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), solo la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán) imparte la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME), la Facultad de Ingeniería (FI) y la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES-Aragón) imparten las licenciaturas en Ingeniería Mecánica. En ambos planes de estudios se incluye la asignatura en cuestión.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

- **Facultad de Ingeniería**

La Facultad de Ingeniería (FI) menciona dentro de su perfil de egreso que sus egresados deberán desarrollar vocación de servicio profesional, promover el cambio en la mentalidad frente a la competitividad internacional, tener voluntad y la disposición de mantenerse actualizado en sus conocimientos, procurar la conservación del medio ambiente y poder participar en grupos de trabajo multidisciplinarios e interdisciplinarios.
Dentro de las actitudes formadas considera en las del tipo social, que el egresado estará dispuesto a procurar la conservación del medio ambiente.
El temario de la asignatura de Sistemas de Mejoramiento Ambiental, la cual es una asignatura optativa que se imparte en noveno o décimo semestre, cuenta con 8 créditos; tiene como objetivo que el alumno evaluará las principales fuentes de contaminación ambiental de los sectores productivos, de servicios y social, así como las posibles técnicas de control.
Contempla en su temario los temas siguientes [III]:
1) Introducción (Contaminación, prevención y control, desarrollo sustentable),
2) Contaminación del aire (Contaminantes primarios y secundarios, efectos a la salud, prevención y control),
3) Contaminación del agua (Clasificación de contaminantes, efectos a la salud, plantas de tratamiento),
4) Contaminación por residuos sólidos y peligrosos (Clasificación y fuentes de generación, sistema de manejo de residuos sólidos municipales, tratamiento y disposición final),
5) Contaminación energética (Temperatura, radiación ionizante y no ionizante, ruido y vibración),
6) Sistemas de administración ambiental (ISO 14000, ciclo de vida, ecodiseño, casas ecológicas, ecoturismo) y
7) Aplicaciones en casos de estudio (Presentación y aplicación de los conceptos en los casos de estudio).
Los temas de contaminación del aire, agua y suelo son tratados de manera independiente pero no incluyen algunos subtemas que son importantes, por ejemplo, efecto invernadero, inversión térmica, cambio climático, abastecimiento de agua actual y futura, por mencionar algunas; las cuales se incluyen en el temario actual de la carrera de IME de la FES Cuautitlán.
La contaminación térmica, ruido, y radiación se estudian con poca profundidad en un sólo capítulo mientras que en el de la carrera de IME de la FES Cuautitlán se estudia de forma individual.

- **Facultad de Estudios Superiores Aragón**

En la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), el objetivo de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica es formar profesionistas de alto nivel, capaces de incrementar la productividad, usando como herramienta la integración de tecnología a los medios productivos [IV].
Lo anterior mediante el diseño, construcción, selección, instalación, operación y mantenimiento de equipos y sistemas mecánicos.
Con ello se busca el mejor aprovechamiento de diversos tipos de energía, basado en el conocimiento de las propiedades de los materiales y de las necesidades sociales.
Además, se busca que nuestra comunidad profesional sea capaz de administrar adecuadamente los recursos existentes e innovar y desarrollar nuevas tecnologías.
Dentro de su plataforma menciona que el egresado de su licenciatura adquirirá y desarrollará conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes y valores. Dentro de los valores adquiridos se encuentra el de ser responsable individual y socialmente; procurando proteger el medio ambiente.
La asignatura de Sistemas de Mejoramiento Ambiental, la cual es una asignatura optativa que se imparte en octavo o noveno semestre, la cual cuenta con 10 créditos, tiene como objetivo analizar los sistemas de control ambiental a través de la identificación de contaminantes industriales expuestos en el aire, el agua y en contextos particulares; a fin de reducir los efectos nocivos sociales y ecológicos. Cuenta con los temas:
1) Aspectos generales de ecología y contaminación ambiental (Sistemas ecológicos, relaciones de comunidad, relaciones tróficas, población.),
2) Calidad del agua (Características de aguas superficiales y subterráneas, calidad del agua, remoción de contaminantes, potabilización, tratamiento de aguas),
3) Contaminación atmosférica (Características del aire, contaminantes atmosféricos, sistemas de control de contaminación atmosférica),
4) Manejo y disposición de desechos sólidos (Generación y manejo de desechos, disposición final de desechos)
5) Temas especiales (Impacto ambiental, radiactividad, ruido).
El temario no considera a la contaminación térmica ni fuentes alternas para sustituir las que generan gases de efecto invernadero: mientras que en el tema de agua no se incluye las fuentes actuales y futuras de abastecimiento de agua.

ENFOQUE EN OTROS PLANES DE ESTUDIOS EXTERNOS A LA UNAM

- **Universidad de Guanajuato**

La Universidad de Guanajuato ofrece la carrera de Ingeniería Mecánica, con una duración de 9 semestres y se imparte la asignatura de Impacto Ambiental.
Dentro de los perfiles de egreso destacan: diseñar y controlar sistemas electromecánicos, hidráulicos y neumáticos, para la conversión de energía entre sus diversas formas que permitan la automatización de tareas de manera eficiente; poseer conocimientos de bioingeniería, nanotecnología, sistemas microelectromecánicos (MEMS) para colaborar en proyectos interdisciplinarios; analizar y

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

desarrollar proyectos de uso eficiente de energía utilizando fuentes convencionales y alternas de energía, para reducir el consumo de recursos energéticos no renovables; conocer y aplicar estándares y normas de sus áreas de competencia para el desarrollo de sistemas y productos certificados satisfaciendo especificaciones de confiabilidad, seguridad y sustentabilidad [V].

La asignatura de Impacto Ambiental se imparte dentro del séptimo semestre de la carrera y tiene como objetivo "proporcionar a los estudiantes los conocimientos sobre los elementos del medio ambiente y las afectaciones que provoca el desarrollo de la sociedad, con la finalidad de incrementar la conciencia y la reflexión por el cuidado de nuestro entorno, desde una perspectiva activa e incluyente" [VI].
El temario de esta asignatura abarca nueve temas:
1) Biosfera (componente de la biosfera, ecosistemas y nicho ecológico, biomasa, energía y materia en el ecosistema, hipótesis GAIA y teoría general de sistemas),
2) Fuentes y mecanismos de contaminación (concepto, tipos de contaminación),
3) Contaminación atmosférica y mitigación (conceptos básicos y características, tipos de contaminantes, efectos de la contaminación, calidad del aire, mitigación de la contaminación, programas y medidas de prevención),
4) Contaminación de suelos y mitigación (conceptos, tipos de contaminación, tipos de contaminantes, causas y efectos de la contaminación, mitigación de la contaminación),
5) Contaminación del agua y mitigación (calidad del agua, contaminación del agua, prevención y tratamiento),
6) Clasificación y manejo de residuos sólidos (conceptos, normatividad, aplicaciones),
7) Leyes, reglamentos y normas en materia de contaminación ambiental (contaminación atmosférica, contaminación de suelos, contaminación de aguas, residuos sólidos),
8) Estudio de impacto ambiental (concepto, tipología, legislación, metodología),
9) Estudio de análisis de riesgo ambiental e industrial (conceptos, metodología, aplicaciones).

Se puede apreciar que en este temario sólo se estudia el impacto de la contaminación atmosférica, del agua y del suelo sobre el medio ambiente; faltando otros tipos de contaminación (térmica, acústica y radiactiva) los cuales son de suma importancia en el equilibrio del medio ambiente. Además de no incluir las denominadas energías limpias como una forma de mitigar los contaminantes que arrojan las energías no renovables (petróleo y sus derivados, así como la nuclear). Sin embargo, se incluye un capítulo dedicado al análisis de riesgo ambiental dentro de la industria.
El temario tiene como finalidad crear conciencia en los estudiantes de ingeniería del impacto de la industria mecánica dentro del medio ambiente pero falta incentivar la creación de nuevos diseños que mitiguen los efectos de la contaminación ambiental, algo que si se incluye en el temario de Ingeniería Ecológica de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

- **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ofrece la carrera de Ingeniería Mecánica, con una duración de 5 años. Dentro de su plan de estudios se incluye la asignatura de Impacto Ambiental. De los perfiles de egreso que tienen los egresados de la carrera de Ingeniería Mecánica se encuentran: capacidad de desarrollar, operar y mantener procesos productivos que impliquen la transformación de materia y energía; crear, evaluar e innovar las técnicas relacionadas con la mecánica; desarrollar, implantar mantener productos y procesos innovadores desde el punto de vista de la mecánica; integrar y coordinar personal y grupos multidisciplinarios [VII].
La asignatura Impacto Ambiental se imparte dentro del cuarto año de la carrera y forma parte de la Academia de Termofluidos. La asignatura es una materia obligatoria de 8 créditos y con una duración total de 64 horas repartidas durante el año lectivo (2 horas por semana) y tiene como objetivo "que el alumno conozca la problemática de los aspectos ambientales dentro de su área de vinculación, así como obtener las bases de un desarrollo sostenible vista desde un punto de vista económico, social, cultural y ecológico [VIII].
El temario de esta asignatura abarca nueve temas:
1) Aspectos de la contaminación y ciclos biogeoquímicos (definición de contaminación y contaminante; clasificación de los contaminantes; contaminación de aire, agua y suelo; características generales de la biosfera; ciclos biogeoquímicos; huella de carbono, hídrica y ecológica; meteorología y climatología de la contaminación ambiental),
2) Emisión y propagación de sustancias contaminantes (emisión de sustancias contaminantes; transporte subterráneo de sustancias contaminantes; transporte en suelo de sustancias contaminantes; transporte en agua de sustancias contaminantes; transporte atmosférico de sustancias contaminantes; legislación),
3) Residuos de procesos (sólidos/líquidos) y su manejo (características de residuos industriales, municipales, biológicos y agrícolas; reacciones químicas en la interpretación y descomposición de residuos. Lixiviación y desprendimientos de metano; minimización de residuos, reciclaje y reúso; procesos de separación, reducción de tamaño de materiales; procesos de tratamientos: incineración, rellenos sanitarios, procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos, composteo; tratamientos fisicoquímicos, estabilización y solidificación; métodos biológicos),
4) Contaminación (contaminación atmosférica y su dispersión, emisión e inmisión; control de la contaminación atmosférica; legislación; contaminación de agua; fuentes de contaminación de agua: aguas residuales urbanas y contaminación por industria; tratamiento de aguas residuales: procesos químicos,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

procesos físicos, procesos biológicos; contaminación acústica; contaminación mecánica; contaminación radiactiva; legislación),
5) Gestión ambiental en la empresa (evaluación de impacto ambiental; sistemas de gestión medioambiental, auditorias medioambientales; planes de minimización de residuos; aspectos éticos de la evaluación de impacto ambiental; ecoetiquetado y análisis de ciclo de vida; ISO 14000; normatividad),
6) Metodologías de evaluación de impacto ambiental (concepto y clasificación de técnicas y métodos de evaluación; técnicas específicas; caso de estudio),
7) Desarrollo sostenible (orígenes y antecedentes del concepto de desarrollo sostenible; la dimensión económica del desarrollo sostenible; economía de la degradación del desarrollo sostenible; la dimensión ecológica del desarrollo sostenible; la dimensión social del desarrollo sostenible; estrategias para la sustentabilidad),
8) Energías alternativas y renovables (qué son energías alternativas y renovables),
9) Introducción a la cogeneración (conceptos principales de cogeneración; marco institucional, legal y regulatorio aplicable a la cogeneración; potencial de cogeneración en la industria; beneficios de la cogeneración).

Se puede visualizar que dicho temario incluyen, además de la contaminación del aire, agua y suelo, otros tipos de contaminación (acústica, mecánica y radiactiva); sin embargo, no se realiza con la profundidad que debe de ser, ya que los conceptos de contaminación acústica, mecánica y radiactiva los ofrecen de una manera superficial.
El estudio de esta asignatura es para conocer la problemática de los aspectos medioambientales desde el punto de vista económico, ecológico, social y cultural.
El temario de Impacto Ambiental de la carrera de Ingeniería Mecánica, que se imparte en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo tiene similitudes con el temario de Ingeniería Ecológica de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC); sin embargo, en la FESC el temario se encuentra mejor estructurado. La ventaja del temario de Impacto Ambiental con respecto al de Ingeniería Ecológica es que tiene una unidad en donde se realiza un enfoque dentro del desarrollo sostenible, algo que se debería agregar al temario de Ingeniería Ecológica.

OBJETIVO DEL PROGRAMA DE ESTUDIO DE LA ASIGNATURA

Actualmente el objetivo de la asignatura de Ingeniería Ecológica impartida dentro de la carrera de IME de la FES-Cuautitlán es:

"Al finalizar el curso el alumno obtendrá los conocimientos suficientes para reducir y evitar la contaminación tanto en el área de trabajo como en procesos en la industria, aplicando tecnologías limpias de nueva generación".

Si se incluyera el enfoque de Desarrollo Sostenible, el cual se imparten dentro de otras instituciones sean de la UNAM o Instituciones Externas, dentro del objetivo de la asignatura Ingeniería Ecológica, el objetivo de la asignatura quedaría como sigue:

"Al finalizar el curso, el alumno de la carrera de IME obtendrá los conocimientos necesarios para diseñar tecnologías limpias de nueva generación y tratamientos para reducir y evitar la contaminación ambiental, tanto en el área de trabajo como en los procesos de la industria, así como poder realizar un estudio de desarrollo sostenible con la finalidad de incentivar la responsabilidad social que tiene la industria sobre el medio ambiente, el desarrollo humano y social".

NIVEL PREVIO DE LOS ESTUDIANTES

Para que los estudiantes puedan cursar la asignatura de Ingeniería Ecológica y comprender los conceptos que se pretenden impartir, es necesario que manejen conocimientos sobre temperatura, calor, balanceo de reacciones químicas y un poco de estequiometría; así como tener conocimientos de técnicas económicas. Estos conocimientos son impartidos en las asignaturas de Química (1o), Termodinámica (2o), Termodinámica Aplicada (3o), Electrónica Básica (5o), Máquinas de Corriente Directa (7o), Transformadores y Motores de Inducción (6o) previas al semestre donde se imparte la asignatura, por lo que el alumno que ya las aprobó tiene el nivel suficiente para comprender y aprender esta asignatura.

RELACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA ASIGNATURA

La asignatura se imparte en el octavo semestre de la carrera, los conocimientos básicos que se pudieran emplear para comprender esta asignatura están repartidos en otras como Química (1o), Termodinámica (2o), Termodinámica Aplicada (3o), Electrónica Básica (5o), Máquinas de Corriente Directa (7o), Transformadores y Motores de Inducción (6o), las cuales se imparten en semestres anteriores de la carrera.
Durante el octavo semestres se imparten las asignaturas de Diseño por computadora, Instalaciones eléctricas, Sistemas eléctricos de potencia I, Transferencia de calor y Teoría de control y robótica, las cuales no requieren de los conocimientos de la asignatura de Ingeniería ecológica y esta tampoco de las otras asignaturas, por lo que se considera que actualmente no se tienen problemas para cursar y entender la asignatura en cuestión.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

PROGRAMA DE ESTUDIO

El actual Plan de Estudios contempla 8 unidades, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Temario actual de la asignatura Ingeniería Ecológica

UNIDAD	TEMAS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS
1	Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental	4	0
2	Contaminación del Aire	8	6
3	Contaminación del Agua	8	6
4	Contaminación del Suelo	8	6
5	Energías Limpias	8	14
6	Contaminación Térmica	4	0
7	Contaminación por Ruido	4	0
8	Contaminación Radiactiva	4	0
	Total de Horas	48	32
Suma Total de las Horas		80	

Se puede notar que el presente temario es equilibrado debido a que los temas se tratan por separados y con la relevancia de importancia debida para cada uno de los temas.
Sin embargo, falta tratar un capítulo dedicado al Desarrollo Sostenible con la finalidad de que el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica que imparte la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán obtengan los fundamentos necesarios para que pueda realizar estudios de impacto ambiental dependiendo del tipo de industria y del tipo de contaminación.
A continuación se realizan los comentarios y sugerencias con respecto al temario de la asignatura de Ingeniería Ecológica:

Tema 1 Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental. - Este primer tema se enfoca en adquirir los conceptos básicos necesarios que son esenciales que conozca el estudiante de la asignatura, con el propósito de que comprenda la importancia de la ecología dentro de la rama de la Ingeniería. Los cuatro subtemas que contiene el tema 1 son importantes para la comprensión de la ecología, sin embargo, para una mejor comprensión de las relaciones tróficas se deberían incluir los subtemas Ciclos de Carbono, Nitrógeno y del Agua, la Hipótesis GAIA y la Teoría General de Sistemas.

Tema 2 Contaminación del Aire. - El capítulo se enfoca en conocer lo que es el aire, los diferentes contaminantes que influyen en la calidad del aire (tanto en el área de trabajo como en una región), consecuencias a la salud (humana, vegetal y animal), los sistemas de control y tratamientos para los efectos negativos de los contaminantes dentro de la atmósfera y área de trabajo y las normas mexicanas que rigen los programas de control. El tema abarca todos los puntos relevantes respecto a la contaminación del aire.

Tema 3 Contaminación del Agua. - En este capítulo se da una breve introducción de lo que es el agua, los diferentes tipos de agua, cómo se mide la calidad del agua, las diferentes fuentes de este vital líquido, sus características fisicoquímicas, los agentes contaminantes, remoción y tipos de tratamientos, las normas oficiales que deben ser acatadas para asegurar una calidad óptima del agua y el abastecimiento del agua potable a la Zona Metropolitana del Valle de México. El tema abarca todos los puntos relevantes respecto a la contaminación del agua.

Tema 4 Contaminación del Suelo.- Este tema se enfoca en conocer lo qué es el suelo, las características de cada tipo de suelo, conocer los tipos de suelos óptimos para la agricultura y ganadería, las diferentes fuentes que contaminan el suelo, lo que son los residuos, los tipos de residuos y/o desechos, la generación y el manejo que se debe realizar en la disposición de los desechos, los tipos de erosión que se presentan en el suelo, la remoción y tratamientos a los agentes contaminantes del suelo y las normas oficiales que se deben cumplir para un óptimo tratamiento y disposición de residuos. En general, en este capítulo se tratan los temas más relevantes concernientes a la contaminación del suelo.

Tema 5 Energías Limpias. - Este capítulo es muy importante ya que el estudiante de ingeniería conocerá y comprenderá los diferentes tipos de generación de energías limpias con la finalidad de poder reemplazar procesos en la industria y reducir fuentes de contaminación. En este capítulo el estudiante pondrá en práctica lo aprendido en Termodinámica, Termodinámica Aplicada, Máquinas de CD, Electrónica Básica y Transformadores y Motores de Inducción; para realizar pequeños prototipos de generación de energía eléctrica y el aprovechamiento del Sol como medio de acumulación de energía calorífica. En este capítulo se deben incluir los subtemas: Actualidad de la Energía Limpia en México; Marco Legal, Marco Regulatorio y Normas Oficiales que deben cumplir las empresas dedicadas a la generación de energías limpias.

Tema 6.- Contaminación Térmica. - El tema abarca lo que es energía térmica, origen y fuentes de energía térmica (los cuales se estudian dentro de la introducción del capítulo), definición de contaminación térmica, fuentes emisoras de contaminación térmica, efectos sobre el humano y el medio ambiente, los medios actuales con las cuales se controla la emisión de energía térmica y las normas oficiales mexicanas con las cuales se basa el control de dichas emisiones

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

térmicas. Se debe incluir el subtema: Compromisos de México y su papel en el plano internacional para reducir el efecto invernadero.

Tema 7 Contaminación por Ruido.- En este capítulo al estudiante de ingeniería se le da una introducción a lo que es la contaminación acústica; se le explica la importancia de este tipo de contaminación dentro del medio ambiente, ya que dicho tipo de contaminación, al no ser es visible, perturba de otra forma la calidad de vida del ser humano y el medio ambiente, la relación de usos y costumbres dentro de la contaminación por ruido y la importancia de controlar los niveles de ruido dentro del medio ambiente. Se debe incluir el subtema: El problema del ruido en México.

Tema 8 Contaminación Radiactiva. - En este capítulo se ofrece un panorama de lo que es la contaminación radiactiva, las diferentes fuentes de contaminantes radiactivos, ya que el estudiante sólo tiene la idea de que la única fuente de contaminación radiactiva son los residuos de las centrales de energía nuclear. En términos generales los subtemas son los correctos, sin embargo se debe incluir un subtema sobre los accidentes nucleares que generaron los casos de contaminación radiactiva más peligrosos en el mundo, causas, efectos y soluciones.

El tema que se propone es Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible en la Industria y sería el tema 9 del temario de Ingeniería Ecológica. Los subtemas contenidos para este capítulo serían los siguientes:
9.1. Metodología para evaluar el impacto ambiental de la industria.
9.2. Técnicas y Modelos de evaluación.
9.3. Sistemas de Gestión Ambiental.
9.4. Ciclo de Vida Física de un producto.
9.5. La ética dentro de la evaluación del impacto ambiental.
9.6. Aspectos básicos de Desarrollo Sostenible.
9.7. Estrategias para un Desarrollo Sostenible.
9.8. Normas Oficiales.

Las prácticas de laboratorio recomendadas para la asignatura son los que a continuación se proponen:
Práctica 1.- Diseño de un Filtro de Aire.
Práctica 2.- Diseño de un sistema de captación pluvial.
Práctica 3.- Tratamiento de Agua residual.
Práctica 4.- Reciclado de materiales.
Práctica 5.- Biodigestor.
Práctica 6.- Diseño de un calentador, cocción solar.
Práctica 7.- Diseño de un generador solar.
Práctica 8.- Diseño de un generador eólico.
Práctica 9.- Medición y control del ruido.

Actualmente, dentro del manual de prácticas del laboratorio de Ingeniería Ecológica se encuentran incluidas las prácticas: 1, 2, 4 y 6.
Las prácticas 5, 7 y 8 se trabajan como proyectos de investigación.

TÉCNICAS DE ENSEÑANZA, MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y PERFÍL PROFESIOGRÁFICO

Actualmente el temario de Ingeniería Ecológica cuenta con las técnicas de enseñanza sugeridas de exposición oral, exposición audiovisual, actividades prácticas dentro de clase, ejercicios fuera del aula, lecturas obligatorias, trabajo de investigación y prácticas de taller.
Como experiencia de la pandemia ocurrida en 2020-2021, se propone incluir la utilización de un aula virtual donde se alojen los videos explicativos de cada tema, videos de temas relacionados, textos de apoyo, ejercicios de clase, formularios, etc., con la finalidad de que se imparta la asignatura en forma mixta, es decir, presencial con apoyo del aula virtual y en una emergencia o suspensión de labores, con sólo el aula virtual.

Los mecanismos de evaluación que actualmente se proponen son:
- exámenes parciales,
- examen final,
- trabajos y tareas fuera del aula,
- actividades prácticas,
- exposición de seminarios por los alumnos,
- participación en clase,
- proyecto final y
- asistencia.

Se propone se elimine la parte de asistencia, ya que si el alumno opta por la opción del aula virtual, por cuestiones de trabajo o enfermedad, no le afecte a su calificación, siempre y cuando cumpla con el resto de las actividades.

El programa de la asignatura pide que el profesor(a) que la imparta cuente con el perfil profesiográfico de una licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica, Maestría en energía o Maestría en ambiental.
Consideramos que el perfil que se solicita es adecuado para la impartición de la asignatura aunque se pueden incluir las licenciaturas en Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Energía.

BIBLIOGRAFÍA

El temario actual contempla la siguiente bibliografía:

Bibliografía básica

• Alfayate Blanco José Marcos, González Delgado, Nieves, Orozco Barrenetxea, Carmen, Pérez Serrano, Antonio, Francisco J., Rodríguez Vidal, Contaminación ambiental. Una visión desde la química, España, Editorial Paraninfo, 2008.
• Jiménez Cisneros, Blanca Elena, La contaminación ambiental en México, México, Editorial LIMUSA S. A. de C. V. 2008.
• Gilbert M. Masters, Introducción a la ingeniería medioambiental, España, Editorial Pearson, 2008.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

• Gil García, Gregorio, Energías del Siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas, España, Editorial Mundi – Prensa, 2008.
• Adame Romero, Aurora, Contaminación ambiental, México, Editorial Trillas, 2000.

Bibliografía complementaria

• Calderón Salinas, José Víctor, Contaminación e intoxicación por plomo, México, Editorial Trillas, 2008.
• García Colín Scherer, Leopoldo, Contaminación atmosférica 6, Editorial Colegio Nacional, México, 2007.
• Wark, Kenneth, Contaminación del aire origen y control, Editorial LIMUSA S. A. de C. V. Argentina, 2007.
• Freeman, A. Myrick, Control de la contaminación del agua y el aire, Editorial LIMUSA, México, 2007.
• Turk, Amos, Turk, Jonathan, Wittes, Janet T. Turk, Amos, Ecología contaminación medio ambiente, Editorial Mc Graw Hill/Intera, México, 2007.

Se propone incluir en la bibliografía básica a:
• Mihelcic, J., y Zimmerman, J. 2012. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño. México. Alfaomega.

Mientras que para la bibliografía complementaria se propone a:
• Kiely, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. España. McGraw Hill.

En cuanto a los sitios web recomendados, actualmente se tienen los siguientes enlaces:

• http://cofepris.salud.gob.mx/bv/libros/Cap02.pdf
• http://www.conae.gob.mx
• http://www.semarnat.gob.mx
• http://www.energia.inf.cu
• http://www.cfe.gob.mx

Debido al cierre de enlaces web, se proponen se eliminen de los sitios recomendados:

• http://cofepris.salud.gob.mx/bv/libros/Cap02.pdf
• http://www.conae.gob.mx
• http://www.energia.inf.cu
• http://www.cfe.gob.mx

y se incluyan los enlaces web:

• https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/
• https://sinaica.inecc.gob.mx/
• https://globalcarbonatlas.org/
• https://www.gob.mx/conagua/documentos/almacenamiento-en-presas-del-sistema-cutzamala
• https://www.cfe.mx/paese/ahorroenergia/Pages/default.aspx
• https://www.gob.mx/conuee/que-hacemos

PROPUESTA DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS

El temario propuesto se muestra en la tabla 2:

Tabla 2.- Temario Propuesta para Ingeniería Ecológica

UNIDAD	TEMAS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS
1	Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental	4	0
2	Contaminación del Aire	7	6
3	Contaminación del Agua	7	6
4	Contaminación del Suelo	7	6
5	Energías Limpias	7	12
6	Contaminación Térmica	4	0
7	Contaminación por Ruido	4	2
8	Contaminación Radiactiva	4	0
9	Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible en la Industria	4	0
	Total de Horas	48	32
	Suma Total de las Horas	80	

Los subtemas que contendría el temario propuesto es el siguiente:
Tema 1 Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental
1.1 Sistemas ecológicos y comunidades
1.2 Relaciones tróficas
1.3 Población
1.4Contaminación y tipos

Tema 2 Contaminación del Aire
2.1 Introducción
2.2 Características del aire
2.3 Contaminantes atmosféricos
2.4 Sistemas de control de contaminación atmosférica
2.5 Efectos sobre la salud
2.6 Inversión térmica y efecto invernadero
2.7 Cambio climático
2.8 Programas de control de la contaminación
2.9. Normas Mexicanas

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

2.10 Practica: Construcción de un filtro electrostático

Tema 3 Contaminación del Agua
3.1. Introducción
3.2 Calidad del agua
3.3 Características de aguas superficiales y subterráneas
3.4 Contaminación del agua
3.5 Efectos sobre la salud
3.6 Remoción de contaminantes
3.7 Tratamiento de aguas
3.8 Abastecimiento del agua a la ZMVM
3.9 Uso del agua y ahorro de agua
3.10 Métodos de prevención
3.11 Normas Mexicanas
3.12 Práctica: Construcción de filtro natural
3.13. Práctica: Reciclado de agua y captación pluvial

Tema 4 Contaminación del Suelo
4.1 Introducción
4.2 Contaminación del suelo
4.3 Remoción de contaminantes
4.4 Generación y manejo de desechos
4.5 Disposición final de deshechos
4.6 Efectos sobre la salud
4.7 Erosión
4.8 Normas Mexicanas
4.9 Práctica: Reciclado de papel
4.10 Práctica: Medición de la erosión
4.11. Práctica: Reciclado de Materia Orgánica (biodigestor)

Tema 5 Energías Limpias
5.1 Introducción
5.2 Energía solar
5.3 Energía eólica
5.4 Energía mareomotriz
5.5 Bioenergía
5.6 Energía hidráulica
5.7 Celdas de combustible
5.8 Práctica: Calentador solar de agua
5.9 Práctica: Secado solar de productos
5.10 Práctica: Cocción de alimentos

Tema 6 Contaminación Térmica
6.1 Introducción
6.2 Contaminación térmica
6.3 Principales causas de la contaminación térmica
6.4 Efectos sobre el hombre y el medio ambiente
6.5 Efecto invernadero
6.6 Medidas de control
6.7 Normas Mexicanas

Tema 7 Contaminación por Ruido
7.1 Introducción
7.2 Contaminación por ruido
7.3 Efectos sobre el hombre y el medio ambiente
7.4 Control y reducción de la contaminación
7.5 Normas Mexicanas

Tema 8 Contaminación Radiactiva
8.1 Introducción
8.2 Contaminación radiactiva
8.3 Manejo de desechos radiactivos
8.4 Efectos sobre el hombre y el medio ambiente
8.5 Lluvia radiactiva
8.6 Programas de control
8.7 Normas Mexicanas

Tema 9 Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible en la Industria
9.1 Metodología para evaluar el impacto ambiental de la industria
9.2 Técnicas y Modelos de evaluación.
9.3 Sistemas de Gestión Ambiental
9.4 Ciclo de Vida Física de un producto
9.5 La ética dentro de la evaluación del impacto ambiental
9.6 Aspectos básicos de Desarrollo Sostenible
9.7 Estrategias para un Desarrollo Sostenible
9.8 Normas Oficiales.

CONCLUSIONES

Ningún temario contendrá todos los temas posibles dedicados a una asignatura, ya sea Ingeniería Ecológica o Impacto Ambiental, esto debido a que existe una carrera universitaria con el nombre de:

- Ingeniería Ambiental y Sustentabilidad (impartida en la Universidad Tecnológica de México, UNITEC)
- Ingeniería Ambiental (impartida en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP; Facultad de Ingeniería, FI-UNAM; Universidad Autónoma Metropolitana plantel Azcapotzalco, UAM-Azcapotzalco; Universidad de Las Américas, UDLA-Puebla) [IX].

Estas carreras tienen poco tiempo de ofrecerse al estudiantado por lo cual es muy limitado el número de instituciones que ofrecen dichas carreras.

Consideramos que es importante que se ofrezca como asignatura, para nuestro caso de estudio, en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica que se imparte actualmente en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán; con la finalidad de que el ingeniero obtenga los conocimientos necesarios para que pueda realizar diseños, tratamientos y/o programas que puedan disminuir (y en su caso abatir) la contaminación al medio ambiente debido a los procesos de trabajos e industriales.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

También funciona como un puente para incentivar la generación de diseños de tecnologías limpias y para que el estudiante de la carrera de IME seleccione el módulo terminal de ENERGÍA, la cual se estudia en el último semestre de la carrera como módulo de especialización.

A lo largo de los años en los que se ha impartido la asignatura de Ingeniería Ecológica los alumnos de la carrera de IME han cambiado la forma de pensar sobre esta asignatura; ya que al inicio de la impartición de la asignatura la mayoría de los estudiantes tomaban la asignatura como asignatura de relleno, es decir, no entendían el objetivo de la impartición de la asignatura.

Conforme se iban introduciendo los alumnos al temario fueron descubriendo la importancia de la Ecología dentro del ramo de la ingeniería, desatando polémicas constructivas dentro del salón de clases.

Al finalizar el curso de la materia los estudiantes de IME salen con una nueva perspectiva y enfoque de lo que trata la Ingeniería Ecológica como tal. Si bien no todos los estudiantes salen con otra perspectiva referente a la relación del medio ambiente con la ingeniería, se estima que un 65% del alumnado entiende la importancia del medio ambiente dentro de la rama de la ingeniería.

También la asignatura da pie a que los estudiantes de ingeniería desarrollen trabajos de tesis enfocados a la innovación y diseño de tecnologías limpias.

Al momento de realizar la comparación del temario de la asignatura que se imparte en la FES-Cuautitlán con otras instituciones educativas nos encontramos que en sus temarios sólo abarcan las contaminaciones que se ven y cuantifican Contaminación del Aire, Contaminación de Agua y Contaminación del Suelo); menosprecian los demás tipos de contaminación existentes (Térmica, Acústica, Radiactiva, Lumínica, etc.) y que hoy en día la comunidad científica ha demostrado que son tan importantes como los primeros antes mencionados.

Sin embargo, se debe señalar que el temario de las otras instituciones educativas se enfocan en la sustentabilidad ambiental que deben tener las industrias de producción.

El temario que ofrece la materia de Ingeniería Ecológica, nos ofrece un temario completo de los diferentes tipos de contaminación existentes en el medio ambientes, sin embargo, como se indicó al inicio de las conclusiones, ningún temario contendrá todos los temas posibles dedicados a una asignatura, por lo que es susceptible de mejoras y eso es lo principal, reconocer qué temas faltan por tratar en la asignatura para que los estudiantes de ingeniería salgan mejor preparados al campo laboral y puedan desempeñarse mejor.

El presente trabajo es un breve resumen de lo que se ofrece dentro de la asignatura, comparándolo con el temario de materias similares que se ofrecen en otras instituciones considerando carreras de estudios similares, y mejoras en su temario de estudios.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

I. Información y plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Disponible en: https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/

II. Temario de la asignatura de Ingeniería Ecológica impartida en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Disponible en: https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/descargas/ING_ECOLoGICA.pdf

III. Temario de la asignatura Sistemas de Mejoramiento Ambiental impartida en la carrera de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Disponible en: https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/mecanica.php

IV. Información y plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica. Facultad de Estudios Superiores Aragón. Disponible en: https://www.aragon.unam.mx/fes-aragon/#!/oferta-academica/licenciaturas/mecanica

V. Información y plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica. Universidad de Guanajuato. Disponible en: https://www.ugto.mx/licenciaturas/por-area-del-conocimiento/ingenierias/ingenieria-mecanica

VI. Temario de Impacto Ambiental impartido en la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Guanajuato. Disponible en: https://blogs.ugto.mx/rea/guia-didactica-impacto-ambiental

VII. Información y plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Disponible en: https://fim.umich.mx/mecanica/licenciatura/PLAN%20DE%20ESTUDIOS%20FIM(2017).pdf

VIII. Temario de Impacto Ambiental impartido en la carrera de Ingeniería Mecánica en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Disponible en: https://fim.umich.mx/mecanica/materias/Modulo4/Impacto_Ambiental_2021.pdf

IX. Página web de MEXTUDIA. Disponible en: https://mextudia.com/carreras/ingenieria-ambiental/

INFORMACIÓN ACADÉMICA

En esta sección se solicita se incluya la información académica de cada uno de los integrantes del artículo como sigue:

Víctor Hugo Hernández Gómez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Maestro en Ingeniería orientación Metal Mecánica egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y Doctor en Ingeniería orientación Energía del Centro de Investigación en Energía de la UNAM.

Gilberto Chavarría Ortiz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-06, pág.: 1 a la 11.

Omar Olvera García: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Técnico académico, Departamento de Ingeniería y tecnología.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-07, pág.: 1 a la 6.

Material didáctico para la asignatura de Ingeniería ecológica

*Gilberto Chavarría Ortiz Víctor Hugo Hernández Gómez, Omar Olvera García**

RESUMEN

En la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME), la cual se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán) tiene como objetivo, formar profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Así mismo, el egresado de la carrera poseerá diferentes conocimientos fundamentales de la ingeniería mecánica eléctrica con la finalidad de solucionar los diferentes problemas que se presentan dentro del ramo de la mecánica y la eléctrica.

Además de que contará con las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones en diversas áreas como elemento medular para el trabajo interdisciplinario.

Dentro del plan de estudios actual (2012) de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) se imparte la asignatura de Ingeniería Ecológica en octavo semestre de la carrera.

La asignatura trata de ofrecer un panorama general sobre la contaminación del agua, aire, suelo, ruido y radiactivo; así mismo se dan nociones esenciales de las denominadas Energías Limpias.

En el presente artículo se explicará la metodología empleada en la elaboración y actualización del material didáctico que se presenta a los estudiantes de la carrera de IME dentro de la asignatura Ingeniería Ecológica, con la finalidad de que los alumnos dispongan de una guía de estudio para una mejor comprensión de los temas contenidos dentro del temario de la asignatura.

ABSTRACT

The Mechanical Electrical Engineering (IME) course, which is taught at the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán), aims to train high-level professionals in the field of Mechanical Electrical Engineering.

Likewise, graduates of the course will possess different fundamental knowledge of mechanical electrical engineering to solve the different problems that arise within the field of mechanics and electricity.

In addition, they will have the necessary skills to perform their functions in various areas as a core element for interdisciplinary work.

Within the current curriculum (2012) of the Mechanical Electrical Engineering (IME) course, the subject of Ecological Engineering is taught in the eighth semester of the course.

The course tries to offer a general overview of water, air, soil, noise and radioactive contamination; it also provides essential notions of the so-called Clean Energies. This article will explain the methodology used in the development and updating of the teaching material presented to IME students within the subject of Ecological Engineering, with the aim of providing students with a study guide for a better understanding of the topics contained within the subject syllabus.

Palabras claves:
Contaminación, Temario, Material Didáctico, Ingeniería Ecológica.

INTRODUCCIÓN

Figura1.- Logotipo de la carrera de IME. FES-Cuautitlán
Fuente: Coordinación de la carrera de IME. FES-Cuautitlán

En el plan actual (Plan 2012) [I] de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME); la cual se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y que tiene una duración de nueve semestres dentro de un sistema escolarizado; se imparten 53 asignaturas, de las cuales 48 son obligatorias, 3 son obligatorias de elección y 2 son optativas, con un total de 416 créditos; los cuales están divididos en tres ciclos de formación:

- formación general con un total de 162 créditos,
- formación básica en el campo profesional y disciplinario, con un total de 214 créditos y
- profundización disciplinaria con un total de 40 créditos.

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería, gchoz70@comunidad.unam.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-07, pág.: 1 a la 6.

El plan de estudios actual cuenta con seis campos terminales, los cuales son:

- energía,
- diseño mecánico y fabricación,
- mecatrónica,
- sistemas de potencia,
- ingeniería en iluminación,
- utilización de la energía eléctrica.

El objetivo actual de la carrera de IME es el siguiente:
"*formar profesionales de alto nivel en el campo de la Ingeniería Mecánica Eléctrica, que sean capaces de diseñar, innovar, desarrollar, integrar, planear, generar tecnología y mejorar los niveles de calidad para incrementar la productividad y competitividad de la industria de la transformación, metalmecánica y en el ramo de la industria eléctrica en sus áreas de generación, transmisión y distribución, para beneficio de la sociedad*".

El perfil que tendrá el egresado de la Licenciatura de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-Cuautitlán) son:

- Poseerá conocimientos sólidos de las ciencias básicas que sustentan los principios de la ingeniería mecánica eléctrica.
- Poseerá los conocimientos fundamentales de la ingeniería mecánica eléctrica tales como diseño mecánico, instalaciones eléctricas, manufactura, máquinas eléctricas, tecnología de los materiales, mecánica de fluidos, transferencia de calor, generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.
- Tendrá conocimientos del estudio de materiales, automatización de procesos y máquinas, robótica, uso de energía, iluminación, aseguramiento de calidad, diseño de equipo térmico y de herramental.
- Tendrá el dominio de las herramientas computacionales y la capacidad para la solución de problemas tecnológicos, con experiencia en el uso de software aplicado al dibujo, diseño y manufactura asistido por computadora.
- Poseerá aptitudes para aplicar el razonamiento científico a la solución de problemas prácticos y la habilidad para detectar y definir la naturaleza esencial de los problemas propios de la ingeniería, así como para desarrollar y adaptar la metodología más adecuada para su solución.
- Contará con saberes básicos de administración, ciencias sociales y humanidades.
- Contará con la capacidad, responsabilidad y compromiso para trabajar en equipo, así como para formar y dirigir grupos de trabajo.
- Tendrá visión del desarrollo humano y será capaz de participar en actividades sociales, culturales y deportivas que complementen su desarrollo personal y profesional.
- Tendrán las habilidades necesarias para desempeñar sus funciones en diversos sectores sociales, como elemento medular para el trabajo interdisciplinario.

Sus actividades más características serán el diseño de máquinas y equipos, el diseño de herramental, el diseño de procesos productivos y de manufactura, el diseño y manufactura asistidos por computadora, la supervisión de líneas de producción, el estudio y aplicación de nuevos materiales, el mantenimiento de instalaciones y equipos, la generación, distribución, control y aprovechamiento de la energía eléctrica, además de la consultoría.

Dentro del plan de estudios del octavo semestre de la carrera de IME se imparte, de carácter obligatoria, la asignatura de Ingeniería Ecológica con clave 1822, la cual consta de tres horas de enseñanza teórica y dos horas de taller, dando un total de 8 créditos [II].

El objetivo final que tiene la asignatura Ingeniería Ecológica es:
"El alumno de IME obtendrá los conocimientos suficientes para reducir y evitar la contaminación tanto en el área de trabajo como en procesos en la industria, aplicando tecnologías limpias de nueva generación".

Con la finalidad de que el estudiante de la carrera de IME pueda asimilar los conceptos contenidos dentro del temario de la asignatura Ingeniería Ecológica, se han redactado materiales didácticos como un auxilio para dicho fin.

Para la redacción de dichos materiales didácticos se tomaron en consideración los siguientes puntos:

- Temario de la asignatura.
- Búsqueda de la información.
- Redacción de los materiales didácticos.
- Actualización de los materiales didácticos.
- Resultados.
- Conclusiones.

TEMARIO DE LA ASIGNATURA

El temario de Ingeniería Ecológica consta de 8 unidades los cuales se muestran en la tabla 1:

Tabla 1.- Temario actual de la asignatura Ingeniería Ecológica

UNIDAD	TEMAS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS
1	Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental	4	0
2	Contaminación del Aire	8	6
3	Contaminación del Agua	8	6

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-07, pág.: 1 a la 6.

4	Contaminación del Suelo	8	6
5	Energías Limpias	8	14
6	Contaminación Térmica	4	0
7	Contaminación por Ruido	4	0
8	Contaminación Radiactiva	4	0
Total de Horas		48	32
Suma Total de las Horas		80	

Fuente: Licenciatura de IME impartida en la FES-Cuautitlán

A continuación se realiza una breve explicación de los temas contenidos en el temario de la asignatura de Ingeniería Ecológica:

Tema 1 Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental. - El primer tema se enfoca en adquirir los conceptos básicos necesarios que son esenciales para el estudiante de la asignatura, con el propósito de que comprenda la importancia de la ecología dentro de la rama de la Ingeniería. Los cuatro subtemas que comprende es capítulo son: Sistemas ecológicos y comunidades; Relaciones tróficas; Población; Contaminación y tipos.

Tema 2 Contaminación del Aire. - El capítulo se enfoca en conocer lo que es el aire, los diferentes contaminantes que influyen en la calidad del aire (tanto en el área de trabajo como en una región), consecuencias a la salud (humana, vegetal y animal), los sistemas de control y tratamientos para los efectos negativos de los contaminantes dentro de la atmósfera y área de trabajo y las normas mexicanas que rigen los programas de control.

Tema 3 Contaminación del Agua. - En el capítulo 3 se da el concepto del agua, los tipos existentes de agua, cómo se mide la calidad del agua, las diferentes fuentes de este vital líquido, sus características fisicoquímicas, los agentes contaminantes, remoción y tipos de tratamientos, las normas oficiales que deben ser acatadas para asegurar una calidad óptima del agua y el abastecimiento del agua potable a la Zona Metropolitana del Valle de México.

Tema 4 Contaminación del Suelo.- Este tema se enfoca en conocer lo qué es el suelo, las características de cada tipo de suelo, conocer los tipos de suelos óptimos para la agricultura y ganadería, las diferentes fuentes que contaminan el suelo, lo que son los residuos, los tipos de residuos y/o desechos, la generación y el manejo que se debe realizar en la disposición de los desechos, los tipos de erosión que se presentan en el suelo, la remoción y tratamientos a los agentes contaminantes del suelo y las normas oficiales que se deben cumplir para un óptimo tratamiento y disposición de residuos.

Tema 5 Energías Limpias. - El capítulo trata de dar una breve introducción de las diferentes tecnologías de las llamadas energías limpias: Energía Solar, Energía Eólica, Energía Mareomotriz, Energía Hidroeléctrica, Biocombustible y las Celdas de combustibles.

Tema 6.- Contaminación Térmica. – En este tema se da el concepto de energía térmica, origen y fuentes de energía térmica, la definición de contaminación térmica, fuentes emisoras de contaminación térmica, efectos sobre el humano y el medio ambiente, los medios actuales con las cuales se controla la emisión de energía térmica y las normas oficiales mexicanas con las cuales se basa el control de dichas emisiones térmicas.

Tema 7 Contaminación por Ruido. - En este capítulo se da una introducción a lo que es la contaminación acústica; se explica la importancia de este tipo de contaminación dentro del medio ambiente, ya que dicho tipo de contaminación, al no ser es visible, perturba de otra forma la calidad de vida del ser humano y el medio ambiente, la relación de usos y costumbres dentro de la contaminación por ruido y la importancia de controlar los niveles de ruido dentro del medio ambiente.

Tema 8 Contaminación Radiactiva. - En este capítulo se ofrece un panorama de lo que es la contaminación radiactiva, las diferentes fuentes de contaminantes radiactivos, sus métodos de control y disposición del material radiactivo así como las normas oficiales mexicanas que se deben cumplir.

BUSQUEDA DE INFORMACIÓN

Para empezar a elaborar los materiales didácticos se tomó como base la bibliografía básica sugerida y los sitios web sugeridos por el temario de la asignatura:

- Alfayate Blanco José Marcos, González Delgado, Nieves, Orozco Barrenetxea, Carmen, Pérez Serrano, Antonio, Francisco J., Rodríguez Vidal, *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*, España, Editorial Paraninfo, 2008.
- Jiménez Cisneros, Blanca Elena, *La contaminación ambiental en México*, México, Editorial LIMUSA S. A. de C. V. 2008.
- Gilbert M. Masters, *Introducción a la ingeniería medioambiental*, España, Editorial Pearson, 2008.
- Freeman, A. Myrick, *Control de la contaminación del agua y el aire*, Editorial LIMUSA, México, 2007.
- http://www.semarnat.gob.mx

Para complementar los temas restantes se tomaron las siguientes fuentes:
Para el tema de Aspectos Generales de Ecología y Contaminación Ambiental;

- http://www.idea.unal.edu.co/publica/docs/ecolg_cultura.pdf
- https://naturaleza.paradais-sphynx.com/ecologia/poblacion.htm

- http://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades11.pdf

Para el tema de Contaminación del Aire;
- https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/contaminacion/
- Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Visión 2017-2030. Gobierno de la República. SEMARNAT. 2017.
- Informe Nacional de Calidad del Aire 2021. INECC-SEMARNAT. México. 2022.
- Informe Nacional de Calidad del Aire 2014. INECC-SEMARNAT. México. 2015.
- Riojas Rodríguez H., Alamo U. Estado del Conocimiento sobre los efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Informe Final 2009. CDMX-Secretaria del Medio Ambiente-ICyTDF-Instituto Nacional de Salud Pública. México. Noviembre 2009.

Para el tema de Contaminación del Agua;
- http://agua.org.mx
- http://sina.conagua.gob.mx/sina
- Estadísticas del Agua en México. Edición 2015. SEMARNAT/CONAGUA.
- Estadísticas del Agua en México. Edición 2018. SEMARNAT/CONAGUA.
- Dr. Felipe I. Arrequín Cortés, Ing. Mario O. Buenfil Rodríguez. Recomendaciones para Ahorrar Agua. Julio 2006. Unidad de Comunicación Social de CONAGUA.
- Manual de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Utilizados en Japón. 2013. SEMARNAT/CONAGUA.
- Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y Tratamiento de Aguas Residuales en Operación Diciembre 2006. Agosto 2007. CONAGUA/SEMARNAT.
- Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. 2010. CONAGUA/SEMARNAT.
- Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, 2020.
- https://www.gob.mx/conagua/documentos/inventario-de-plantas-municipales-de-potabilizacion-y-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-operacion

Para el tema de Contaminación del Suelo;
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMARNAT).
- Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. 2015. SEMARNAT.
- https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu
- https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/cap7.html
- López Falcón R. Degradación del Suelo, Causas Procesos Evaluación e Investigación. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial Universidad de los Andes. Venezuela. 2002.

Para el tema de Energías Limpias;
- García Díaz Marta. Diseño de una Planta Fotovoltaica de Conexión a Red. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2015.
- Boletín Energías Limpias. Volumen 4. N° 34. Marzo 2018. SENER. México.
- Información General Sobre Energía Eólica.
- http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica
- Ramos G. L. de J, M. Montenegro F. Las centrales hidroeléctricas en México: pasado, presente y futuro. Tecnología y Ciencias del Agua, vol. III, núm. 2. 2012. México.
- http://www.rba-ambiental.com.ar/bioenergia/que-es-la-bioenergia/
- Burgos F., Oporto C. La Biomasa Como Fuente de Energía Sustentable. Universidad Austral de Chile. 2010. Chile

Para el tema de Contaminación Térmica;
- Loera G. Rogelio. Contaminación Térmica. México. 2010.
- http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es
- https://www.iberdrola.com/te-interesa/medio-ambiente/consecuencias-efecto-invernadero
- https://tecreview.tec.mx/estas-las-reglas-la-cop24-frenar-cambio-climatico/

Para el tema de Contaminación por Ruido;
- https://www.absorcionacustica.com/10-conceptos-clave-sobre-acustica/
- https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-contaminacion-acustica-y-como-nos-afecta-1069.html
- http://www.autosrpm.com/movilidad/leyes-contra-ruido-y-contaminacion-acustica/
- https://info.mimi.io/world-hearing-index-2021

Para el tema de Contaminación Radiactiva;
- Blakemore, E. (2019). El desastre de Chernóbil: qué ocurrió y cuáles son sus efectos a largo plazo. Marzo 26, 2020, de National Geographic. https://www.nationalgeographicla.com/historia/2019/05/el-desastre-de-chernobil-que-ocurrio-y-cuales-son-sus-efectos-largo-plazo.
- Martins, A. (2019). Fukushima: las más de 1.200 muertes que causó el accidente nuclear (y que no estuvieron relacionadas con la radiación). Marzo 26, 2020, de BBC. https://www.bbc.com/mundo/noticias-50475374

- CSN. (2019). Tratamiento de residuos radiactivos. Marzo 26, 2020, de CSN. https://www.csn.es/tratamiento-de-residuos-radiactivos1
- EcuRed. (2017). Lluvia radiactiva. Marzo 26, 2020, de EcuRed. https://www.ecured.cu/Lluvia_radiactiva
- Gobierno de México. (2019). Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear. Marzo 26, 2020, de Gobierno de México. https://www.gob.mx/cnsns/documentos/normas-oficiales-mexicanas-en-materia-nuclear-56078

REDACCIÓN DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

La redacción de los materiales didácticos se realizó de acuerdo con el temario de la asignatura, con un vocabulario que fuera de fácil lectura para el estudiante de IME, con la intención de que tuviera una mejor comprensión de los temas que se tratan dentro de Ingeniería Ecológica.
Así mismo se incluyen sitios web de interés para el estudiante de la materia, tales como:

- Sistema de Información de la Calidad del Aire en México [III]
- IQAir Earth [IV]
- Sistema Nacional de Información del Agua [V]
- Almacenamiento en Presas del Sistema Cutzamala [VI]
- Global Carbon Atlas [VII]

ACTUALIZACIÓN DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

Los materiales didácticos redactados se actualizan semestre tras semestre, tomando en consideración la opinión de los estudiantes de IME, los datos referentes a los informes de calidad del aire, calidad del agua, calidad del suelo, novedades en las tecnologías de energías limpias, lo referente a la contaminación térmica, los análisis de la contaminación por ruido y radiactiva.

Las actualizaciones de los datos se basan en los informes oficiales liberados por SEMARNAT y CONAGUA.

RESULTADOS

Actualmente los materiales didácticos elaborados han cumplido con su propósito, brindar un material de apoyo para la mejor comprensión de lo referente con la materia de Ingeniería Ecológica. Los materiales didácticos están a disposición de los estudiantes de la carrera de IME dentro del Aula Virtual de la plataforma Moodle, la cual fue creada en el año 2020 debido a la pandemia de COVID-19.
La opinión de los estudiantes de IME es positiva debido a que los datos contenidos en los materiales didácticos se actualizan constantemente y tienen la libertad de expresar sobre los temas que contienen dichos materiales.
En un inicio, algunos estudiantes de la carrera de IME tenían la idea de que la asignatura Ingeniería Ecológica era una asignatura de relleno, ya que no entendían el objetivo de la materia dentro del plan de estudios de la carrera, sin embargo dicha idea cambia con el transcurrir del semestre y al final, la mayoría de los alumnos entienden la relevancia de la materia dentro de su plan de estudio de la carrera.
El manual de prácticas de laboratorio, el cual se ha agregado dentro de los materiales didácticos, tiene como objetivo de que los estudiantes de laboratorio diseñen los prototipos contenidos en el manual. Se les hace hincapié que utilicen material de reciclaje para que disminuyan sus costos de realización de los prototipos.
También se les comenta a los estudiantes de la carrera de IME que dichos prototipos los pueden aplicar dentro de su uso personal, y por qué no, brindar una solución a los problemas de contaminación del aire, del agua, del suelo, del ruido y térmico.

CONCLUSIONES

Consideramos que los materiales didácticos cumplen con el objetivo de fortalecer la enseñanza de la materia de Ingeniería Ecológica.
A lo largo de los años en los que se ha impartido la asignatura de Ingeniería Ecológica los alumnos de la carrera de IME han cambiado la forma de pensar sobre esta asignatura; puesto que al inicio de la impartición de la materia de Ingeniería Ecológica la mayor parte de los estudiantes de la carrera de IME consideraban la asignatura como asignatura de relleno, es decir, no entendían el propósito de la impartición de la asignatura dentro de su plan de estudio.
Conforme se desarrollaban los temas contenidos en el temario de la asignatura, los alumnos fueron descubriendo la importancia de la Ecología dentro del ramo de la ingeniería, desatando polémicas constructivas dentro del salón de clases.
Al finalizar el curso de la materia, los estudiantes de la carrera de IME tienen una nueva perspectiva y enfoque de lo que trata la Ingeniería Ecológica como tal. Si bien no todos los estudiantes salen con otra perspectiva referente a la relación del medio ambiente con la ingeniería, se estima que, entre un 65 y 75% del alumnado entiende la importancia del medio ambiente dentro de la rama de la ingeniería.
Esta la asignatura también da pie a que los estudiantes de IME desarrollen trabajos de tesis enfocados en la innovación y diseño de tecnologías limpias.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME-UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto PE102724.

REFERENCIAS

I. Información y plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Disponible en: https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/
II. Temario de la asignatura de Ingeniería Ecológica impartida en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Disponible en: https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/des-cargas/ING_ECOLoGICA.pdf
III. Página web del Sistema de Información de la Calidad del Aire en México. Disponible en: https://sinaica.inecc.gob.mx/
IV. Página web IQAir Earth (Calidad de Aire en el Mundo). Disponible en: https://www.iqair.com/mx/earth?nav=
V. Página web del Sistema Nacional de Información del Agua. Disponible en: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/
VI. Página web del Almacenamiento de presas del Sistema Cutzamala. Disponible en: https://www.gob.mx/conagua/documentos/almacenamiento-en-presas-del-sistema-cutzamala
VII. Página web del Global Carbon Atlas. Disponible en: https://globalcarbonatlas.org/

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Víctor Hugo Hernández Gómez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Maestro en Ingeniería orientación Metal Mecánica egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y Doctor en Ingeniería orientación Energía del Centro de Investigación en Energía de la UNAM.

Gilberto Chavarría Ortiz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

Omar Olvera García: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Técnico académico, Departamento de Ingeniería y tecnología.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-08, pág.: 1 a la 4.

Material didáctico para la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración

Víctor Hugo Hernández Gómez*, Gilberto Chavarría Ortiz*, Omar Olvera García **

RESUMEN

En el presente artículo se describen algunas de las acciones que se han realizado para la actualización del temario y material didáctico de la asignatura de aire acondicionado y refrigeración.

ABSTRACT

This article describes some of the actions that have been carried out to update the syllabus and the teaching materials for the subject of air conditioning and refrigeration..

Palabras claves: Aire acondicionado, material didáctico, libro, aula virtual.

INTRODUCCIÓN

Con el proyecto PAPIME titulado Nuevos recursos didácticos para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas de Ingeniería ecológica y Aire acondicionado y refrigeración para las modalidades en línea y mixta, de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la FESC, se generaron aulas virtuales en Classroom para las asignaturas involucradas en el proyecto, donde se incluyó material didáctico, actividades a desarrollar por los alumnos y actividades de evaluación. Con el proyecto PAPIME PE102724, titulado Mejoramiento al proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas de Ingeniería ecológica y Aire acondicionado y refrigeración de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la FESC, se ha estado revisando todos los recursos que se tienen para la impartición de la asignatura, como es la revisión del programa de estudio, las prácticas de laboratorio y el material didáctico con el que se contaba en el aula virtual. En el presente documento se describen algunas de las acciones que se están realizando para la mejora de la enseñanza teórica y experimental de la asignatura de Aire acondicionado y refrigeración.

ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Se revisaron los temarios de asignaturas equivalentes a la de Aire acondicionado y refrigeración de carreras similares a la de Ingeniería Mecánica Eléctrica, tanto de instituciones de la UNAM como de instituciones externas. Después de revisar los perfiles de egreso y los objetivos de las carreras y de revisar los objetivos de las asignaturas así como sus programas de estudios, se generó la propuesta de temario para la FESC la cual incluye:

Capítulo 1. La importancia del acondicionamiento del aire y el Confort térmico
1.1. Importancia del acondicionamiento del aire
1.2. Condiciones de confort
1.3. Comodidad en interiores
1.3.1. Factores que influyen en la comodidad.
1.3.1.1. Temperatura del aire
1.3.1.2. Humedad relativa del aire.
1.3.1.3. Movimiento del aire.
1.3.2. Sensación de comodidad.
1.3.2.1. Índices Termofisiológico de stress térmico
1.3.2.1. Índices Termopsicológicos de confort térmico
1.4. Métodos para la obtención de la zona de confort térmica
1.5. Tablas y diagramas de apoyo para el estudio del bioclima
1.5.1. Tabla de condiciones térmicas de la edificación
1.5.2. Diagrama Bioclimático de Givoni
1.5.3. Diagrama Bioclimático de Olgyay
1.6. Normas aplicadas a la climatización de edificaciones
1.6.1. Normas oficiales mexicanas de la secretaria del trabajo y previsión social
1.6.2. Normas oficiales mexicanas en eficiencia energética
Capítulo 2. Conceptos generales y psicrométricos para el acondicionamiento del aire
2.1. Conceptos de termodinámica
2.2. Propiedades de la mezcla aire – vapor de agua
2.2.1. Carta psicrométrica
2.2.2. Tablas psicrométricas
2.3. Mezcla de dos flujos de aire
2.4. Leyes psicrométricas
2.5. Procesos psicrométricos
2.5.1. Proceso de calentamiento
2.5.2. Proceso de enfriamiento
2.5.3. Proceso de humidificación
2.5.4. Proceso de deshumidificación
2.5.5. Proceso de enfriamiento y deshumidificación
2.5.6. Proceso de enfriamiento y humidificación
2.5.7. Proceso de calentamiento y deshumidificación
2.5.8. Proceso de calentamiento y humidificación
2.6. Cálculo del flujo de aire necesario, calor sensible o latente, y humedad.
Capítulo 3. Comportamiento térmico del espacio a climatizar
3.1. Carga térmica de la edificación
3.2. Ganancias de calor por los ocupantes
3.3. Ganancia de calor por los equipos
3.4. Ganancia o pérdida de calor por el medio ambiente
3.5. Ganancia de calor por radiación solar
3.6. Otras ganancias o pérdidas de calor
3.7. Cálculo con flujo de aire

* Departamento de Ingeniería, FESC. vichugo@unam.mx.
** Departamento de Ingeniería y tecnología, FESC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-08, pág.: 1 a la 4.

3.8. Reducción de la carga térmica
3.8.1. Aislantes térmicos
3.8.2. Control solar y recubrimientos
3.8.3. Vegetación
Capítulo 4. Sistemas para el acondicionamiento del aire
4.1. Sistemas activos
4.1.1. Pasos para el diseño y selección de sistemas activos
4.1.2. Sistemas activos para el control térmico
4.1.3. Sistemas activos para el control de humedad
4.2. Sistemas híbridos
4.3. Sistemas pasivos
4.3.1. Pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos
4.3.2. Sistemas para el control térmico
4.3.3. Sistemas para el control de humedad
4.3.4. Pasos para el diseño térmico de edificaciones con sistemas pasivos
4.3.5. Simulación térmica, modelado matemático y validación experimental
Capítulo 5. Refrigeración
5.1. Definición, importancia y aplicaciones de refrigeración
5.2. Ciclo mecánico de refrigeración
5.3. Refrigeración por compresión
5.3.1. Elementos del sistema de refrigeración por compresión
5.4. Refrigeración por absorción
5.4.1. Elementos del sistema de refrigeración por absorción
5.5. Refrigerantes, lubricantes, tuberías y accesorios
5.5.1. Clasificación y selección de Refrigerantes
5.5.2. Clasificación y selección de lubricantes
5.5.3. Tuberías, válvulas y accesorios de refrigeración
5.5.4. Sistemas de control en refrigeración
5.6. Bombas de calor

ACTUALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

La asignatura no cuenta con laboratorio como tal sino tiene asignadas dos horas de taller, donde se les brinda tiempo para realizar ejercicios de los temas o alguna actividad práctica. Las actividades prácticas que aún se están revisando y actualizando son:

A. Construcción de Carta Psicrométrica.
Práctica 1.- Construcción de la Carta Psicrométrica para Cuautitlán, Edo. de México.

B. Opciones para la modificación de Temperatura y humedad del aire.
Práctica 2.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 3.- Procesos de calentamiento, enfriamiento, humidificación y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.
Práctica 4.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando métodos convencionales.
Práctica 5.- Procesos de calentamiento y humidificación, calentamiento y deshumidificación, enfriamiento y humidificación y enfriamiento y deshumidificación del aire, empleando sistemas pasivos.

C. Reducción de la carga térmica del espacio a climatizar.
Práctica 6.- Reducción de la carga térmica empleando Aislantes térmicos.
Práctica 7.- Reducción de la carga térmica empleando pinturas reflexivas, película de control solar y orientación de la edificación.

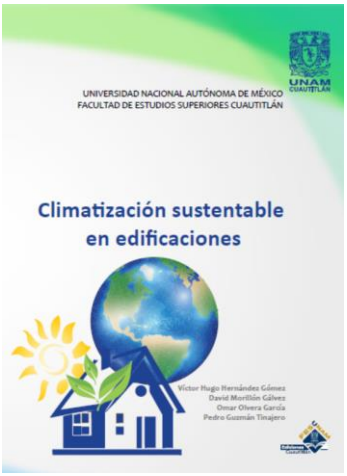
D. Sistema de refrigeración
Práctica 8.- Principio de operación de un sistema de refrigeración.

ACTUALIZACIÓN DE LOS APUNTES

Debido a que se propone modificar el temario de la asignatura, se ha estado trabajando en la actualización de los apuntes, donde se incluyan los nuevos temas y se refuercen los que ya estaban.

Por otro lado y como una actividad adicional al proyecto, pero como apoyo a la comprensión de esta asignatura, se concluyó la publicación del libro Climatización sustentable en edificaciones de los autores Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez, Dr. David Morillón Gálvez, Ing. Omar Olvera García y Dr. Pedro Guzmán Tinajero. En la Figura 1 se presenta el libro editado.

Figura 1. Libro Climatización sustentable en edificaciones



Fuente: Propia.

El libro tiene como temario los siguientes temas:

Introducción
I.1. Importancia de la climatización en edificios
I.2. Objetivo del libro

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-08, pág.: 1 a la 4.

Capítulo 1.- Sistemas para la climatización de edificios
1.1. Sistemas para el acondicionamiento del aire
1.2. Sistemas activos
1.3. Sistemas híbridos
1.4. Sistemas pasivos
1.4.1. Sistemas pasivos para el control térmico
1.4.2. Sistemas pasivos para el control de humedad
1.4.3. Sistemas para el control solar
1.4.4. Alternativas: Aislantes térmicos y construcción en función del clima del lugar
1.4.5. Ejemplos de edificaciones con sistemas pasivos
1.4.6. Metodología para el diseño térmico de edificios con sistemas pasivos

Capítulo 2.- Conceptos generales y psicrométricos para la climatización de edificios
2.1. Conceptos de termodinámica
2.2. Propiedades de la mezcla aire – vapor de agua
2.3. Mezcla de dos flujos de aire
2.4. Leyes psicrométricas
2.5. Proceso de calentamiento
2.6. Proceso de enfriamiento
2.7. Proceso de humidificación
2.8. Proceso de deshumidificación
2.9. Proceso de enfriamiento y deshumidificación
2.10. Proceso de enfriamiento y humidificación
2.11. Proceso de calentamiento y deshumidificación
2.12. Proceso de calentamiento y humidificación
2.13. Ejemplos

Capítulo 3.- Confort térmico en edificios
3.1. Condiciones de confort
3.2. Comodidad en interiores
3.3. Métodos para la obtención de la zona de confort térmica
3.4. Tablas y diagramas de apoyo para el estudio del bioclima
3.4.1. Tabla de condiciones térmicas de la edificación
3.4.2. Diagrama Bioclimático de Givoni
3.4.3. Diagrama Bioclimático de Olgyay

Capítulo 4.- Comportamiento térmico de la edificación
4.1. Carga térmica de la edificación
4.2. Ganancias de calor por los ocupantes Qp
4.3. Ganancia de calor por los equipos Qm
4.4. Ganancia o pérdida de calor por el medio ambiente QMA
4.5. Ganancia de calor por radiación solar Qr
4.6. Otras ganancias o pérdidas de calor
4.7. Cálculo con flujo de aire
4.8. Ejemplos

Capítulo 5.- Sistemas pasivos de climatización: diseño y evaluación
5.1. Características térmicas
5.2. Características ópticas
5.3. Simulación térmica, modelado matemático y validación experimental
5.3.1. Modelo analítico para un sistema de descarga de calor en muro
5.3.2. Modelo analítico para un sistema de descarga de calor en techo
5.4. Normas aplicadas a la climatización de edificios: confort, diseño, evaluación y operación de sistemas.
5.4.1. Normas oficiales mexicanas de la secretaria del trabajo y previsión social
5.4.2. Normas oficiales mexicanas en eficiencia energética

Capítulo 6.- Ejemplo de acondicionamiento del aire en una vivienda
6.1. Datos climatológicos
6.2. Zona de confort y Tabla de temperatura y humedad horaria
6.3. Características de la vivienda
6.4. Propiedades psicrométricas del aire
6.5. Proceso psicrométrico involucrado
6.6. Determinación de la carga sensible de la vivienda
6.6.1. Aporte de calor por habitantes
6.6.2. Aporte de calor por equipos
6.6.3. Flujo de calor con respecto al medio ambiente
6.6.4. Aporte de calor por radiación solar
6.7. Estrategias para reducir la carga de calor sensible de la vivienda.
6.7.1 Aislamiento térmico de la envolvente y empleo de recubrimientos
6.7.2. Técnicas pasivas

MATERIAL DIDÁCTICO Y ACTIVIDADES INTEGRADORAS Y DE EVALUACIÓN

Se han estado generando los apuntes de los nuevos temas, para generar los videos correspondientes e incluirlos en el aula virtual.
Se han estado generando algunos mapas mentales sobre sistemas de climatización, refrigerantes, sistemas pasivos, etc.
Se ha revisado la actividad integradora que se tenia y se propuso sustituirla por una nueva.
Se esta trabajando en la rúbrica de la nueva actividad integradora.
Se esta revisando el examen extraordinario que se tiene.
Se esta revisando y actualizando el aula virtual del examen extraordinario, donde se incluyen los videos de los temas como apoyo al estudiante para su preparación al extra.
Se ha dado mantenimiento a los equipos experimentales con los que se cuenta para la realización de actividades prácticas.

CONCLUSIONES

Con el apoyo del proyecto PAPIME se ha estado renovando, actualizando y generando herramientas para la comprensión de la asignatura de aire acondicionado y refrigeración para la carrera de IME de FES Cuautitlán, empezando por la actualización de su programa de estudio. Se espera que el próximo año se concluya con la actualización de todas las herramientas.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EI-08, pág.: 1 a la 4.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME-UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto PE102724.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Víctor Hugo Hernández Gómez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Maestro y Doctor en Ingeniería orientación Energía egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Profesor de tiempo completo en la FES Cuautitlán.

Gilberto Chavarría Ortiz: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Profesor de asignatura en la FES Cuautitlán.

Omar Olvera García: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Técnico académico, Departamento de Ingeniería y tecnología.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-03, pág.: 1 a la 4.

Diseño de tanques de almacenamiento de salmuera para resolver problemas de mezclas desde un enfoque transdisciplinar

***Iván Noé Mata Vargas*, Carlos Oropeza Legorreta, José Luz Hernández Castillo, Diego Sánchez García ***

RESUMEN

La elaboración y diseño de prototipos resulta ser una práctica muy importante en las instituciones que forman a futuros ingenieros. La modelación en este ámbito puede ser considerada como una actividad que le da un sentido de aplicación a los conocimientos adquiridos en los distintos cursos de matemáticas. El presente trabajo centra su atención en una aplicación de las ecuaciones diferenciales de primer grado sobre el tema de Mezclas, con el cual los estudiantes de ingeniería trabajan algunas etapas del proceso para modelar desde herramientas del álgebra lineal y establecer la representación de un fenómeno. Plantear y analizar estrategias que permita la participación de diferentes asignaturas y áreas de aplicación podría ofrecer una oportunidad de desarrollo para los participantes. Por lo que el objetivo del proyecto consiste en diseñar y construir físicamente un conjunto de tanques de almacenamiento de salmuera que involucra la solución de problemas con mezclas. En el proyecto van a colaborar un grupo de estudiantes y profesores en cada una de las etapas de desarrollo. Resulta indispensable mencionar que el prototipo terminado en esta primera etapa será sometido a pruebas de laboratorio que nos proporcionen evidencias e indicadores de su eficiencia. Nos proponemos también realizar en su momento un proceso de retroalimentación para el análisis de la eficiencia del sistema.

ABSTRACT

The development and design of prototypes turns out to be a very important practice in institutions that train future engineers. Modeling in this field can be considered as an activity that gives a sense of application to the knowledge acquired in the different mathematics courses. The present work focuses its attention on an application of first degree differential equations on the subject of Mixtures, with which engineering students work some stages of the process to model from linear algebra tools and establish the representation of a phenomenon. Proposing and analyzing strategies that allow the participation of different subjects and application areas could offer a development opportunity for the participants. Therefore, the objective of the project is to design and physically construct a set of brine storage tanks involving the solution of problems with mixtures. A group of students and professors will collaborate in the project in each of the development stages. It is essential to mention that the prototype finished in this first stage will be subjected to laboratory tests that will provide us with evidence and indicators of its efficiency. We also intend to carry out in due time a feedback process to analyze the efficiency of the system.

Palabras claves: Sistemas, Algebra Lineal, Transdiciplinar. Mezclas.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la modelación matemática en la formación de futuros ingenieros ha tenido un buen sustento en muchas investigaciones en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, porque resulta una herramienta de gran potencial en la práctica profesional de los ingenieros. Además, la modelación como base para el diseño didáctico, mostrando el vínculo existente entre las matemáticas y la formación de especialidad. En los diseños didácticos se busca generar una relación entre un modelo matemático, objeto de enseñanza y el uso de este modelo en algún contexto de ingeniería (sea de formación o profesional).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Con respecto a la modelación y diseño del prototipo de nuestra propuesta, Suárez (2014) reconoce que el interés por la modelación matemática se ha incrementado en tiempos recientes en todas las áreas del conocimiento, específicamente en educación. Es importante tener en cuenta que la aplicación de conceptos en problemas relacionados con distintos escenarios de ingeniería podría representar una oportunidad de desarrollo y vinculación entre varias asignaturas. Además, esta propuesta metodológica la podríamos emplear para analizar las propiedades mecánicas de los tanques de almacenamiento, como su forma y sus elementos, entre otros aspectos. Por otra parte, actualmente usar recursos tecnológicos resulta fundamental en la formación de ingenieros, pero la tecnología no cambia la enseñanza por sí sola. Según Kutzler (1999), la tecnología es un catalizador para que los profesores cambien sus métodos de enseñanza. Brindando también amplias posibilidades de implementar el diseño de situaciones didácticas y que es justo esta categoría el referente en donde construimos los fundamentos de nuestra propuesta.

* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Matemáticas, Correo electrónico: ivannoematavargas@cuautitlan.unam.mx., Dr Iván Noe Mata Vargas Dr Carlos Oropeza Legorreta, Dr José Luz Hernández Castillo, Diego Sánchez García.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-03, pág.: 1 a la 4.

ANTECEDENTES.

Al mezclar dos soluciones con distintas concentraciones surge una ecuación diferencial de primer orden, que define la cantidad de soluto contenido en una mezcla (Zill, 2014, p 23). Al estudiar tanques conectados para definir la cantidad de soluto que hay en cada tanque como se muestre en la figura 1, se debe construir un modelo matemático que describa la cantidad de soluto $x(t)$ y $y(t)$ de soluto en los tanques A y B, respectivamente, en el instante $t > 0$.

Las razones netas de cambio de cada soluto se obtienen mediante la diferencia de la razón de entrada y la razón de salida en cada tanque.

Entonces si $x(t)$ denota la cantidad de soluto en el tanque A al tiempo t, la razón de cambio $x(t)$ (1) para el tanque es A es:

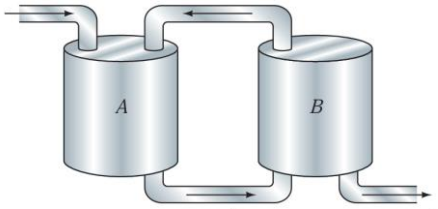


Figura 1.-Mezcla de Tanques Conectados. (Zill, 2014, p 23).

$$\frac{d\,x(t)}{dt} = \begin{matrix}\textit{Razón de entrada}\\ \textit{de soluto al tanque}\end{matrix} - \begin{matrix}\textit{Razón de salida}\\ \textit{de soluto del tanque}\end{matrix} \quad (1)$$

De manera similar, si $y(t)$ denota la cantidad de soluto en el tanque B al tiempo t, la razón de cambio $y(t)$ (2) para el tanque es B:

$$\frac{d\,y(t)}{dt} = \begin{matrix}\textit{Razon de entrada}\\ \textit{de soluto al tanque}\end{matrix} - \begin{matrix}\textit{Razon de salida}\\ \textit{de soluto del tanque}\end{matrix} \quad (2)$$

El resultado final es un sistema lineal (3).

$$X' = AX \quad \Leftrightarrow \begin{bmatrix} x'(t) \\ y'(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

DESARROLLO.

En un principio, dos tanques grandes A y B contienen cada uno 100 galones de salmuera, ver la figura 2. El líquido bien mezclado se bombea entre los recipientes como se muestra en la figura siguiente (Zill, 1997, p 21, ejercicio modificado).

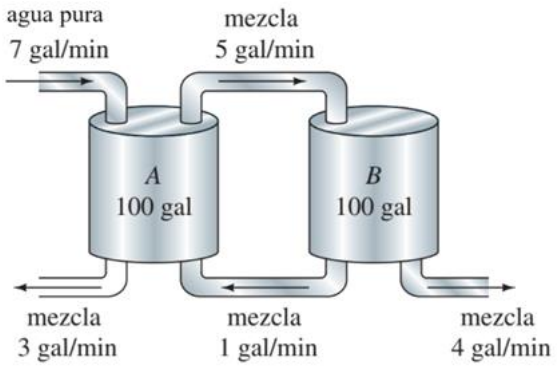


Figura 2.-Mezcla de Tanques Conectados, con sus respectivas razones de entrada y salidas de cada tanque. (Zill, 1997, p 21)

Utilice la información de la figura para construir un modelo matemático para el número de libras de sal $x(t)$ y $y(t)$ al tiempo t en los recipientes A y B, respectivamente.

Solución.

En el tanque A . La entrada de sal menos la salida de sal representa como (4):

$$\left(7\frac{gal}{min}\right)\left(0\frac{lb}{gal}\right)+\left(1\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{y(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)-\left\{\left(3\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{x(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)+\left(5\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{x(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)\right\}$$

Realizando las operaciones y simplificando:

$$\frac{y(t)}{100}\frac{lb}{min} - 8\frac{x(t)}{100}\frac{lb}{min} \quad (4)$$

En el tanque B. La entrada de sal menos la salida de sal se representa como (5):

$$\left(5\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{x(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)-\left\{\left(1\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{y(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)+\left(4\frac{gal}{min}\right)\left(\frac{y(t)}{100}\frac{lb}{gal}\right)\right\}$$

simplificando:

$$5\frac{x(t)}{100}\frac{lb}{min} - 5\frac{y(t)}{100}\frac{lb}{min} \quad (5)$$

El sistema de ecuaciones diferenciales resultante queda como (6) y (7):

$$\frac{dx(t)}{dt} = -\frac{2}{25}x(t) + \frac{1}{100}y(t) \quad (6)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{1}{20}x(t) - \frac{1}{20}y(t) \quad (7)$$

Para resolver $X' = AX$ cuando A es una matriz constante de $n \times n$. Se buscan soluciones no triviales. Si A fuera un escalar, una solución sería $X = e^{\lambda t}$ con $\lambda = A$. Por lo que se buscan

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-03, pág.: 1 a la 4.

soluciones de la forma $X = e^{\lambda t}\bar{u}$ donde $\bar{u}$ es un vector constante distinto de cero y λ es un escalar.

Al sustituir $X = e^{\lambda t}\bar{u}$ en $X' = AX$ se tiene $\lambda e^{\lambda t}\bar{u} = Ae^{\lambda t}\bar{u}$ y después dividir entre $e^{\lambda t}$ queda $\lambda\bar{u} = A\bar{u}$. Si λ es un escalar y $\bar{u}$ es un vector distinto de cero tal que $\lambda\bar{u} = A\bar{u}$, entonces $e^{\lambda t}\bar{u}$ es una solución no trivial del sistema $X' = AX$.

Representando al sistema de ecuaciones diferenciales homogéneo de la forma $X' = AX$ (8)

$$\begin{bmatrix} x'(t) \\ y'(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{2}{25} & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}; \quad X' = \begin{bmatrix} -\frac{2}{25} & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} \end{bmatrix} X \quad (8)$$

Para resolver el sistema de ecuaciones diferenciales

$$|A - \lambda I| = 0$$

$$\begin{vmatrix} -\frac{2}{25} - \lambda & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} - \lambda \end{vmatrix} = 0;$$

$$\left(-\frac{2}{25} - \lambda\right)\left(-\frac{1}{20} - \lambda\right) - \left(\frac{1}{20}\right)\left(\frac{1}{100}\right) = 0$$

Simplificando

$$\lambda^2 + \frac{13}{100}\lambda + \frac{7}{2000} = 0 \quad \lambda_{1,2} = \frac{-\frac{13}{100} \pm \sqrt{\left(\frac{13}{100}\right)^2 - 4(1)\left(\frac{7}{2000}\right)}}{2(1)};$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{13}{200} \pm \frac{\sqrt{29}}{200} \therefore \lambda_1 = -\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}, \lambda_2 = -\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}$$

$$[A - \lambda I]X = 0$$

$$\begin{bmatrix} -\frac{2}{25} - \lambda & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} - \lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

* Para $\lambda_1 = -\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}$

$$\begin{bmatrix} -\frac{2}{25} - \left(-\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}\right) & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} - \left(-\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\left[\begin{array}{cc|c} -\frac{3}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200} & \frac{1}{100} & 0 \\ \frac{1}{20} & \frac{3}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200} & 0 \end{array}\right] \square \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{3+\sqrt{29}}{10} & 0 \\ 1 & \frac{3+\sqrt{29}}{10} & 0 \end{array}\right]$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{3+\sqrt{29}}{10} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Se tiene $x(t) + \left(\frac{3+\sqrt{29}}{10}\right)y(t) = 0$; $x(t) = -\left(\frac{3+\sqrt{29}}{10}\right)y(t)$

Si $y(t) = 10 \quad \therefore x(t) = -3 - \sqrt{29} \quad \therefore X_1 = \begin{bmatrix} -3-\sqrt{29} \\ 10 \end{bmatrix} e^{\left(-\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t}$

Para $\lambda_2 = -\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}$

$$\begin{bmatrix} -\frac{2}{25} - \left(-\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}\right) & \frac{1}{100} \\ \frac{1}{20} & -\frac{1}{20} - \left(-\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\left[\begin{array}{cc|c} -\frac{3}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200} & \frac{1}{100} & 0 \\ \frac{1}{20} & \frac{3}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200} & 0 \end{array}\right] \square \left[\begin{array}{cc|c} 1 & \frac{3-\sqrt{29}}{10} & 0 \\ 1 & \frac{3-\sqrt{29}}{10} & 0 \end{array}\right]$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{3-\sqrt{29}}{10} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Se tiene

$$x(t) + \left(\frac{3-\sqrt{29}}{10}\right)y(t) = 0; \; x(t) = -\left(\frac{3-\sqrt{29}}{10}\right)y(t);$$

$$x(t) = \left(\frac{\sqrt{29}-3}{10}\right)y(t)$$

Si $y(t) = 10 \quad \therefore x(t) = \sqrt{29} - 3 \quad \therefore X_2 = \begin{bmatrix} \sqrt{29}-3 \\ 10 \end{bmatrix} e^{\left(-\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t}$

$$X_g = c_1 X_1 + c_2 X_2$$

entonces

$$X_g = c_1 \begin{bmatrix} -\left(3+\sqrt{29}\right)e^{\left(-\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} \\ 10e^{\left(-\frac{13}{200} - \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} \end{bmatrix} + c_2 \begin{bmatrix} \left(\sqrt{29}-3\right)e^{\left(-\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} \\ 10e^{\left(-\frac{13}{200} + \frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} \end{bmatrix}$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-03, pág.: 1 a la 4.

$$x(t) = -c_1\left(3+\sqrt{29}\right)e^{\left(-\frac{13}{200}-\frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} + c_2\left(\sqrt{29}-3\right)e^{\left(-\frac{13}{200}+\frac{\sqrt{29}}{200}\right)t};$$

$$y(t) = c_1 10e^{\left(-\frac{13}{200}-\frac{\sqrt{29}}{200}\right)t} + c_2 10e^{\left(-\frac{13}{200}+\frac{\sqrt{29}}{200}\right)t}$$

RESULTADOS Y ANÁLISIS.

La representación algebraica del sistema está dada por el sistema de ecuaciones que se obtiene haciendo una conversión del registro figural icónico mostrado en la figura 2, y aplicando la ley elemental de equilibrio para este tipo de problemas.

Para resolver este problema, se hace uso de una serie de tratamientos en el mismo registro de representación, que se refiere en este caso al uso de métodos de solución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

CONCLUSIÓN.

La modelación matemática es un instrumento y una clave para la formación de los futuros profesionistas en su papel de ingenieros, ya que es una relación necesaria entre las matemáticas que un ingeniero estudia durante su formación académica, en su formación de especialidad y su posible práctica profesional.

Una de las necesidades de la formación es que como profesores de Matemáticas, reconozcamos las necesidades matemáticas actuales de los ingenieros y empezar a generar actividades didácticas que les permitan enfrentarlas.

REFERENCIAS.

Kutzler, B. (1999). The Algebraic Calculator as a Pedagogical Tool for Teaching Mathematics. Investigating with information technologies. Australian Association of Mathematics Virtual Conference.

Suárez, L. (2014). Modelación-graficación para la matemática escolar. México: Ediciones Díaz de Santos.

Zill, D. (2014) Ecuaciones diferenciales con valores en la Frontera. Mexico: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

Zill, D. G. (1997). A First Course in Differential Equations with deling Applications. Cengage.

INFORMACIÓN ACADÉMICA.

Iván Noé Mata Vargas: Ingeniero Mecánico egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Ingeniería orientación Metal Mecánica egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM y Doctor en Educación, UCI.

Carlos Oropeza Legorreta: Ingeniería Eléctrica egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Matemática Educativa egresado de la Escuela Normal Superior del Estado de México y Doctor en Educación egresado de la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

José Luz Hernández Castillo: Ingeniero Agrícola egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Educación egresado de la UCI y Doctor en Educación de la UCI.

Diego Sánchez García: Ingeniero Metalúrgico egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana y Maestría en Ingeniería Mecánica egresado de la UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-04, pág.: 1 a la 5.

Principios de funcionamiento de un rotomartillo aplicando transformaciones lineales: una oportunidad de aplicar la transdisciplina

Carlos Oropeza Legorreta*, Luis Eduardo Trejo Barrera, José Juan Contreras Espinosa, Carlos Oropeza Ugalde

RESUMEN

El tema relacionado con el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la formación de ingenieros ya ha sido discutido en varios foros tanto nacionales como internacionales. Porque entre otros, atiende al tipo del currículum matemático que cada universidad propone o establece. Es decir, en nuestro caso nos interesa contribuir con ejemplos en los que tanto estudiantes como profesores puedan analizar la importancia de utilizar la parte transdisciplinar de la metodología STEM, de las siglas en inglés ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. En este trabajo se analiza la modelación de un rotomartillo a partir de las transformaciones lineales que son un tema particular de la asignatura de álgebra lineal. Por medio del uso de las transformaciones lineales se dará a conocer el principio de funcionamiento de un sistema de percusión interna por compresión de aire que ocurre dentro de un rotomartillo. Se documenta parte de los cálculos realizados para su realización y se da evidencia del rol que juega el uso de la tecnología en la modelación de la pieza. Loa resultados obtenidos con los estudiantes tienen que ver con la variedad de conceptos que se utilizan para la conceptualización y realización del modelo, ellos declaran que la aplicación de conceptos matemáticos es una muy buena oportunidad de aprenderlos.

ABSTRACT

The topic related to the teaching and learning process of mathematics in the training of engineers has already been discussed in several national and international forums. Because among others, it addresses the type of mathematical curriculum that each university proposes or establishes. That is, in our case we are interested in contributing with examples in which both students and teachers can analyze the importance of using the transdisciplinary part of the STEM methodology, from the acronym science, technology, engineering and mathematics. In this work, the modeling of a rotary hammer is analyzed based on linear transformations, which are a particular topic of the linear algebra subject. Through the use of linear transformations, the operating principle of an internal percussion system by air compression that occurs within a rotary hammer will be revealed. Part of the calculations carried out for its realization are documented and evidence is given of the role that the use of technology plays in the modeling of the piece. The results obtained with the students have to do with the variety of concepts that are used for the conceptualization and realization of the model; they declare that the application of mathematical concepts is a very good opportunity to learn them.

Palabras claves: Rotomartillo, transformaciones lineales, transdiscilina.

INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza y aprendizaje del álgebra lineal ha sido reconocido desde hace varias décadas como asunto complejo que debe atender varios aspectos. Ha sido considerado de esa manera por la naturaleza abstracta de la asignatura según los expertos que se dedican a esta rama de las matemáticas. En este trabajo se pone de manifiesto la aplicación de las transformaciones lineales para los principios de funcionamiento de un rotomartillo como un ejemplo transdisciplinar de la metodología STEM. El propósito del proyecto es construir una propuesta didáctica que se base en una sólida experimentación de situaciones de aprendizaje relacionadas con varios conceptos de otras áreas del conocimiento como la geometría analítica, mecánica, dibujo técnico, uso de tecnología entre otros.

ANTECEDENTES

El avance vertiginoso de la tecnología implica retos para los modelos educativos convencionales, ya que la educación STEAM, permite la posibilidad de educar al recurso humano de manera competente gracias al uso de la tecnología, en la resolución de problemas globales, a fin de entender las diversas alternativas de resolución e interpretación (El Tiempo, 2016). Una nueva realidad educativa a nivel secundario, según STEM el desarrollo de las habilidades en los estudiantes, se enmarca en la necesidad de obtener mejores posibilidades en lo laboral, mediante la opción de presentar una estrategia de solución a las situaciones, es decir que la implementación de la educación STEM puede ser la una opción importante de preparación de los estudiantes para el futuro a la hora de inclinarse por una profesión (El Educador, 2016) (Rosas & Sebastián, 2008). La búsqueda de lograr mejores aprendizajes, ha sido una constante revolución de los expertos para lograr mejores aprendizajes que se enfoquen en que sean más significativos,

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Departamento de Matemáticas. coropeza96@hotmail.com, Dr. Carlos Oropeza Legorreta. Estudiante Luis Eduardo Trejo Barrera, Dr. José Juan Contreras Espinosa, Mtro. Carlos Oropeza Ugalde.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-04, pág.: 1 a la 5.

innovadores, creativos y críticos, sin que estén centrados en la memorización.

DESARROLLO

Para el estudio y modelación del rotomartillo, los cálculos analíticos son verificados con software libre y se utiliza el software de Geogebra para la visualización gráfica de nuestro modelo, por lo que será de suma importancia tener previamente descargada una versión reciente de dicho software, con la finalidad de contar con un acceso a funciones, herramientas y propiedades nuevas y actualizadas.

El modelo será desarrollado bajo los siguientes puntos que caracterizan las dimensiones y posición del mismo (vectores) divididos en tres categorías:

• Cigüeñal

Q(-2,2.6,0.5), G(-1.5,2.6,0.5), O(-2,2.5,0), D(-1.5,2.5,0), R(-2,2.6,-0.5), F(-1.5,2.6,0), U(-2,0.6,1.4), J(-1.5,0.6,1.4), K(-1.5,-0.6,1.4), V(-2,-0.6,1.4), W(-2,0.6,-1.4), L(-1.5,0.6,-1.4), Z(-2,-0.6,-1,4), M(-1.5,-0.6,-1.4), S(-2,-2.6,0.5), H(-1.5,-2.6,0.5), T(-2,-2.6,-0.5), I(-1.5,-2.6,-0.5), P(-2,-2.5,0), E(-1.5,-2.5,0), D1(-3,-2.5,0), E1(-3.4,-2.5,0), C1(-3.8,-2.5,0)

• Biela

N1(-3.4,3.51,0.5), L1(-3,3.51,0.5), T1(-3,2.5,0.5), V1(-3.4,2.5,0.5), O1(-3.4,3.5,-0.5), M1(-3,3.5,-0.5), W1(-3.4,2.5,-0.5), U1(-3,2.5,-0.5), R1(-3.4,-1.5,0.5), P1(-3,-1.5,0.5), I1(-3.4,-2.5,0.5), F1(-3,-2.51,0), S1(-3.4,-1.5,-0.5), Q1(-3,-1.5,-0.5), H1(-3.4,-2.51,-0-.5), G1(-3,-2.5,-0.5)

• Cabeza del pistón

D2(-3.2,5.6,0), B2(-3.2,3.2,0), C2(-3.2,5.3,0), J1(-3,3.5,0), K1(-3.4,3.5,0)

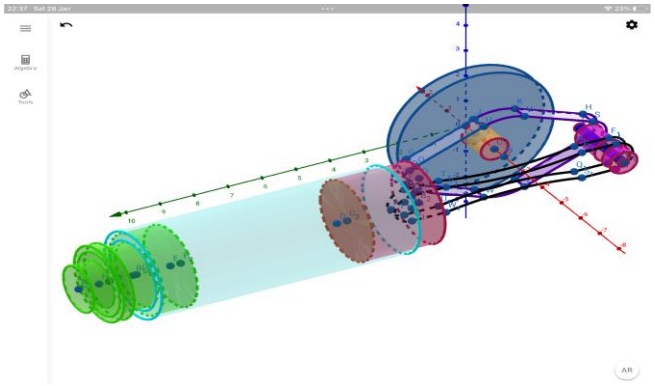
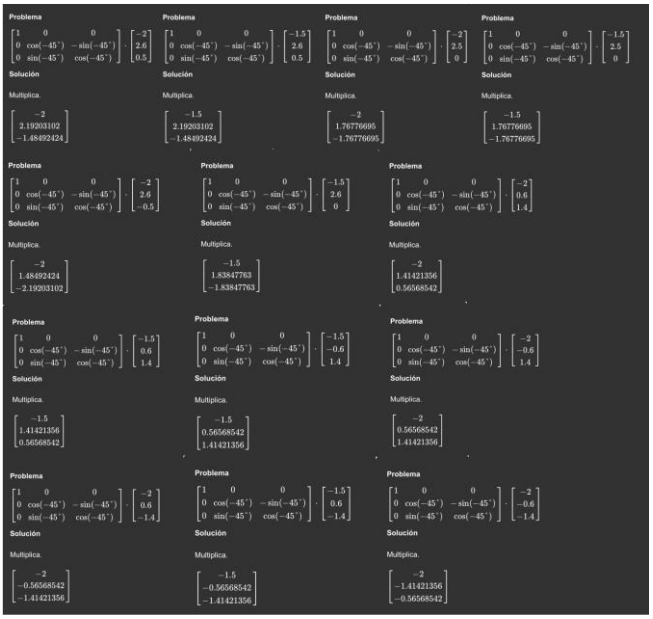


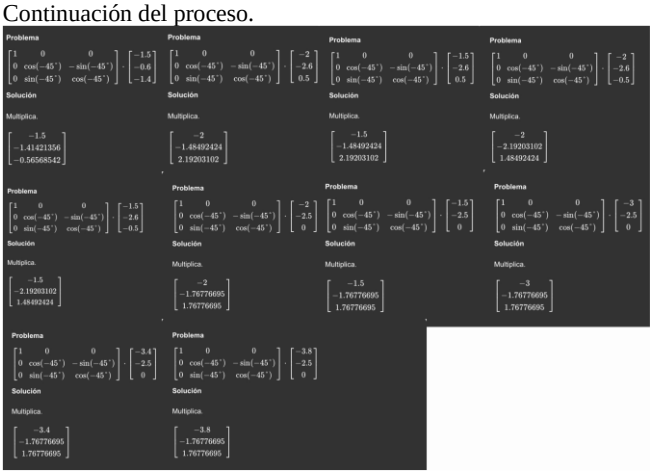
Figura 1. Vista gráfica del modelo original en Geo Greba.

PRIMERA TRANSFORMACIÓN

Rotación del cigüeñal sobre el eje “x”. Dados los puntos que conforman el cigüeñal, realizar una rotación sobre el eje “x” a -45º.

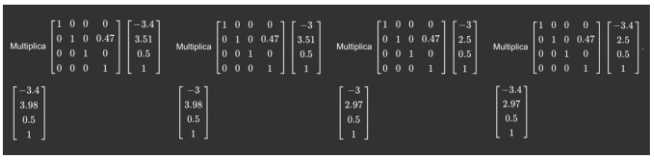


Continuación del proceso.



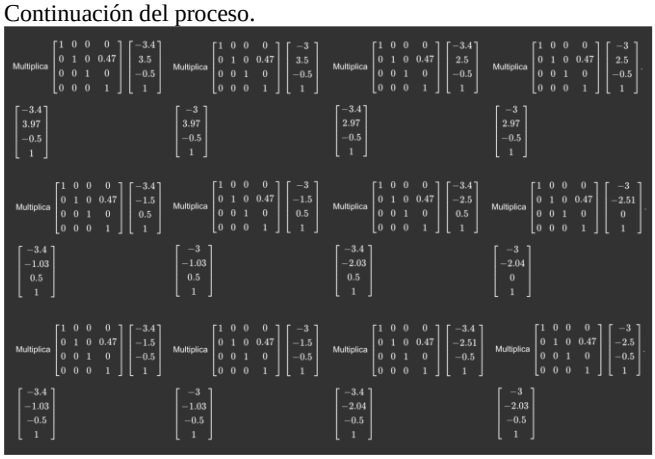
Traslación y rotación de la biela

Dados los puntos que conforman la biela, realizar una traslación con valores en X=0, Y=.47, Z=0 y posteriormente una rotación de -16º.



AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-04, pág.: 1 a la 5.

Continuación del proceso.



Para realizar la rotación, trasladamos los ejes x, y y z al punto (0,4.47,0) de manera que ahora el nuevo sistema estará formado por los ejes x', y' y z'.

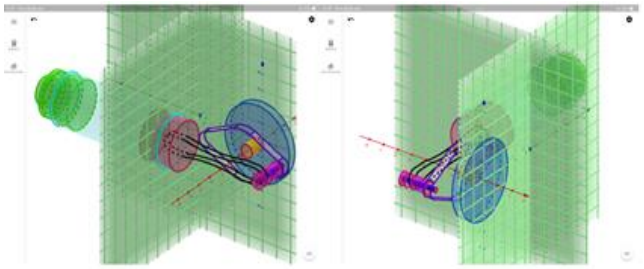


Figura 2. Perspectiva de la traslación de los ejes

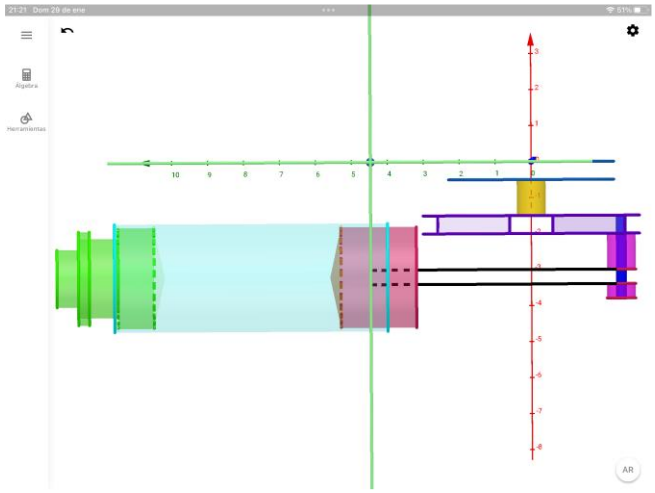
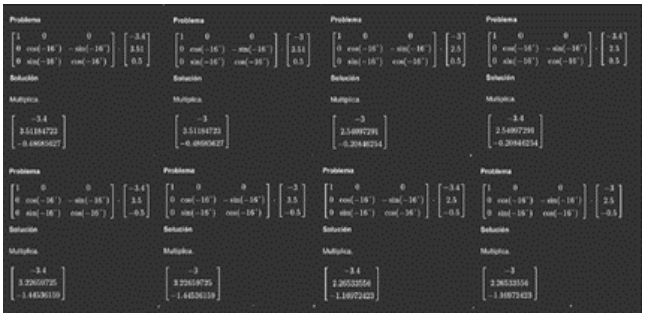
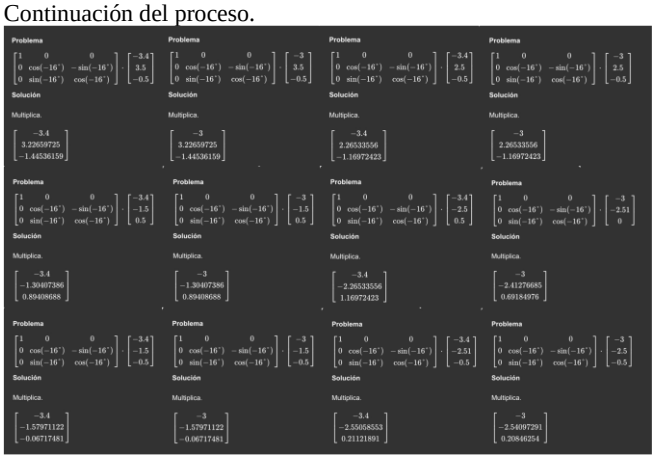


Figura 3. Perspectiva de la traslación de los ejes en xy

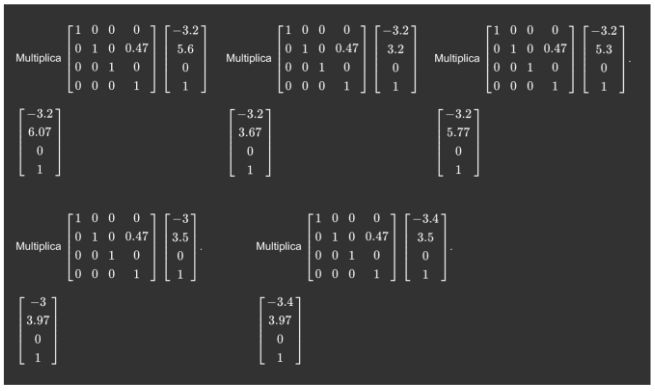
Rotación en tercera dimensión



Continuación del proceso.



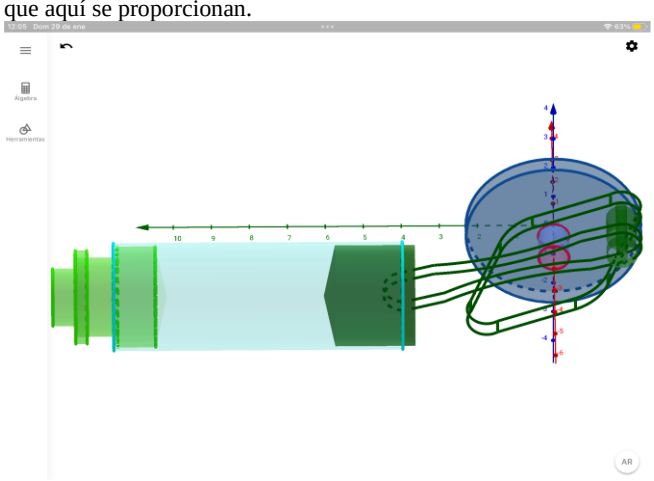
Traslación del cabezal de percusión sobre "y" Dados los puntos que conforman la cabeza del pistón, realizar una traslación con valores en X=0, Y=0.47, Z=0



AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-04, pág.: 1 a la 5.

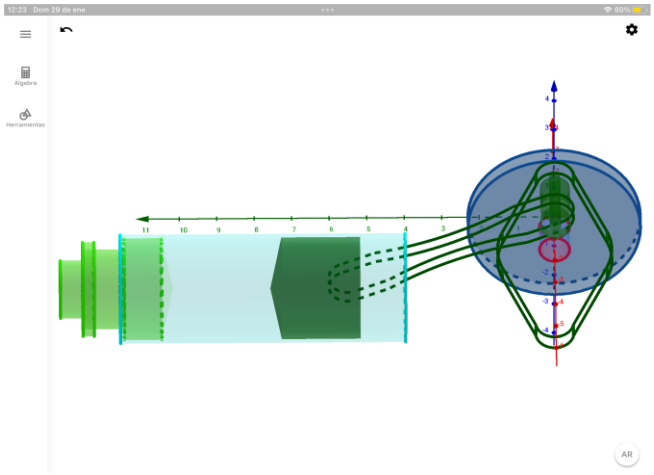
RESULTADOS Y ANÁLISIS

Es importante enfatizar que se utilizó el álgebra lineal para representar el sistema del rotomartillo, donde las matrices y vectores se emplearon para describir la relación entre los diferentes componentes del dispositivo y sus funciones. En esta sección se realiza una descripción de los efectos producidos desde una perspectiva de carácter visual a través de los distintos movimientos que aquí se proporcionan.



Vista gráfica de siete movimientos

Movimiento	Traslación en y	Rotación sobre x
2do	1.53	-23°
3er	2.0	-16°
4to	1.0	0°
5to	-1.0	16°
6to	-2.0	23°
7mo	-1.53	-16°



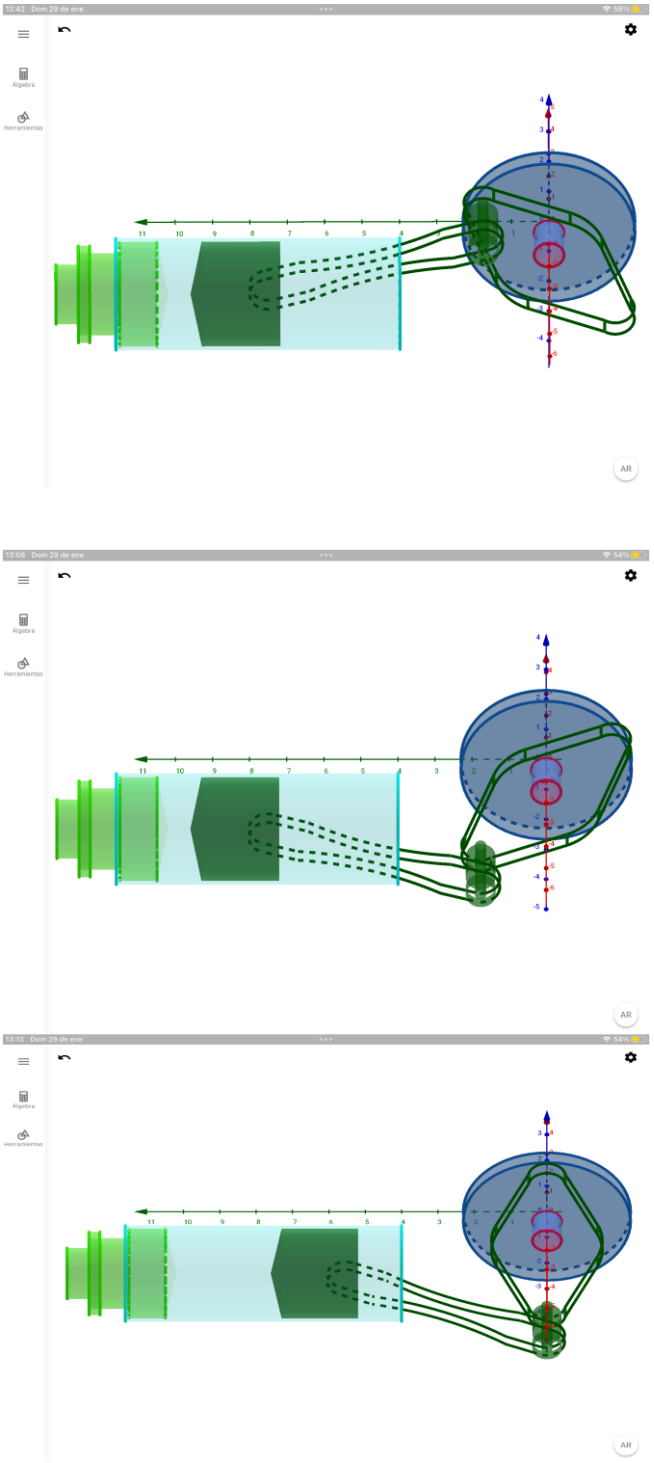


Figura 4. Movimientos

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. EM-04, pág.: 1 a la 5.

CONCLUSIÓN

Con la culminación del proyecto podemos destacar que aplicar la metodología STEAM en las escuelas de ingeniería permite formar futuros profesionistas con un amplio bagaje de conocimientos. Dicho nivel de desarrollo académico les puede ayudar a proporcionar soluciones a través de un trabajo colaborativo plenamente organizado, por medio del diseño de actividades didácticas aplicadas en forma grupal que superan o ignoran el género y se adaptan a la igualdad de condiciones, dentro de un ámbito de dialogo, respeto y solidaridad. Por otra parte, el desarrollo de los movimientos con la aplicación de las transformaciones lineales contuvo una reciprocidad entre cada parte del sistema. Es decir, el proyecto ayudó para afirmar que las transformaciones lineales son una posibilidad efectiva para modelar el movimiento y las fuerzas que interactúan en el funcionamiento de un rotomartillo. Además, permite considerar que también incide de alguna manera en la precisión, medición, ubicación, dirección y tiempo de un movimiento mecánico. Porque puede ser transferible y comparado con un equilibrio proporcional logrando cambiar la forma en que la energía es transmitida y utilizada creando sistemas o principios de funcionamiento a problemáticas que requieran ser satisfechas de una manera más compleja o limitada.

REFERENCIAS

El Educador (29 de enero de 2016). STEAM y sus aportes a la educación. Recuperado de: http://www.eleducador.com/stem-y-sus-aportes-a-la-educacion/

El Tiempo (18 de marzo de 2016). STEAM Edu-cation for the Future (Educación STEM para el futuro). Recuperado de: http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS- 16540819

Rosas, R., & Balmaceda, C. (2008). Piaget, Vigotski y Maturana. Cnstructivismo a tres voces. http://twitter.com/psikolibro

BIBLIOGRAFÍA

• Stanley I. Grossman (2008). Álgebra Lineal (6ta ed.). McGraw-Hill Companies.
• Larson, R. (2014). Fundamentos de Álgebra Lineal (7th ed.). Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
• https://maquinaria10.com/martillos-electroneumaticos/

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Carlos Oropeza Legorreta: Ingeniería Eléctrica egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Matemática Educativa egresado de la Escuela Normal Superior del Estado de México y Doctor en Educación egresado de la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

Luis Eduardo Trejo Barrera: Estudiante de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

José Juan Contreras Espinosa: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Ingeniería orientación Metal Mecánica egresado de la UNAM y Doctor en Educación egresado de la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

Carlos Oropeza Ugalde: Ingeniero en Telecomunicaciones Sistemas y Electrónica egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FA-01, pág.: 1 a la 5.

Crecimiento de Capas de Fe_2B en la Superficie de un Acero AISI 1018

***Yesenia Sánchez-Fuentes*[1]**, Luz Alejandra Linares-Duarte[2], José Abraham Balderas-López[3], Raúl Tadeo-Rosas[4], Enrique Hernández-Sánchez[5], Cintia Proa-Coronado[6], Roberto Reyes-Arce[7]

RESUMEN

La superficie de los materiales metálicos es mejorada a través del proceso termoquímico de borurado. Se forma una capa en la superficie de los materiales metálicos a lo largo del proceso, la cual es formada por boro y el metal base. Principalmente, el espesor de las capas depende del tiempo de tratamiento y de la temperatura. En el presente trabajo se evaluó el crecimiento de la capa de boruro y su microdureza. Las muestras de acero AISI 1018 se sometieron a tratamiento de borurado durante 2, 4 y 6 h a temperatura constante de 950 °C. Se analizó a través de microscopía óptica, difracción de rayos X y microindentación Vickers, las muestras. Los espesores de la capa de Fe_2B fueron aproximadamente de 60, 80 y 170 µm para las muestras expuestas al proceso de borurado a 2, 4 y 6 h, respectivamente. Asimismo, la microdureza aumento con el crecimiento de la capa de Fe_2B.

ABSTRACT

Metallic surface materials is improved through a thermochemical process of boriding. A layer is form on the surface of metallic materials throughout the process, which is formed by boron and the base metal. Mainly, the layer thickness depends on the treatment time and the temperature. In the present work, the growth of the boride layer and its microhardness were evaluated. The AISI 1018 steel samples were subjected to a boriding treatment for 2, 4 and 6 h at a constant temperature of 950 °C. The samples were analyzed through optical microscopy, X-ray diffraction and Vickers microindentation. The layer thicknesses of Fe_2B were approximately of 60, 80 and 170 µm for the samples exposed to the boriding process at 2, 4 and 6 h, respectively. Likewise, the microhardness increased with the growth of the Fe_2B layer.

Palabras claves: Borurado, Fe_2B, Espesor de la capa, Microdureza.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades mecánicas de metales y aleaciones pueden ser modificadas a través del proceso termoquímico de borurado, aumentando su resistencia y dureza; por lo que el material metálico a modificar superficialmente se somete a un entorno donde abunde el elemento a depositar en la superficie a altas temperaturas en determinados intervalos de tiempo. Debido a este proceso los átomos de boro se difunden a través del material (Campos et al. 2005) (Ruiz-Trabolsi et al. 2021). Con el elemento base se producen capas de boruro. El tipo de capas pueden ser monofásicas o bifásicas en los aceros como FeB, Fe_2B o FeB/Fe_2B. Las capas FeB poseen una estructura ortorrómbica a diferencia de las capas Fe_2B que presentan una estructura tetragonal (Campos et al. 2005). La metodología utilizada, los elementos presentes del sustrato, la temperatura, el tiempo y la cantidad de boro libre impactan en las propiedades de las capas de boruro de hierro (Dybkov et al. 2011).

En general, los factores que determinan la formación de determinada o de determinadas fases son diversos. Es necesario una densidad alta de elementos aleantes del acero además de un contenido alto de boro del precursor para que se forme la fase FeB. Por otro lado, se requiere contenido de boro mediano o bajas por parte del precursor de boro (Campos et al. 2005). Sin embargo, la capa de FeB presenta fragilidad debido a que esta es dura, esta condición también la presentan las capas de doble fase FeB/Fe_2B, debido a que se puede originar grietas al someterlo a condiciones térmicas o mecánicas extremas. Por otro lado, la vida útil del material base se puede prolongar, a partir del control del espesor de las capas debido a que se mejoran las propiedades tribológicas del material, por lo que, dependiendo de la aplicación industrial que se le quiera dar es necesario el control del espesor de la capa tipo Fe_2B. El espesor de las capas de boruro depende de la temperatura y del tiempo del proceso de borurado (Ortiz-Domínguez et al. 2017).

* IPN, UPIBI, Departamento de Ciencias Básicas, *1 Mtra. yesna_25@hotmail.com*, 2. Ing. llinaresd2100@alumno.ipn.mx, 3 Dr. abrahambalderas@hotmail.com, UAC, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, 4. Dr. rtarosas@hotmail.com, IPN, UPIBI, Departamento de Ciencias Básicas, 5. Dr. Enriquehs266@yahoo.com.mx, 6. Dra. cintiaproa@gmail.com, UNAM. FES Cuautitlán, Departamento de Física 7 Dr. roberto_reyes_a@hotmail.com,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FA-01, pág.: 1 a la 5.

ANTECEDENTES

Se ha reportado en la literatura que algunas aleaciones de titanio (Ti) se han borurado como lo reportan Kaplan y colaboradores. Donde una aleación Ti_6Al_4V se colocó en el medio sólido borurante y se llevó a una temperatura de 1100 °C durante 20 h bajo condiciones atmosféricas, durante el proceso de borurado se adicionó Al, con lo que se formó una bicapa de TiB y TiB_2 en la superficie de la aleación Ti_6Al_4V. El Ti y sus aleaciones poseen propiedades como una, baja densidad, alta resistencia a la corrosión, no es magnético y su biocompatibilidad es excelente. Algunas de sus aplicaciones son en bicicletas, en motores de turbinas a gas para aviones, equipos marinos, piezas de automóviles de alto rendimiento o en dispositivos biomédicos. Por otro lado, aleaciones de cobalto, aceros y titanio se han empleado para aplicaciones biomédicas específicamente en la producción de implantes. Sin embargo, las prótesis ortopédicas y los implantes médicos de Ti_6Al_4V tienden a liberar iones de aluminio y vanadio lo que deriva en problemas de salud como osteomalacia, neuropatía periférica o Alzheimer, asimismo, pueden desgastarse y aflojarse debido a la baja resistencia al desgaste de las aleaciones de Ti. Por lo que al generar la bicapa se mejoró el desgaste del material metálico y así evitar el desprendimiento de iones vanadio y aluminio (Kaplan, Cetin Can, and Ulukoy 2019).

Por otro lado, Chino, U. A. y colaboradores borururaron aleaciones de níquel-cromo 80/20 a través del borurado en polvo en un horno convencional durante diferentes periodos de tiempo 2, 4 y 6 h a 900, 950 y 975 °C, respectivamente. Se determinó que el proceso de borurado es un proceso controlado debido a que el crecimiento de las capas de boruro en la aleación 80/20 Ni-Cr obedece a la ley parabólica. Asimismo, el espesor de la capa depende de las variables de tiempo y temperatura en el tratamiento térmico. Sin embargo, un bajo aumento en la temperatura propicio altos cambios en la tasa de crecimiento de las capas de boruro, por lo que el parámetro temperatura es el más relevante. Por otro lado, la dureza de las capas de boruro también depende de las condiciones de tratamiento. La dureza disminuyo en función de la distancia a la superficie, lo que indica una disminución de la concentración de boro. Este tipo de aleaciones se ocupan en aplicaciones médicas (Chino-Ulloa et al. 2022).

DESARROLLO DE TEMA

El borurado es un tratamiento termoquímico que es utilizado para lograr que las superficies sean muy duras, tengan resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión en medios ácidos o alcalinos, resistencia a la abrasión, entre otros. La formación de la zona de boruros del metal base es debida a que en la superficie de un metal o aleación se difunde boro. Lo que propicia que se eleven las propiedades mecánicas de la superficie.

Es posible difundir el boro en diferentes metales, englobando níquel, aleaciones ferrosas y no ferrosas, entre otras, debido a que es un elemento de tamaño relativamente pequeño.
Se forman compuestos intermetálicos si el boro reacciona con los metales antes mencionados, lo que aumenta la resistencia al desgaste, además de que le confiere una dureza superficial del material.

El proceso de borurado en aleaciones de acero para la formación de boruros de hierro, consiste primeramente en la nucleación de partículas de boruro de hierro en la superficie del metal base, subsecuentemente se desarrolla un proceso difusivo en el inicio del crecimiento de la capa en la superficie metálica. Por otro lado, el espesor de la capa generada depende del tiempo y temperatura de exposición del material a la que se lleve a cabo el proceso. A lo largo de la difusión y absorción de átomos de boro, se originan soluciones sólidas intersticiales FeB y Fe_2B.

El boro atómico tiene una pequeña solubilidad sólida en el acero lo que explica la presencia de las fases FeB y Fe_2B; el boro podrá estar presente en la matriz ferrososa en solución sólida mientras la solubilidad no sea excedida, por lo que se es posible forma la fase Fe_2B al alcanzar el límite de solubilidad, si se suministra suficiente boro atómico en la superficie, la fase puede crecer con un frente plano a lo largo del proceso de borurado. Sin embargo, debido a las fronteras de grano del acero AISI 1018 se propicia la formación de boruros localizada en las fronteras durante la difusión; igualmente, a través de las fronteras el desplazamiento de átomos de boro es mayor, por lo que se perturba la formación de un frente plano y el Fe_2B presenta una morfología irregular, o en forma aserrada. La capa Fe_2B actúa como barrera de difusión debido a su estabilidad y alto punto de fusión, la cual actúan como inhibidor de difusión de boro o hierro. Asimismo, es necesario un flujo continuo de boro o hierro para que continúe el crecimiento ininterrumpidamente la capa de Fe_2B. El crecimiento se da hacia el centro del material base, es decir, en la interfase Fe/Fe_2B, y el flujo de boro proviene de la barrera de difusión de Fe_2B (Hernández-Sánchez 2011).

DESEARROLLO EXPERIMENTAL

Las muestras de acero AISI 1018 tienen una composición inicial de Si: 0.15 – 30 wt%, Mn: 0.60 – 0.90 wt%, C: 0.15 – 0.20 wt%, S ≥ 0.05 wt%, P ≥ 0.04 wt%, Fe: Balance. A través de la técnica de metalografía se prepararon las muestras, es decir, las muestras se devastaron con papel lija de carburo de silicio desde 120 hasta 1000 mallas.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FA-01, pág.: 1 a la 5.

Posteriormente, se les aplicó el tratamiento termoquímico de borurado, para generar una capa de Fe_2B en la superficie de las muestras. Por lo que, se generó un ambiente abundante del agente borurante (Duborid G) de 50 % del agente borurante de primer uso y 50 % fresco; se inmergieron las muestras de acero AISI 1018 para llevarlas a 950 °C durante 2, 4 y 6 h. Para poder medir los espesores de capa, las muestras se montaron en posición vertical en baquelita después del tratamiento termoquímico.

Una vez montadas, se llevó a cabo nuevamente la técnica de metalografía para exponer la sección transversal de las muestras, al desbastar con papel lija de carburo de silicio desde 120 hasta 1000 mallas, y finalmente para obtener un acabado espejo se pulieron con alúmina (Al_2O_3 (0.05 µm)).

CARACTERIZACIÓN

Las muestras fueron caracterizadas mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía óptica (MO) y microdureza Vickers (HV).

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A través de difracción de rayos X (DRX) se investigó la estructura cristalina de las fases presentes de las capas obtenidas sobre las muestras de acero AISI 1018 y de la muestra sin tratamiento. Se puede observar el patrón de DRX de la muestra sin tratamiento (acero AISI 1018) en la Figura 1 a) que muestra el patrón característico correspondiente a la estructura cristalina del hierro (Fe) (4113941). Asimismo, se muestra el patrón de DRX de las muestras con tratamiento termoquímico la Figura 1 b), c) y d) que muestra el patrón característico de la estructura cristalina del diboruro de hierro (Fe_2B) (98-003-0446). Por lo que, en los materiales con tratamiento termoquímico se puede confirmar la generación de la fase Fe_2B. Sin embargo, en la literatura se ha reportado la formación de una capa bifásica de FeB/Fe_2B (Campos et al. 2005) (Ruiz-Trabolsi et al. 2021). La ausencia de la fase de FeB en el presente trabajo se puede deber a un menor contenido de boro por parte del agente borurante.

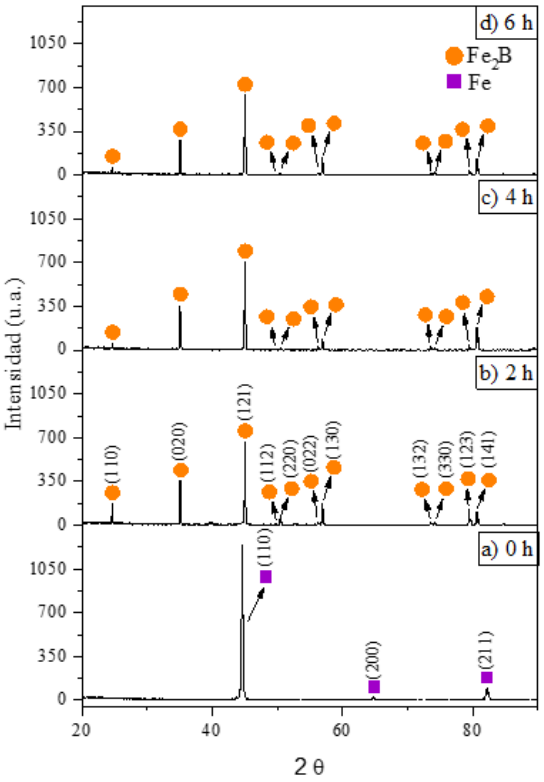


Figura 1. Patrón de difracción de las muestras sin a) y con tratamiento termoquímico: b) 2 h, c) 4 h y d) 6 h.

Mediante microscopía óptica se obtuvieron imágenes de la sección transversal de las muestras para poder observar las capas de Fe_2B como se muestra en las imágenes (Figura 2). Se puede observar la zona modificada por el tratamiento termoquímico; la capa de Fe_2B, y la zona no atacada; el acero AISI 1018. En general, en los aceros de bajo contenido de carbono donde se generan las capas de boruro muestran morfologías típicamente aserradas (Graf von Matuschka 1980). En cuanto a la formación de una segunda fase (FeB) en la capa formada no es posible observarla en el presente trabajo como se ha reportado en la literatura (Campos et al. 2005) (Ruiz-Trabolsi et al. 2021); lo cual puede ser debido a que no se genera oposición para la difusión del boro debido al bajo contenido de elementos aleantes de acero AISI 1018, como el carbono; originando solo formación monofásica de la capa de Fe_2B. Lo anterior corrobora los resultados obtenidos a través de DRX.

Por otro lado, el espesor de la capa de Fe_2B aumenta en función del tiempo de tratamiento, debido al proceso de difusión. Este proceso de difusión es determinado por el tiempo y la temperatura de exposición. Asimismo, los espesores de capa obtenidos en condiciones similares de tratamiento ha sido reportado en la literatura (Ruiz-Trabolsi et al. 2021).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FA-01, pág.: 1 a la 5.

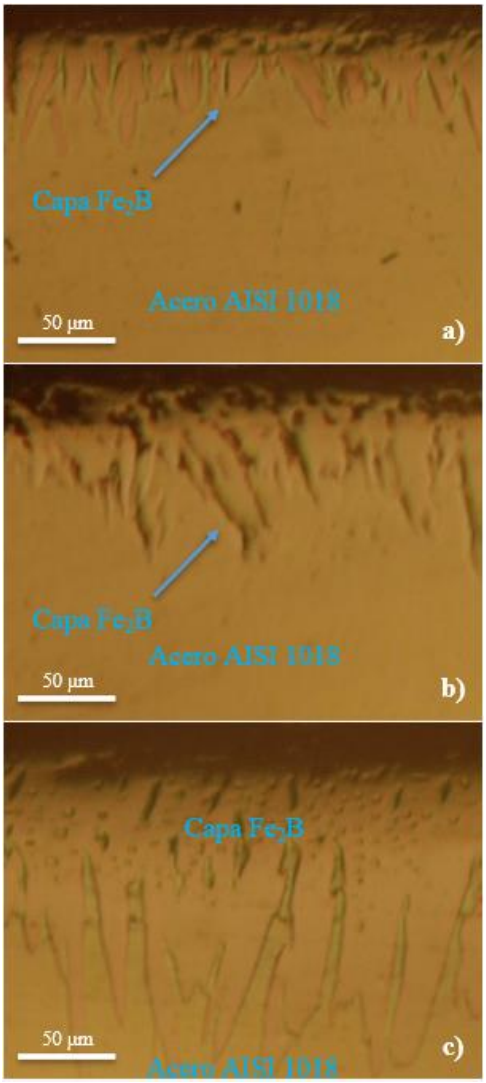


Figura 2. Imágenes de MO de las muestras con tratamiento termoquímico: a) 2 h, b) 4 h y c) 6 h.

A través de imágenes digitalizadas se midió el espesor de las capas de boruro. De la base a la cresta de la morfología aserrada de la capa Fe_2B, se realizaron al menos 50 mediciones, para hacer un promedio general de cada muestra. Para la muestra con tratamiento termoquímico de 2, 4 y 6 h se obtuvieron espesores de 60 µm, 80 µm y 170 µm, respectivamente, de la capa Fe_2B.

Por otra parte, se realizaron 5 indentaciones en la sección transversal de cada muestra (Figura 3 a)) para la prueba de microdureza Vickers, a diferentes distancias de la base aserrada de las muestras hacia el centro (material base) de acuerdo con las normas (ASTM E-384 n.d.) y (ASTM C-1327 n.d.). La mircrodureza aumentó considerablemente en la superficie de las muestras boruradas, debido a que es más compacta en la zona de la capa de Fe_2B por lo que la microdureza disminuye hacia el sustrato paulatinamente (Figura 3 b)). Tanto la dureza como el espesor de la capa de Fe_2B son dependientes del tiempo de tratamiento termoquímico, ya que la dureza y el espesor aumentan con el tiempo. Lo que no dista de lo reportado en la literatura (Ortiz-Domínguez et al. 2017).

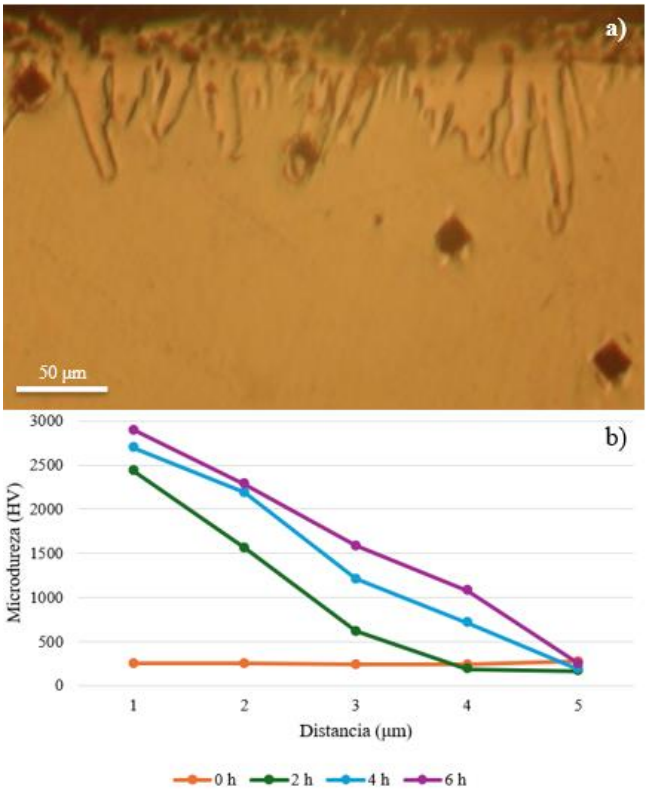


Figura 3. Imagen de MO de las indentaciones realizadas en la muestra de 4 h y gráfica de la microdureza en función del tiempo de tratamiento de las muestras sin: a), y con tratamiento: b) 2 h, c) 4 h y d) 6 h.

CONCLUSIONES

Se generó una capa de Fe_2B en la superficie de un acero AISI 1018, que en comparación con una capa bifásica tipo FeB/Fe_2B o monofásica de FeB, exhibe características mejoradas. Asimismo, en función del tiempo de tratamiento termoquímico se obtuvieron diferentes espesores de capa de tipo Fe_2B. Además de que al aumentar la concentración de boro con el periodo de tratamiento la dureza de la capa Fe_2B aumentó, así como el espesor de la capa.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FA-01, pág.: 1 a la 5.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

ASTM C-1327. “Standard Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics.”

ASTM E-384. “Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials.”

Campos, I. et al. 2005. “Effect of Boron Paste Thickness on the Growth Kinetics of Fe 2 B Boride Layers during the Boriding Process.” *Applied Surface Science* 243(1–4): 429–36.

Chino-Ulloa, Alexis et al. 2022. “Kinetics and Mechanical Characterization of Hard Layers Obtained by Boron Diffusion in 80/20 Nickel–Chromium Alloy.” *Coatings* 12(10).

Dybkov, V. I. et al. 2011. “Growth Kinetics and Abrasive Wear Resistance of Boride Layers on Fe-15Cr Alloy.” *Materials Science and Technology* 27(10): 1502–12.

Graf von Matuschka, A. 1980. *Boronizing.Pdf*. 1st ed. Wemding, Germany: Hanser.

Hernández-Sánchez, E. 2011. “‘Propiedades Mecánicas de Aceros Borurados AISI 1018 Evaluadas Por Indentación a Escala Micro y Nanométrica.’” Instituto Politécnico Nacional.

Kaplan, Yavuz, Ahmet Cetin Can, and Arzum Ulukoy. 2019. “A New Medium for Boriding of Ti6Al4V Alloy for Biomedical Applications.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications* 233(2): 109–19.

Ortiz-Domínguez, M. et al. 2017. “Kinetics of Boron Diffusion and Characterization of Fe2B Layers on AISI 9840 Steel.” *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces* 53(3): 534–47. http://link.springer.com/10.1134/S2070205117030169.

Ruiz-Trabolsi, Pablo A. et al. 2021. “Kinetics of the Boride Layers Obtained on Aisi 1018 Steel by Considering the Amount of Matter Involved.” *Coatings* 11(2): 1–17.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Yesenia Sánchez Fuentes: Ingeniera Mecánica Electricista de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – UNAM, Maestra en Ciencias en Ingeniería Metalúrgica de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas – IPN.

Luz Alejandra Linares Duarte: Ingeniera Biomédica del Instituto Nacional de México

José Abraham Balderas López: Licenciado en Física y Matemáticas de la Escuela Superior de Física y Matemáticas – IPN, Maestro en Ciencias Físicas del CINVESTAV – IPN, Doctor en Ciencias Físicas del CINVESTAV – IPN.

Raúl Tadeo Rosas: Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN, Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN.

Enrique Hernández Sánchez: Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN, Maestro Ingeniería Mecánica en de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN, Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica – IPN.

Cintia Proa Coronado: Licenciada en Física de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Maestra en Ciencias Nucleares opción terminal en Medicina Nuclear de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Doctora en Nanociencias y Micro-Nanotecnologías de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Biotecnología – IPN.

Roberto Reyes Arce: Ingeniero Mecánica Electricista de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – UNAM, Maestro en Educación de la Universidad del Valle de México

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-01, pág.: 1 a la 4.

Recursos innovadores para la enseñanza de la Ley de Ohm

Aide Castro Fuentes*, **Ana María Terreros de la Rosa****

RESUMEN

Este artículo hace referencia a estrategias didácticas y pedagógicas que rediseñan la manera de enseñar la ley de Ohm, un principio esencial en el campo de la electricidad y la electrónica. Abordaremos cómo la implementación de técnicas de gamificación, así como la integración de simulaciones interactivas y otros recursos digitales pueden mejorar significativamente la comprensión y retención de los conceptos fundamentales de la electricidad. Mediremos el impacto de aplicar estas nuevas técnicas de enseñanza en los alumnos de laboratorio y analizaremos los resultados para obtener conclusiones y sugerencias.

ABSTRACT

This article discusses didactic and pedagogical strategies that redesign the way Ohm's Law, an essential principle in the field of electricity and electronics, is taught. We will explore how the implementation of gamification techniques, along with the integration of interactive simulations and other digital resources, can significantly enhance the understanding and retention of fundamental electricity concepts. We will measure the impact of applying these new teaching methods on laboratory students and analyze the results to derive conclusions and recommendations.

Palabras claves: Ley de Ohm, Innovación educativa, Recursos digitales, Simulaciones interactivas.

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la Electricidad y Magnetismo, específicamente en el tema de la ley de Ohm, existen enfoques tradicionales y recursos innovadores que pueden marcar la diferencia en el aprendizaje de los estudiantes. Los métodos tradicionales suelen incluir clases expositivas, donde el profesor transmite información teórica sobre la ley de Ohm. También se utilizan problemas prácticos para resolver ejercicios de corriente, voltaje y resistencia en circuitos eléctricos.

Sin embargo, estos enfoques pueden ser estáticos y no siempre logran un aprendizaje significativo, combinar métodos tradicionales con recursos innovadores, como simulaciones, clases demostrativas interactivas y gamificación, pueden mejorar el aprendizaje de los estudiantes para comprender los conceptos y la aplicación de la Ley de Ohm.

Además, estos métodos están diseñados para incentivar la participación y estimular la curiosidad por el aprendizaje científico en los estudiantes.

Por otro lado, en el complejo entorno educativo, la innovación pedagógica se constituye como una poderosa herramienta para superar las barreras tradicionales del aprendizaje.

Finalmente es importante recalcar que, la innovación educativa no se limita a la simple transmisión de conocimientos; su objetivo es también encender la curiosidad y el descubrimiento, preparando así a los estudiantes para que se conviertan en solucionadores de problemas, capaces de contribuir a un mundo donde la tecnología y los sistemas eléctricos son omnipresentes y vitales para el progreso.

ANTECEDENTES

La Ley de Ohm, formulada por el físico alemán Georg Simón Ohm en 1827, es más que una simple ecuación matemática; es una herramienta esencial para explicar el comportamiento eléctrico de los materiales y un dato necesario que cualquier estudiante o profesional en el campo de la física y la ingeniería debe dominar.

La Ley de Ohm establece que, la resistencia existente entre dos puntos, de un elemento conductor, es directamente proporcional al voltaje existente entre ellos e inversamente proporcional a la corriente que lo atraviesa. La fórmula (1) describe esta ley:

$$R = V / I \qquad (1)$$

Donde:

* Departamento de Física. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Correo electrónico: imefuentes@hotmail.com.

** Departamento de Física. Correo electrónico: atera_0506@yahoo.com.mx

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-01, pág.: 1 a la 4.

R es la resistencia, medida en ohms (Ω)
V es el voltaje o diferencia de potencial, medido en volts (V).
I es la intensidad de corriente eléctrica, medida en Amperes (A).

En la actualidad el uso de nuevas tecnologías nos exige a encontrar nuevos métodos y formas de enseñanza que traspase las aulas y no requiera la presencia de los alumnos en los laboratorios. Los recursos digitales pueden ser accesibles para un público más amplio, incluyendo aquellos que no pueden asistir a clases presenciales o que prefieren aprender a su propio ritmo.

La ley de Ohm es una herramienta indispensable para comprender y diseñar una amplia gama de dispositivos eléctricos y electrónicos que forman parte de nuestra sociedad digital. Desde los teléfonos inteligentes hasta los sistemas de energía renovable, además juega un papel crucial en el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura tecnológica moderna.
Sin embargo, la enseñanza de este principio no está exenta de desafíos. La educación contemporánea enfrenta la tarea de hacer que conceptos como la Ley de Ohm sean accesibles y atractivos para una generación de estudiantes que crecen en un entorno saturado de información y tecnología. Aquí es donde entran en juego métodos de enseñanza innovadores como la gamificación y las simulaciones interactivas. Estas estrategias didácticas y pedagógicas no solo facilitan la comprensión de conceptos abstractos, sino que también promueven un aprendizaje activo y participativo.

Este artículo se centra en las estrategias didácticas y pedagógicas que rodean la enseñanza de la Ley de Ohm. Desde la gamificación hasta el uso de simulaciones interactivas, y cómo estos enfoques pueden aumentar la comprensión y retención de conocimientos, alentar la participación y despertar la curiosidad científica en los estudiantes. A través de la innovación educativa, podemos no solo enseñar una ley, sino también inspirar una generación de mentes curiosas listas para enfrentar los desafíos eléctricos y electrónicos del futuro.

La gamificación, por ejemplo, incorpora elementos de juego en el proceso de aprendizaje, transformando la educación en una experiencia más dinámica y motivadora. Los estudiantes pueden participar en desafíos que simulan situaciones del mundo real, permitiéndoles aplicar la Ley de Ohm de manera práctica y contextualizada. Por otro lado, las simulaciones interactivas ofrecen una representación visual de los conceptos eléctricos, lo que ayuda a los estudiantes a visualizar y experimentar con los efectos de cambiar voltajes y resistencias sin los riesgos asociados con los circuitos reales.

Al fomentar un enfoque práctico y experimental hacia la física, estamos cultivando una generación que no solo entenderán la Ley de Ohm, sino que también estarán preparados para aplicarla.

SIMULADOR PhET

PhET es una herramienta diseñada por la Universidad de Colorado Boulder que ofrece simulaciones interactivas gratuitas para aprender ciencias y matemáticas.

Este simulador permite a los estudiantes explorar conceptos científicos de manera activa, donde pueden manipular variables, observar resultados y comprender relaciones entre diferentes factores, además de visualizar fenómenos no visibles como campos eléctricos, estas simulaciones se basan en escenarios del mundo real, lo que permite a los estudiantes relacionarlo con su entorno cotidiano. Ajustando el voltaje y la resistencia (Figura 1), el alumno podrá observar cómo cambia la corriente de acuerdo con la ley de Ohm.

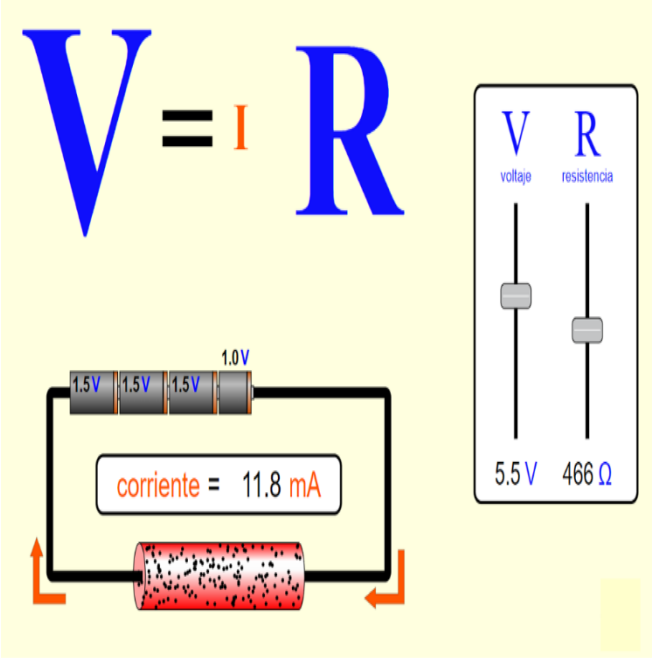


Figura 1.- Ley de Ohm.
Fuente: PhET (2024)

Además, este simulador, cuenta con un Kit de construcción de circuitos eléctricos dentro de un laboratorio virtual (Figura 2), en el cual el alumno puede observar y verificar el comportamiento de la Ley de Ohm y elaborar circuitos más complejos con diferentes elementos; de esta manera, puede practicar el armado de circuitos simulados para posteriormente realizarlo en un laboratorio presencial sin riesgo de daños en el material, equipo y en su persona.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-01, pág.: 1 a la 4.

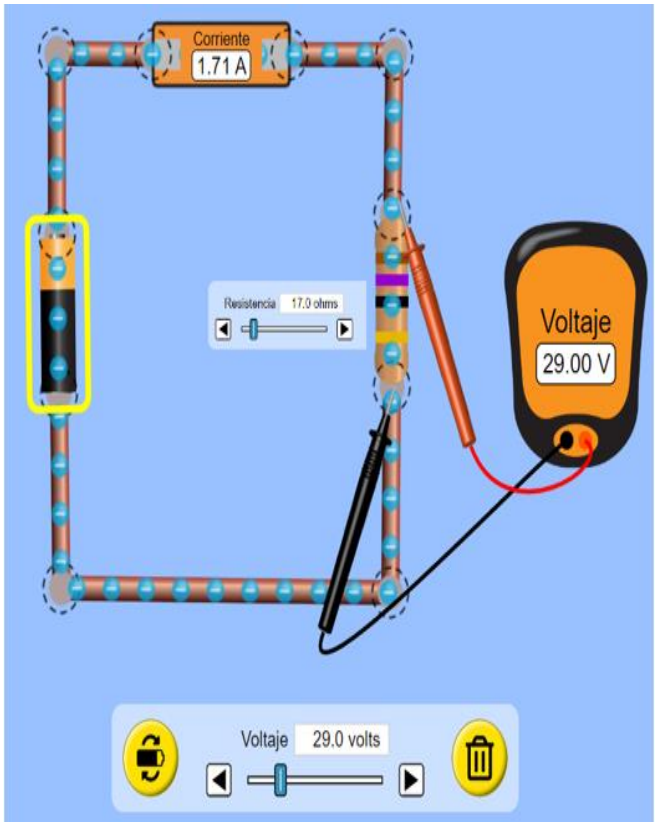


Figura 2.- Laboratorio Virtual, Ley de Ohm.
Fuente: PhET (2024)

GAMIFICACIÓN

La gamificación en la educación se refiere al proceso de aplicar mecánicas de juegos en contextos de formación. A través de esta estrategia, buscamos un aprendizaje basado en la ejecución, experiencia y ensayo/error, lo que va más allá de la enseñanza tradicional.

En el caso específico de la ley de Ohm, la gamificación puede ser útil para motivar a los estudiantes y mejorar su comprensión, al crear cuestionarios o desafíos relacionados con la ley de Ohm utilizando mecánicas de juegos, como puntajes, niveles o recompensas, fomenta la participación y la comprensión profunda. La gamificación no solo hace que el aprendizaje sea más divertido, sino que también puede aumentar la retención de conocimientos y la motivación de los estudiantes.



Figura 3. Juego Tuberías de Mario
Fuente: Propia (Con plantilla de: Víctor EP (2023))

Los crucigramas motivan a los estudiantes a pensar en las definiciones y aplicaciones de los conceptos relacionados con la ley de Ohm (Figura 4) y a reforzar su memoria a largo plazo. Esta práctica repetitiva y enfocada contribuye a una mejor retención de los conceptos fundamentales, fomenta habilidades de pensamiento crítico al deducir y relacionar conceptos. Los estudiantes participan activamente en el proceso de aprendizaje en lugar de recibir información pasivamente haciendo que el aprendizaje sea más efectivo.

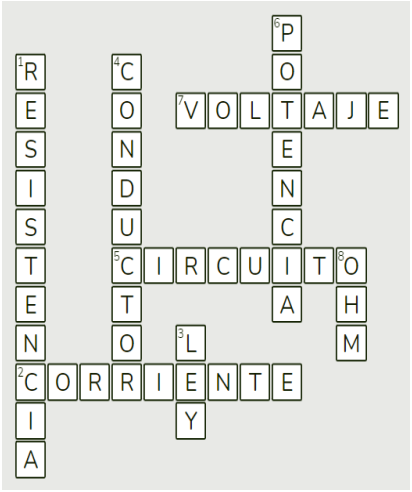


Figura 4.- Crucigrama virtual, Ley de Ohm.
Fuente: Propia (Con plantilla Educaplay (2024))

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Con el uso de estos recursos para la enseñanza de la Ley de Ohm en un grupo de laboratorio de Electricidad y Magnetismo de la FES Cuautitlán, se observó que, a través de la simulación se tuvo una mejor comprensión visual, ya que permitió a los estudiantes cambiar los valores en el circuito simulado y observar los efectos de la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-01, pág.: 1 a la 4.

corriente eléctrica, posteriormente, al poner en práctica sus conocimientos en circuitos reales, anticipaban los resultados, reforzando la comprensión de los conceptos clave.

Con la gamificación, hubo una mayor motivación al convertir el aprendizaje en un juego, ya que despertó el interés en los estudiantes y los incentivó a seguir explorando, además de que promovió el trabajo en equipo y la creatividad. El uso del crucigrama enriquece el proceso de aprendizaje haciéndolo más interactivo y atractivo promoviendo una comprensión más profunda y duradera de los conceptos esenciales. La gamificación no solo hace que el proceso de enseñanza aprendizaje sea divertido y dinámico, sino que también contribuye significativamente al desarrollo integral de los estudiantes.

Es importante mencionar que estas herramientas nos dan la posibilidad de tener retroalimentación inmediata, con lo cual los estudiantes pueden corregir los errores rápidamente y aprender de manera efectiva.

CONCLUSIONES

La enseñanza y aprendizaje de la Ley de Ohm, apoyada por métodos didácticos innovadores, ofrece múltiples beneficios que van más allá de la simple transmisión de conocimiento. Aprender conceptos científicos de manera divertida y amena es crucial para mantener y aumentar el interés de los estudiantes, el uso de estos recursos facilita la visualización y la experimentación de conceptos abstractos.

En el caso de la Ley de Ohm, estas herramientas permiten a los estudiantes explorar cómo varían la corriente y el voltaje en un circuito resistivo de manera dinámica y práctica, lo que refuerza su comprensión conceptual, permiten a los estudiantes involucrarse de manera más profunda en el proceso de aprendizaje, lo que no solo mejora la retención de los conceptos, sino que también desarrolla habilidades críticas y analíticas.

Con una sólida comprensión de la Ley de Ohm, los estudiantes están mejor preparados para realizar cálculos de corrientes, tensiones y resistencias en cualquier tipo de circuito, esto les permitirá diseñar sistemas más seguros y eficientes.

El empleo de métodos de enseñanza innovadores para explicar la Ley de Ohm mejora la forma en que los estudiantes adquieren conocimientos técnicos. Además, enriquece su experiencia educativa y les ayuda a entender en profundidad los fundamentos de la electricidad.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Prieto-Andreu, J. M., Gómez-Escalonilla-Torrijos, J. D., & Said-Hung, E. (2022). Gamificación, motivación y rendimiento en educación: una revisión sistemática. Revista Electrónica Educare, 26(1), 251-273. https://doi.org/10.7440/res64.2018.03

[2] PhET. (2024). Interactive Simulations Colorado - Sitio web: Ley de Ohm. https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_all.html?locale=es

[3] Víctor EP. (2023). Tuberías de Mario JUEGO DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS EN POWERPOINT [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=XXXXX

[4] Educaplay. (2024). Free educational games generator: Generador de crucigramas online. https://es.educaplay.com/editor-de-recursos/19668874/

[5] Serway, R. A., & Jewett, J. W. Jr. (2016). Física: Electricidad y magnetismo (9ª ed.). Cengage Learning.

[6] Young, H. D., Freedman, R. A., & Ford, A. L. (2013). Física universitaria con física moderna (13ª ed., Vol. 2). Pearson Educación.

INFORMACIÓN ACADÉMICA|

Aide Castro Fuentes. Maestra en Educación. Académica del Departamento de Física de la FES Cuautitlán UNAM.

Ana María Terreros de la Rosa Maestra en Educación. Académica del Departamento de Física de la FES Cuautitlán UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-02, pág.: 1 a la 4.

Evaluación de la aplicación del aprendizaje significativo en las prácticas de laboratorio electricidad y magnetismo a través de cuestionarios de opción múltiple. PAPIME 106424

***Melody Cinthya Vicuña Gómez*[1], Angel Rueda Angeles[2], Ramón Osorio Galicia[3], Pedro Guzmán Tinajero[4], Cesar Rueda Angeles[5]**

RESUMEN

La asignatura de Electricidad y Magnetismo se imparte en nueve carreras ofrecidas por la Facultad. La materia es de carácter básico, es propedéutica para varias otras asignaturas de las carreras. Un problema recurrente en esta es la deserción, la reprobación y la falta de interés por parte del alumnado.

Para captar el interés de los estudiantes, se propone aplicar el proceso de aprendizaje significativo, que vincula los conocimientos previos del alumno sobre un fenómeno con los adquiridos durante la parte experimental. Esto busca aumentar el interés, la comprensión y el conocimiento de los fenómenos.

Este artículo presenta una metodología para la evaluación, validación y obtención de datos mediante cuestionarios de opción múltiple, con el objetivo de medir la eficacia del aprendizaje significativo en los Laboratorios de Electricidad y Magnetismo.

Se basa en la creación de cuestionarios enfocados en los conceptos clave del manual de prácticas, evaluando la comprensión de los estudiantes y su capacidad para aplicarlos en situaciones prácticas. Los cuestionarios se administrarán a los estudiantes al finalizar cada práctica, y las respuestas obtenidas se analizarán para determinar la eficacia de los ítems mediante un proceso estadístico que garantice la claridad, precisión y efectividad de las preguntas para medir el aprendizaje significativo.

ABSTRACT

The subject of Electricity and Magnetism is taught in nine careers offered by the faculty. This subject, of a basic nature, is propaedeutic for several other subjects of the careers. A recurring problem is dropout, failure and lack of interest on the part of students.

To capture the interest of students, it is proposed to apply the significant learning process, which connects the student's previous knowledge about a phenomenon with that acquired during the experimental part. This seeks to increase interest, understanding, and knowledge of phenomena.

This article presents a methodology for the evaluation, validation and collection of data through multiple-choice questionnaires, with the aim of measuring the effectiveness of meaningful learning in the Laboratories of Electricity and Magnetism.

The methodology is based on the creation of questionnaires focused on the key concepts of the internship manual, assessing students' understanding and their ability to apply them in practical situations. The questionnaires will be administered to the students at the end of each practice, and the answers obtained will be analyzed to determine the effectiveness of the items through a statistical process that ensures the clarity, accuracy, and effectiveness of the questions to measure meaningful learning.

Palabras claves: Aprendizaje, Significativo, Electricidad, Magnetismo, Evaluación, Enseñanza

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la educación, especialmente en los laboratorios de enseñanza experimental, el aprendizaje significativo es un proceso para que los estudiantes comprendan y apliquen los conceptos de Electricidad y Magnetismo en contextos prácticos. Sin embargo, actualmente no se cuenta con un seguimiento o evaluación sistematizada de las prácticas, lo que dificulta medir la efectividad de este aprendizaje.

Este artículo introduce una metodología para evaluar el aprendizaje significativo en los alumnos mediante cuestionarios de opción múltiple. Esta propuesta busca proporcionar a los profesores herramientas efectivas para evaluar y mejorar la comprensión y aplicación de los conceptos por parte de los estudiantes.

La estructura de la enseñanza debe estar diseñada para promover un aprendizaje que integre de manera efectiva pensamientos, emociones y acciones. La interacción personal y el intercambio de ideas son elementos clave para la comprensión. La enseñanza debe

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Departamento de Física, melcivigo@cuautitlan.unam.mx [1], raa_rueda@comunidad.unam.mx[2], rosoriog@unam.mx [3], pguzmant@cuautitlan.unam.mx [4], cruedaa@comunidad.unam.mx[5].

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-02, pág.: 1 a la 4.

ser un diálogo, no un monólogo. En cuanto a la evaluación, se debe buscar pruebas de aprendizaje en lugar de confiar únicamente en exámenes (Moreira,2017).

METODOLOGÍA

La metodología que se propone estará dividida en cuatro partes:

1. Elaboración de cuestionario de opción múltiple

De acuerdo con Martínez, Márquez & Hernández (2015) el objetivo de los ítems en las pruebas de evaluación es recopilar datos que permitan inferir el nivel de conocimiento de un estudiante en el área evaluada por la prueba. Esta información es valiosa para los profesores, ya que les permite tomar decisiones para mejorar el proceso educativo.

Para la formulación de preguntas, cada ítem de la evaluación debe pasar por un proceso de validación. Este proceso comprende mediciones estadísticas y de discriminación, con el objetivo de establecer un estándar.

En cuanto a la elaboración del examen, es necesario definir claramente los objetivos de evaluación que se quieren medir, seleccionar el tema específico a evaluar, considerar el nivel de dificultad de las preguntas y asegurar que las opciones de respuesta sean coherentes y representativas.

Después de definir los límites curriculares y conceptuales del objeto de medida, es necesario concretarlo en especificaciones. El objetivo principal es proporcionar los componentes e instrucciones necesarios para la construcción posterior de los ítems de evaluación, de acuerdo con algunas de las recomendaciones de Alaminos & Castejón (2006):

- Cada pregunta debe de abordar un único tema para evitar confusiones.
- Las preguntas deben ser directas, fáciles de entender y evitar ser demasiado extensas.
- En preguntas cerradas, las opciones de respuesta deben cubrir todas las posibles elecciones y ser mutuamente excluyentes.
- Evitar sugerir una respuesta específica

Además, es importante utilizar un lenguaje claro y preciso en la redacción de las preguntas, evitar preguntas ambiguas o con doble negación, asegurarse de que cada pregunta tenga una única respuesta correcta y revisar la ortografía y gramática de las preguntas, tomado en cuenta que *"la interacción cognitiva entre conocimientos nuevos y previos es la característica clave del aprendizaje significativo"* (Moreira,2019).

2. Selección de muestra

Para este estudio en específico se utilizará una selección de muestra no probabilística. "*Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización"* (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado & Baptista-Lucio, 2014).

De acuerdo con Blanco & Castro (2007) en la investigación cualitativa, a menudo se utilizan muestras no aleatorias y de tamaño reducido. Cuando el propósito del estudio es generalizar a partir de un conjunto limitado de casos, es crucial examinar la representatividad de los casos analizados. Esto se hace comparando las características pertinentes con los datos de las estadísticas oficiales o de otras investigaciones sobre la población en cuestión.

En el enfoque cuantitativo, la muestra se considera un subconjunto específico de la población de interés. Esta muestra, de la cual se recopilarán datos, debe ser definida y delimitada con precisión antes de iniciar el estudio. Además, es esencial que la muestra sea representativa de la población total. El objetivo del investigador es que los hallazgos obtenidos de esta muestra puedan ser generalizados o extrapolados a toda la población.

Por lo que los primeros grupos en analizarse serán los de los pertenecientes a los profesores colaboradores en el proyecto de la modificación de las prácticas basadas en el aprendizaje significativo.

3. Aplicación de los cuestionarios de opción múltiple

Al finalizar cada práctica de laboratorio, el profesor podría aplicar un examen de opción múltiple en línea. Este examen estaría diseñado para evaluar la comprensión del estudiante sobre los conceptos clave y las habilidades adquiridas durante la práctica. Las preguntas estarían basadas en el aprendizaje significativo, es decir, se centrarían en la aplicación de los conceptos y las habilidades en lugar de simplemente recordar hechos.

Ejemplo: Una pregunta sobre la ley de Coulomb en donde el estudiante tenga que resolver el problema, relacionar un concepto u esquema con el fin de evaluar el entendimiento y capacidad de distinguir la respuesta correcta.

Se podría utilizar una plataforma de aprendizaje en línea para administrar estos exámenes a los cuales los estudiantes podrían acceder al examen a través de un código QR y completar el examen en un tiempo determinado y recibir retroalimentación inmediata sobre su rendimiento. Esto no solo facilita la evaluación para el profesor, sino que también permite a los estudiantes recibir retroalimentación oportuna y relevante sobre su aprendizaje.

Además, dado que los exámenes se realizan en línea, esto facilita la recopilación y el análisis de datos sobre el rendimiento de los estudiantes, lo que puede ser útil para mejorar las prácticas de enseñanza y aprendizaje en el futuro.

4. Evaluación de resultados

Una vez obtenido los datos de los cuestionarios se realizará el análisis de los siguientes parámetros:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-02, pág.: 1 a la 4.

a. índice de dificultad

Según Morales (2012) y Martínez, Márquez & Hernández (2015) dicen que el índice de dificultad (ecuación 1) se refiere a la proporción de respuestas correctas en la muestra de estudiantes utilizada con respecto a la cantidad de alumnos que respondieron. Además, la medida del ítem indica el nivel de dificultad, si la media es más alta el ítem es más fácil.

$$P_i = \frac{A_i}{N_i} \qquad (1)$$

P_i=Índice de Dificultad
A_i=Cantidad de Examinados que aciertan un item
N_i=Cantidad de Examinados

b. Índice de discriminación

Martínez, Márquez & Hernández (2015) describen al índice de discriminación (ecuación 2) como la diferencia en la frecuencia con que un grupo de examinados de puntaje alto, y la frecuencia con la que un grupo de puntaje bajo aciertan un reactivo, entre grupo mayor.
Si la prueba y un ítem miden la misma habilidad o competencia, podemos esperar que quien tuvo una puntuación alta en todo el test deberá tener altas probabilidades de contestar correctamente el ítem. Morales, Escudero & Reyna (2000) mencionan que, si el índice tuvo bajas puntuaciones en la prueba, deberá tener pocas probabilidades de contestar correctamente el reactivo.

$$D_i = \frac{GA_i - GB_i}{N_i} \qquad (2)$$

D_i=Índice de Discriminación
GA_i=Los sujetos con las puntuaciones más altas en el reactivo i
GB_i=Los sujetos con las puntuaciones más bajas en el reactivo i
N_i=Número de personas del grupo más numeroso

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se espera realizar el análisis con una muestra de aproximadamente 60 estudiantes de diferentes grupos de laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Los cuestionarios elaborados contendrán entre 4 y 5 preguntas, las cuales se presentarán al final de cada práctica.

Ejemplo:

Si consideramos la práctica de ruptura de rigidez dieléctrica una posible pregunta será:

1. ¿Cuál de los siguientes materiales presentan mayor rigidez dieléctrica de tal forma, que se pueda utilizar como aislante en las torres de alta tensión?
a) Madera
b) Vidrio
c) Hule
d) Plástico
e) Papel cascarón

Donde la respuesta correcta sería el vidrio, y el alumno lo puede confirmar con observar una torre de alta tensión.

Considerando la práctica de capacitancia y capacitores una pregunta será:

2. En un motor monofásico, como el que utiliza la bomba para agua de uso doméstico, en la licuadora y en la lavadora el capacitor que se conecta al embobinado tiene la función de:
a) Frenar el motor
b) Cambiar de posición el motor
c) Sirve para el arranque del motor
d) Mantener la velocidad del motor
e) Modificar la potencia

La respuesta correcta será el inciso c, debido a que el capacitor aumenta la capacidad de torque para romper la inercia de arranque del motor.

Una vez obtenidos los resultados del cuestionario, se calculará el índice de dificultad (ecuación 1).

$$P_i = \frac{45}{60}$$
$$P_i = 0.75$$

Este índice permitirá comparar la cantidad de alumnos que seleccionaron la respuesta correcta con el total de la muestra. Por ejemplo, si consideramos a 60 estudiantes que respondieron la pregunta anterior y 45 de ellos seleccionaron la respuesta correcta, el índice de dificultad sería de 0.75, indicando que la pregunta es relativamente fácil. Por el contrario, si de los 60 alumnos solo 15 respondieran correctamente, el índice sería de 0.25, lo que sugiere que la pregunta es más difícil.

Para el índice de discriminación (ecuación 2) consideramos a los mismos 60 estudiantes y los dividimos entre puntaje alto (GA) y los de puntaje bajo (GB). Supongamos que de los 45 alumnos que respondieron correctamente la pregunta 1; 25 están en el grupo de puntaje alto, compuesto por la mitad de los estudiantes, y 20 en el grupo de puntaje bajo compuesto por los otros 30.

$$D_i = \frac{25 - 20}{30}$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FE-02, pág.: 1 a la 4.

$$D_i = 0.16$$

Esto nos daría un índice de discriminación de discriminación de 0.16, esto indica que la pregunta tiene un comportamiento ideal ($0 \leq D_i \leq 1$) de acuerdo con Hurtado Mondoñedo (2018).

Para el caso de los 15 alumnos de 60 que respondieron correctamente, supongamos que 5 pertenecen al grupo de puntaje alto y 10 al grupo de puntaje bajo. Considerando que la población de GA y GB sigue siendo la mitad, esto nos daría un índice de discriminación de -0.16. Este valor indica que el comportamiento del ítem no es ideal y, por lo tanto, debe ser replanteado.

CONCLUSIONES

Con esta metodología se pretende destacar la relevancia de conectar los conocimientos previos de los estudiantes con los adquirido durante las prácticas de laboratorio, para no solo facilitar la evaluación para los profesores, sino que también proporciona retroalimentación inmediata y relevante a los estudiantes, mejorando así el proceso educativo y fomentando un interés más profundo en la materia.
Mediante la aplicación de cuestionarios de opción múltiple para evaluar la efectividad del aprendizaje significativo, utilizando como herramientas los resultados de los índices de dificultad y discriminación para analizar las respuestas de los estudiantes, permitiendo mejorar las prácticas de Electricidad y Magnetismo.

REFERENCIAS

1. Alaminos, A., & C, J. L. (2006). *Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión*. Universidad de Alicante.
2. Morales, M. R., Escudero, E. B., & Reyna, N. L. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *REDIE: Revista Electrónica de Investigación Educativa*, *2*(1), 2.
3. Blanco, C. M. C., & Castro, A. B. S. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *NURE investigación: Revista Científica de enfermería*, (27), 10.
4. Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. En Metodología de la Investigación (6ª ed., pp. 170-191). México: McGraw-Hill
5. Hurtado Mondoñedo, Luis Leoncio. (2018). Relación entre los índices de dificultad y discriminación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, *12*(1), 273-300. https://dx.doi.org/10.19083/ridu.12.614
6. Martínez, B. B., Márquez, A. P. C., & Hernández, V. E. H. (2015). Diseño de un sistema de validación de reactivos con base al constructivismo Design of an item validation system based on constructivism. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, *2*(3).
7. Morales, P. (2012). Análisis de ítems en las pruebas objetivas. *Madrid: Universidad Pontificia Comillas*.
8. Moreira, M. A. (2019). APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. Textos de Apoio Ao Professor de Física, 30(3)

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Melody Cinthya Vicuña Gómez: Ingeniera en Alimentos, egresada de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Estudiante de Maestría en Educación y Docencia.

Rueda Angeles Angel: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

Ramón Osorio Galicia: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM Maestro en Ingeniería Metal Mecánica egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM
Doctorado en Educación egresado de la Universidad de Cuautitlán Izcalli.

Guzmán Tinajero Pedro: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM.
Maestría en Administración Industrial egresado de la UNAM.
Doctorado en gestión Tecnológica e Innovación egresado de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Rueda Angeles César: Ingeniero Mecánico Electricista, egresado de la Facultad de Ingeniería UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-01, pág.: 1 a la 4.

Teoría Electromagnética y energía solar

Pedro Guzmán Tinajero*, Aide Castro Fuentes**, Víctor Hugo Hernández Gómez*****

RESUMEN

En este artículo, exploramos la estrecha relación entre la teoría electromagnética y la energía solar, destacando cómo los principios fundamentales de la teoría electromagnética son esenciales para comprender y aprovechar eficientemente la energía del sol.
Arrancamos desde los fundamentos teóricos, enmarcados por las 4 ecuaciones de Maxwell, hasta las aplicaciones prácticas de la Energía Solar y los sistemas fotovoltaicos, examinamos cómo la teoría electromagnética impulsa el desarrollo de tecnologías solares innovadoras y sostenibles. Además, discutimos los desafíos actuales y las perspectivas futuras para la integración más amplia de la energía solar en nuestro país.

ABSTRACT

In this article, we explore the close relationship between electromagnetic theory and solar energy, highlighting how the fundamental principles of electromagnetic theory are essential for understanding and efficiently harnessing the sun's energy.
Starting from the theoretical foundations, framed by Maxwell's 4 equations, to the practical applications of solar energy and photovoltaic systems, we examine how electromagnetic theory drives the development of innovative and sustainable solar technologies. In addition, we discuss current challenges and future prospects for the broader integration of solar energy in our country.

Palabras claves: Electromagnetismo, Teoría Electromagnética, Energía Solar, Radiación.

INTRODUCCIÓN

En los últimos meses el calor en México se ha resentido a tal forma que se han rebasado temperaturas históricas tanto en la Ciudad de México como en algunos otros estados del país. Los efectos de la radiación solar se han resentido no solo en las personas y animales coma sino también en las telecomunicaciones.

Sin duda alguna nuestro estrella el Sol, con una edad aproximada de 4.6 mil millones de años, nos ha afectado en gran parte de nuestro territorio ocasionando calor, sequías y favoreciendo enfermedades gastrointestinales. Sin embargo, esta onda electromagnética emanada de nuestra estrella, también tiene varios elementos positivos si aprovechamos al máximo lo que conocemos como energía solar.

Hernández Gómez, Morillón Gálvez, Olvera García, y Guzmán Tinajero (2024) describen en su libro sobre climatización sustentable en edificaciones que el sol es una esfera de diámetro de $1.39x10^9$ m alejado de la tierra por aproximadamente 150 millones de kilómetros; emitiendo una radiación promedio de aproximadamente 1367 W/m^2, es importante indicar que este es un dato estimado, pues puede variar a lo largo del año.

ANTECEDENTES

La teoría electromagnética ha sido fundamental en el desarrollo y comprensión de la energía solar. Específicamente en el siglo XIX, James Clerk Maxwell (1831-1879) formuló su teoría del electromagnetismo (aproximadamente entre 1861 y 1862) unificando los trabajos de Ampère, Faraday, Gauss y otros.

Las Ecuaciones de Maxwell mostraron que la luz es una onda electromagnética. Encontrando que su velocidad de propagación es una constante. En 1864, Maxwell presentó su "Dynamical Theory of the Electromagnetic Field" (Teoría Dinámica del Campo Electromagnético) proponiendo que la luz visible, el ultravioleta y la radiación infrarroja son en realidad formas de ondas electromagnéticas.

En 1887, Heinrich Hertz (1857-1894) demostró la existencia de ondas electromagnéticas predichas por Maxwell, validando la teoría del electromagnetismo y abriendo camino al aprovechamiento de la energía emanada de nuestro Astro Rey. De hecho, hay sabemos que existen diferentes frecuencias de energía emitidas por el Sol integradas en el espectro electromagnético.

Al revisar la interacción de los campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo, la propagación de las ondas electromagnéticas transversales (ondas TEM), se puede catalogar actualmente a través de lo que se denominó el Espectro Electromagnético.

Utilizando la inteligencia artificial, específicamente la herramienta de ChatGPT (2024), se ha elaborado la siguiente tabla, que resume el espectro electromagnético, en ella se muestran las definiciones de las regiones, sus rangos de frecuencia y longitud de onda, y algunas de sus aplicaciones.

* Departamento de Física. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Correo electrónico: pgconacyt@gmail.com.

** Departamento de Física. Correo electrónico: imefuentes@hotmail.com.
**** Departamento de Ingeniería. Laboratorio de Investigación en energías Renovables – UIM. Correo electrónico: vichugo@unam.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-01, pág.: 1 a la 4.

Tabla 1.- Espectro Electromagnético

Región del Espectro Electromagnético	Rango de Frecuencia (Hz)	Rango de Longitud de Onda (m)	Ejemplos de Aplicaciones
Ondas de Radio	$< 3 \times 10^9$ Hz	$> 10^{-1}$ m	Radiodifusión, televisión, comunicaciones
Microondas	3×10^9 Hz a 3×10^{11} Hz	10^{-1} m a 10^{-3} m	Cocción de alimentos, radar, comunicaciones satelitales
Infrarrojo	3×10^{11} Hz a 4.3×10^{14} Hz	10^{-3} m a 7×10^{-7} m	Sensores térmicos, control remoto, astronomía
Luz Visible	4.3×10^{14} Hz a 7.5×10^{14} Hz	7×10^{-7} m a 4×10^{-7} m	Iluminación, fotografía, visión humana
Ultravioleta	7.5×10^{14} Hz a 3×10^{16} Hz	4×10^{-7} m a 10^{-8} m	Esterilización, detección de huellas, astronomía
Rayos X	3×10^{16} Hz a 3×10^{19} Hz	10^{-8} m a 10^{-11} m	Radiografía médica, seguridad en aeropuertos
Rayos Gamma	3×10^{19} Hz a 3×10^{24} Hz	10^{-11} m a 10^{-16} m	Tratamiento del cáncer, investigación nuclear
Rayos Cósmicos	$> 3 \times 10^{24}$ Hz	$< 10^{-16}$ m	Investigación astronómica, estudios del universo

Fuente: Elaboración propia con datos de ChatGPT (2024)

En el siglo XX, Albert Einstein (1879-1955) publicó en 1905 su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico, explicando cómo la luz puede liberar electrones de un material. Esta explicación fundamentó la teoría de la energía solar fotovoltaica, esencial para el desarrollo de células solares.

Einstein postuló que la luz se compone de partículas discretas llamadas fotones, cada uno con una energía específica relacionada con su frecuencia. Cuando la luz incide sobre la superficie de un material, los fotones pueden transferir su energía a los electrones en el material. Si la energía de un fotón es lo suficientemente alta, puede liberar un electrón del material, creando un par electrón-agujero y generando corriente eléctrica.

En el año 1954, Bell Labs logró un avance histórico al crear la primera célula solar de silicio altamente eficiente, capaz de convertir la luz solar en electricidad de manera directa. Este hecho resultó muy significativo en la aplicación práctica de los principios de la teoría electromagnética a través de la generación de energía derivada de una fuente solar.

Actualmente, los avances en materiales y manufactura han llevado a una disminución significativa en el costo de las células solares, haciendo la energía solar más accesible y viable económicamente. Con el único inconveniente relacionado a su almacenamiento (Baterías).

La eficiencia de las células solares ha mejorado con la introducción de nuevas tecnologías, como las células de perovskita, que es un mineral con una estructura cristalina específica que se encuentra en la naturaleza, pero también se puede sintetizar en laboratorio. Su nombre proviene del mineralogista ruso Lev Perovski, quien descubrió el mineral en los Urales en 1839.

Otro desarrollo importante son las células bifaciales, que aprovechan la luz de ambos lados del panel. Además, se han construido numerosas plantas solares a gran escala en todo el mundo, y la energía solar ha empezado a competir con las fuentes de energía convencionales en términos de costos y viabilidad.

ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

Derivado de los cambios climáticos, la Ciudad de México estableció un nuevo récord histórico de temperatura el 25 de mayo de 2024, alcanzando 34.7°C en el Observatorio de Tacubaya, esto no es considerado tan fuera de lo común porque México se sitúa en lo que se conoce como el "Cinturón Solar", una región caracterizada por una alta irradiación solar. Aquí, la radiación solar promedio anual oscila entre 4.5 y 6.5 kWh/m² por día, convirtiendo al país en un lugar idóneo para la implementación de sistemas de energía solar.

Para fomentar el uso de energías renovables, incluida la solar, en nuestro país se establecieron fondos y programas como: el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), o el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)

México cuenta con ejemplos destacados de aprovechamiento de energía solar como la Planta Solar Villanueva, ubicada en Coahuila, una de las más grandes de América Latina y del mundo, con una capacidad instalada de 828 MW. También, la Planta Solar Aura Solar I, en La Paz, Baja California Sur, con una capacidad de 39 MW. Y por supuesto, la Planta Solar Puerto Libertad, en Sonora, con 405 MW de capacidad instalada.

La promulgación de la Ley de Transición Energética en 2015 estableció objetivos ambiciosos para aumentar la participación de las energías renovables en la generación eléctrica, con metas como alcanzar el 35% para 2024 y el 50% para 2050.

El aprovechamiento de la energía solar en México no solo contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en línea con los compromisos internacionales del país, sino que también ha generado miles de empleos en la construcción, operación y mantenimiento de las plantas solares.

Además, de todo lo anterior, los mexicanos cada vez nos convencemos más del uso de paneles solares en hogares y negocios, pues en los últimos años se ha experimentado un notable crecimiento, respaldado por programas gubernamentales y la reducción de costos de los sistemas fotovoltaicos. Basta con asomarse a las azoteas de las diferentes casas habitación, para ver cómo ha crecido la demanda de los calentadores solares de agua.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-01, pág.: 1 a la 4.

ENERGÍA SOLAR EN LA FES CUAUTITLÁN

El 22 de abril de 2024, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), cumplió su 50 aniversario, desde su concepción como ENEP Cuautitlán ha buscado abarcar las cuatro áreas del conocimiento definidas por la UNAM, estructurando su parte académica de una forma matricial organizada por departamentos académicos.

En la injerencia de la energía solar participan académicos principalmente de dos departamentos: Física e Ingeniería. Por el lado del Departamento de Física a través de su claustro de Teoría Electromagnética y por el lado del Departamento de Ingeniería a través de su Laboratorio de energías renovables.

El Claustro de Teoría Electromagnética, dirigido por el Dr. Pedro Guzmán Tinajero, empuja a los alumnos y alumnas a desarrollar prototipos aprovechando el espectro electromagnético. Así se comienza con alumnos del tercer semestre en proyectos sencillos que se van haciendo más elaborados. Ver Figura 1. Y se ha convertido en un semillero que crece hasta convertirse en un servicio social, una tesis o incluso un modo de vida para los egresados.

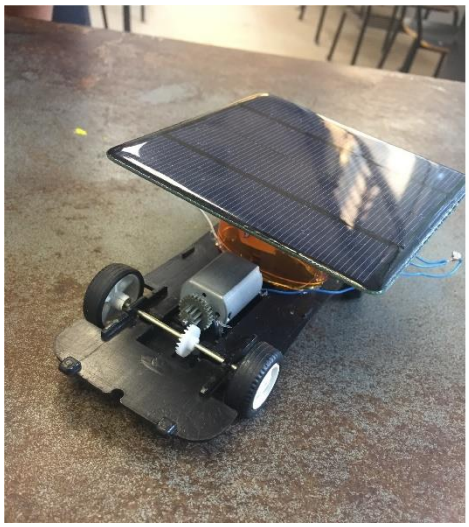


Figura 1.- Proyecto básico con energía solar
Fuente: Propia

Por su parte, el Laboratorio de energías renovables nace en 2003, con el empuje de profesores como el Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez y el Ing. Hermenegildo Bonifacio Paz, en conjunto con un grupo de alumnas y alumnos entusiastas en participar en los diferentes proyectos que de esta área han emanado.

Actualmente este Laboratorio cuenta con varias líneas de investigación que fortalecen la innovación y analizan diferentes cuestiones en los cambios solares, así como la transmisión y uso del calor de manera eficiente.

En últimos meses las dos áreas han trabajo en conjunto, fortaleciendo en conocimiento intra e interdisciplinario, desarrollando proyectos, prototipos, investigaciones y publicaciones diversas. Recientemente se presentó el libro Climatización sustentable en edificaciones. Ver Figura 2.



Figura 2.- Libro de Climatización sustentable
Fuente: Propia

Las dos áreas trabajan con alumnos y alumnas, con tesistas y con egresados. Actualmente se han propuesto fortalecer un tema importante: El aprovechamiento de la energía solar. Por lo que se encuentran trabajando en varios proyectos que pronto se darán a conocer.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el marco del 50 aniversario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), la aplicación de la teoría electromagnética ha desempeñado un papel crucial en la investigación y el desarrollo de tecnologías basadas en la energía solar. Los departamentos de Física e Ingeniería han unido esfuerzos para aprovechar de manera óptima el espectro electromagnético, impulsando la innovación en el campo de la energía solar y su aplicación práctica.

El Departamento de Física, mediante su Claustro de Teoría Electromagnética dirigido por el Dr. Pedro Guzmán Tinajero, ha logrado integrar de manera efectiva la teoría con la práctica. Los estudiantes, desde el tercer semestre, participan en proyectos que inicialmente exploran conceptos fundamentales de la teoría electromagnética aplicados a la energía solar. Estos proyectos progresan hacia desarrollos más complejos, permitiendo a los alumnos comprender y experimentar de primera mano la interacción de la radiación electromagnética con los materiales y tecnologías solares. Este enfoque ha dado lugar a la creación de prototipos innovadores que no solo ilustran los principios teóricos, sino que también presentan soluciones prácticas para la captura y uso eficiente de la energía solar.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-01, pág.: 1 a la 4.

En paralelo, el Laboratorio de Energías Renovables, fundado en 2003 y liderado por el Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez, ha centrado sus esfuerzos en la investigación aplicada de la energía solar, enfocándose en la optimización de la transmisión de calor y la eficiencia energética. La sinergia entre este laboratorio y el Claustro de Teoría Electromagnética ha permitido una integración fluida de la teoría electromagnética en el desarrollo de tecnologías solares avanzadas, como paneles fotovoltaicos más eficientes y sistemas de climatización sustentable que maximizan el aprovechamiento de la radiación solar.

La participación activa de estudiantes, tesistas y egresados en estos proyectos ha fomentado un entorno de aprendizaje dinámico y ha contribuido al avance en la comprensión y aplicación de la energía solar en un contexto práctico.

CONCLUSIONES

La Teoría Electromagnética forma parte importante en la formación de futuros ingenieros e ingenieras, sobre todo en carreras como la Ingeniero en Telecomunicaciones Sistemas y Electrónica impartidas en la FES Cuautitlán. Aunado a ello, el aprovechamiento de la energía solar se ha hecho necesario no solo por las circunstancias derivadas del cambio climático sino por la posición privilegiada de México en su entorno internacional.

La FESC ha demostrado cómo la teoría electromagnética puede ser una herramienta poderosa para el desarrollo y la optimización de tecnologías de energía solar. La colaboración interdisciplinaria entre los departamentos de Física e Ingeniería ha permitido una integración eficaz de conceptos teóricos y aplicaciones prácticas, resultando en innovaciones significativas en el aprovechamiento de la energía solar. La creación de prototipos y la publicación de investigaciones relevantes son una muestra del compromiso de la FESC con la sostenibilidad y la eficiencia energética basada en principios científicos sólidos.

Con motivo de su 50 aniversario, la FESC se proyecta como un referente en la investigación y aplicación de la energía solar, aprovechando la teoría electromagnética para enfrentar los desafíos energéticos del futuro. Los proyectos en curso y los planes de expansión en el ámbito de la energía solar subrayan la importancia de esta área en la agenda académica e investigativa de la institución, posicionándola como un líder en la promoción de tecnologías limpias y sustentables basadas en la comprensión profunda del espectro electromagnético y sus aplicaciones en la energía solar.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] ChatGPT. (2024). Espectro electromagnético: Regiones, rangos de frecuencia y longitud de onda, y aplicaciones. OpenAI.

[2] Hernández Gómez, V. H., Morillón Gálvez, D., Olvera García, O., & Guzmán Tinajero, P. (2024). Climatización sustentable en edificaciones (Primera edición). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Pedro Guzmán Tinajero. Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación. Responsable del Claustro de Teoría Electromagnética del Departamento de Física de la FES Cuautitlán y Profesor de carrera del Departamento de Física de la FES Cuautitlán.
Aide Castro Fuentes. Maestra en Educación. Miembro del Claustro de Teoría Electromagnética del Departamento de Física de la FES Cuautitlán de la UNAM.
Víctor Hugo Hernández Gómez. Doctor en Ingeniería. Responsable del Laboratorio en Energías Renovables de la FES Cuautitlán. Profesor de carrera del Departamento de Ingeniería de la FES Cuautitlán.

AGRADECIMIENTO

El primer autor agradece el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE103424

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-02 pág.: 1 a la 5.

FO-02

Teoría Electromagnética e Inteligencia Artificial

Pedro Guzmán Tinajero*, **Armando Aguilar Márquez****, **Frida María León Rodríguez***** y **Omar García León *******

RESUMEN

Con el vertiginoso avance de la inteligencia artificial en la actualidad, a través de buscadores inteligentes, aplicaciones y desarrollos tecnológicos, es crucial que el ámbito académico se mantenga actualizado. Esto no solo es fundamental para estar a la vanguardia de estas tecnologías, sino también para preparar a nuestros estudiantes a comprender el verdadero alcance y potencial de estas herramientas.

Cuando se habla de inteligencia artificial, algunos estudiantes tienden a pensar únicamente en la posibilidad de realizar tareas con mayor rapidez. No obstante, ha surgido una confianza excesiva en aplicaciones y herramientas que todavía están en fase de desarrollo y aprendizaje.

En este artículo, exploraremos diversas experiencias con los estudiantes y la utilidad de estas herramientas para enriquecer la enseñanza, tomando como ejemplo la Teoría Electromagnética, aunque aplicable a cualquier materia. Analizaremos tanto la parte operativa como la dimensión ética que implica el uso de la inteligencia artificial.

ABSTRACT

With the dizzying advance of artificial intelligence today, through intelligent search engines, applications and technological developments, it is crucial for academia to keep up to date. This is not only fundamental to be at the forefront of these technologies, but also to prepare our students to understand the true scope and potential of these tools.

When talking about artificial intelligence, some students tend to think only of the ability to perform tasks faster. However, there has been an over-reliance on applications and tools that are still in the development and learning phase.

In this article, we will explore various experiences with students and the usefulness of these tools to enrich teaching, taking Electromagnetic Theory as an example, although applicable to any subject. We will analyze both the operational side and the ethical dimension involved in the use of artificial intelligence.

Palabras claves: Teoría Electromagnética, Inteligencia Artificial, Tecnología, Electromagnetismo.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) está transformando rápidamente numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana y profesional, incluidas las prácticas educativas. Su avance a través de buscadores inteligentes, aplicaciones especializadas y desarrollos tecnológicos de vanguardia está redefiniendo la forma en que interactuamos con la información y el conocimiento. En el ámbito académico, mantenerse actualizado sobre estas innovaciones es esencial no solo para liderar el cambio tecnológico, sino también para preparar a los estudiantes a comprender y aprovechar el verdadero potencial de estas herramientas.

Sin embargo, la percepción de la inteligencia artificial en la educación a menudo se limita a la idea de acelerar y simplificar tareas. Este enfoque estrecho puede llevar a una confianza desmesurada en tecnologías que aún están en fases iniciales de desarrollo y aprendizaje, lo que plantea importantes desafíos éticos y operativos. En este contexto, es vital que los educadores analicen críticamente cómo estas herramientas pueden integrarse de manera efectiva y responsable en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Este artículo se propone examinar experiencias prácticas con estudiantes, destacando la utilidad de la inteligencia artificial en la mejora de la calidad educativa. Utilizaremos como referencia la enseñanza de la Teoría Electromagnética, aunque los principios aquí discutidos son aplicables a diversas disciplinas. A través de este análisis, exploraremos tanto las oportunidades como las consideraciones éticas que conlleva la incorporación de la IA en el aula, buscando un equilibrio entre la innovación tecnológica y el compromiso con una educación ética y efectiva.

ANTECEDENTES

El 22 de abril de 1974, se fundó la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán (ENEPC), la primera unidad interdisciplinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ubicada fuera del campus de Ciudad Universitaria. Esta nueva institución permitió a los estudiantes de regiones alejadas del

* Departamento de Física. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Correo electrónico: pgconacyt@gmail.com.

** Departamento de Física. Correo electrónico: imefuentes@hotmail.com.

**** Departamento de Ingeniería. Laboratorio de Investigación en energías Renovables – UIM. Correo electrónico: vichugo@unam.mx.

entonces Distrito Federal acceder a una educación superior de calidad y cursar una licenciatura en la UNAM.

En la actualidad, la FESC ofrece 17 carreras, de las cuales 16 se imparten de manera presencial y una en modalidad a distancia, matriculando un promedio de 18,000 estudiantes. Estos alumnos son atendidos por diversos departamentos académicos organizados de forma matricial, lo que permite que un mismo departamento pueda cubrir diferentes carreras y áreas del conocimiento [1]

TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

En la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica, la asignatura de Teoría Electromagnética se imparte en el quinto semestre. Esta es una materia obligatoria y tiene un valor de 10 créditos debido a su naturaleza teórico-práctica, lo que implica que incluye una parte experimental que se lleva a cabo en el laboratorio. FESC (2024).

Las prácticas de laboratorio son revisadas semestralmente por el claustro de profesores. Y los académicos y académicas trabajan en varios proyectos de apoyo a la docencia como el PAPIME PE103424, para fortalecer y mejorar los desarrollos experimentales. Esta constante renovación se justifica por la creciente importancia del desarrollo de las telecomunicaciones espaciales, así como la creciente demanda de alumnos y alumnas en utilizar herramientas relacionadas a la inteligencia artificial.

Revisando en la historia encontramos a James Clerk Maxwell quién formuló, a través de varias ecuaciones, su teoría del electromagnetismo (aproximadamente entre 1861 y 1862) unificando los trabajos de Ampère, Faraday, Gauss y otros notables físicos y matemáticos. Este científico se considera el principal exponente de la Teoría Electromagnética actual.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El origen de la inteligencia artificial (IA) se remonta a los primeros esfuerzos por entender y replicar el pensamiento humano mediante máquinas y algoritmos. Aunque el término "inteligencia artificial" fue acuñado oficialmente en 1956 por John McCarthy durante la Conferencia de Dartmouth, la idea de crear máquinas con capacidades cognitivas tiene raíces mucho más antiguas.

La noción de inteligencia artificial tiene sus antecedentes en la mitología y la literatura. En la antigua Grecia, la leyenda de Talos, un gigante de bronce construido por el dios Hefesto, representa una de las primeras ideas de una entidad mecánica con capacidades semejantes a la inteligencia artificial. Durante la Edad Media y el Renacimiento, la fascinación por las máquinas que podían imitar actividades humanas llevó a la creación de los primeros autómatas. Estos dispositivos mecánicos eran capaces de realizar movimientos complejos y, en algunos casos, tomar decisiones simples, demostrando un temprano interés por emular la inteligencia humana a través de la tecnología.

El avance de la lógica formal en el siglo XIX, particularmente a través del trabajo de matemáticos como George Boole y Gottlob Frege, estableció los cimientos teóricos para la inteligencia artificial moderna. La lógica matemática permitió la formalización de procesos de pensamiento humano mediante operaciones lógicas y algoritmos, abriendo la posibilidad de que las máquinas pudieran, en teoría, llevar a cabo tareas cognitivas complejas.

El siglo XX marcó un avance significativo con la invención de las primeras máquinas de computación. Alan Turing, un matemático británico, desempeñó un papel crucial en este desarrollo. En 1936, Turing introdujo el concepto de la "máquina de Turing", un modelo teórico de computación capaz de simular cualquier algoritmo matemático. Esta idea no solo fue fundamental para el desarrollo de las computadoras modernas, sino que también influyó profundamente en la concepción de la inteligencia artificial como una disciplina con el potencial de emular cualquier proceso de pensamiento humano.

En su artículo "Computing Machinery and Intelligence" o en español: “Maquinaria e inteligencia informática” de 1950, Alan Turing planteó la pregunta "¿Pueden las máquinas pensar?" y propuso el famoso "Test de Turing" como criterio para determinar si una máquina podía mostrar comportamiento inteligente. Paralelamente, el trabajo Marvin Minsky, John McCarthy y Herbert Simon llevó a la creación de los primeros programas de IA capaces de resolver problemas específicos y jugar al ajedrez, marcando el inicio formal de la IA como campo de estudio.

En los últimos años se ha favorecido un resurgimiento significativo en el campo de la inteligencia artificial, impulsado por avances en el aprendizaje profundo y el acceso a vastas cantidades de datos digitales. Tecnologías como el procesamiento del lenguaje natural, la visión por computadora y la robótica han alcanzado niveles de sofisticación que permiten aplicaciones prácticas en una amplia variedad de campos, desde la medicina hasta la conducción autónoma, redefiniendo lo que es posible en el ámbito de la IA.

ROBOTS, DROIDES Y ANDROIDES

Derivado de visiones futuristas de la ciencia ficción, como fue en su momento la película Star Wars, la humanidad escuchó con mayor constancia términos como Robot o Droide, hasta el punto de considerarlos prácticamente lo mismo, sin embargo, en ingeniería resulta prudente establecer una pequeña definición.

Un robot es una máquina programable capaz de ejecutar una serie de acciones automáticamente o ser controlada por una computadora. Está diseñado para realizar tareas específicas y puede estar equipado con sensores y actuadores para interactuar con su entorno. Por otro lado, un droide es un término comúnmente utilizado en la ciencia ficción para describir una entidad mecánica inteligente con capacidades autónomas avanzadas, que a menudo se asemeja a los humanos en términos de forma o comportamiento.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-02 pág.: 1 a la 5.

Hoy en día resulta común escuchar un nuevo término: “Androide”, una palabra que proviene del latín y significa “Maquina similar a un hombre”. Este término se refiere específicamente a un robot con características que se asemejan a las de un ser humano, tanto en apariencia física como en comportamiento.

En resumen, la diferencia significativa es que, mientras "droide" es un término más amplio que puede aplicarse a cualquier tipo de robot con características humanoides, "androide" se refiere específicamente a robots diseñados para parecerse y comportarse como seres humanos. Ver Figura 1.



Figura 1.- Robot, Droide y Androide
Fuente: Guzmán, P. (2024) Imagen generada por IA. Microsoft Copilot

Actualmente podemos encontrar ejemplos de androides que nos sorprenden por su similitud a los seres humanos, como Sophia que es un androide desarrollado por Hanson Robotics en 2016. Ella puede parpadear, sonreír, mover los ojos y hablar, gracias a algoritmos de IA y robótica avanzada. O bien, Atlas que es un robot humanoide futurista de 1.75m de altura y 82kg, desarrollado por Boston Dynamics y que puede hacer volteretas, saltar y bailar.

APLICACIONES ACTUALES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Como se ha referido en nuestro artículo, la ciencia ficción ha alcanzado a la vida cotidiana, cabe recordar que solo algunos años atrás las comunicaciones populares se resumían al uso de casetas telefónicas activadas por una moneda de veinte centavos y hoy resulta imposible para los jóvenes comunicarse sin el uso de algún dispositivo como el teléfono celular.
La inteligencia artificial ha llegado para quedarse en nuestro mundo cambiante y se está volviendo cada vez más indispensable en el uso cotidiano de nuestros alumnos y alumnas, basta ver los siguientes ejemplos proporcionados por :

Modelos de Lenguaje Avanzados como el ChatGPT y GPT-4 que fueron desarrollados por OpenAI. Estos modelos son capaces de comprender y generar texto. Pueden responder preguntas complejas, redactar artículos y mantener conversaciones naturales.

Asistentes Virtuales como Siri de Apple, Cortana de Microsoft, Alexa de Amazon, el Asistente de Google y Bixby de Samsung, los cuales utilizan IA para reconocer y procesar comandos de voz, permitiendo a los usuarios realizar tareas como configurar acciones, buscar información y controlar dispositivos inteligentes en el hogar de manera eficiente.

Innovaciones en Biología como la de DeepMind AlphaFold que es una IA que puede predecir la estructura tridimensional de las proteínas a partir de su secuencia de aminoácidos. Mejorando la investigación biomédica y el desarrollo de nuevos medicamentos.

Plataforma de IA como la IBM Watson que es una plataforma de inteligencia artificial que se aplica en diversos campos, incluyendo la medicina, las finanzas y el servicio al cliente. En el sector de la salud, Watson ayuda a los profesionales médicos en el diagnóstico de enfermedades y la recomendación de tratamientos personalizados al analizar grandes volúmenes de datos médicos. En las finanzas, se utiliza para el análisis de riesgos y la toma de decisiones informadas. Watson es un ejemplo destacado de cómo la IA puede procesar y analizar datos complejos para ofrecer soluciones prácticas y efectivas.

Conducción Autónoma como Tesla Autopilot y Full Self-Driving. Estos sistemas utilizan IA para analizar el entorno del vehículo en tiempo real, permitiendo la navegación autónoma, el cambio de carril y el estacionamiento automático.

Generación de Imágenes como DALL-E y MidJourney. IA capaz de generar imágenes a partir de descripciones textuales. O bien, para crear arte y gráficos basados en indicaciones textuales.

Diagnóstico Médico como PathAI y Zebra Medical Vision que se especializan en el análisis de imágenes patológicas y en desarrollar algoritmos que interpretan imágenes médicas como radiografías y tomografías, ayudando en la detección temprana de enfermedades. Respectivamente.

Sistemas de Recomendación como los que se utilizan plataformas como Netflix y YouTube ellos utilizan IA para analizar los patrones de visualización y las preferencias de los usuarios.

IA en Finanzas como los Algoritmos de Trading y Scoring (Comercio y puntuación) herramientas de Crédito que se utilizan para desarrollar algoritmos que analizan grandes volúmenes de datos en tiempo real, optimizando las estrategias de inversión y minimizando riesgos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-02 pág.: 1 a la 5.

Agricultura Inteligente como Blue River Technology que ha desarrollado la plataforma See & Spray (Ver y rociar), que utiliza IA para identificar y tratar individualmente cada planta en un cultivo.

Ciberseguridad como Darktrace que utiliza IA para detectar y responder a amenazas cibernéticas en tiempo real. Su tecnología de "defensa autónoma" aprende y se adapta continuamente a nuevas amenazas, mejorando la seguridad de redes y sistemas empresariales.

Estos son algunos ejemplos del uso de IA en la vida cotidiana, existen más y sin duda habrá algunos otros en los próximos meses, pero el objetivo de numerar estos es reflexionar sobre el papel que tiene la IA en nuestros alumnos y alumnas.

RIESGOS DE LA IA EN LA ACADEMÍA

Es importante reflexionar que si bien la IA, abre un mundo de posibilidades, en este 2024 todavía algunos programas y aplicaciones se encuentran en estado de aprendizaje, por lo que no se le debe otorgar "una fe ciega" a esta tecnología.

Los académicos y académicas debemos conducir a nuestros alumnos en el uso adecuado de estos recursos, pero con un pensamiento crítico y no sumiso. Por ejemplo, al utilizar modelos de Lenguaje Avanzados podemos encontrar información errónea e incluso inventada. Este término se ha acuñado como: "Alucinación". Por ejemplo: Al colocar en el ChatGPT el siguiente prompt: ¿cuáles son las carreras que se imparten en la FES Cuautitlán?, Dame la respuesta en formato de tabla obtuvimos la Tabla 1.

Tabla 1.- Ejemplo de una alucinación

Área de Estudio	Carrera	Modalidad
Ciencias Físico-Matemáticas e Ingenierías	Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica	Presencial
	Ingeniería Química	Presencial
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Presencial
	Ingeniería en Computación	Presencial
Ciencias Biológicas y de la Salud	Biología	Presencial
	Bioquímica Diagnóstica	Presencial
	Química	Presencial
	Química Farmacéutica Biológica	Presencial
Ciencias Sociales	Derecho	Presencial
Ciencias Económico-Administrativas	Contaduría	Presencial
	Administración	Presencial
	Relaciones Internacionales	Presencial
Ciencias de la Tierra	Geología	Presencial
Ciencias Humanas y de la Conducta	Pedagogía	Presencial
	Psicología	Presencial
Modalidad a Distancia	Negocios Internacionales	A distancia
Reciente Creación	Tecnologías para la Información en Ciencias	Presencial

Fuente: Guzmán, P. (2024) creada con ChatGPT

En la tabla 1 podemos observar una alucinación, pues si bien en la FESC se imparten 17 carreras, carreras como Derecho, Relaciones Internacionales, Geología, Pedagogía o Psicología por mencionar algunas no se imparten en este campus.

Por otro lado, en la respuesta no se menciona Administración, Diseño y Comunicación Visual, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Industrial o Médico Veterinario y Zootecnista, por mencionar algunos ejemplos.

Por todo lo anterior, es de vital importancia conducir a nuestros alumnos y alumnas a confrontar sus investigaciones a través de diferentes canales para validar la información obtenida, transformando a la IA de fuente generadora de "Verdad Absoluta" a una simple "Asistente".

Por eso, a pesar de que la IA ofrece numerosos beneficios, también conlleva riesgos significativos, como: el sesgo y la discriminación, debido a datos de entrenamiento no representativos, y la violación de la privacidad y la seguridad de los datos. También puede causar desplazamiento laboral y ser utilizada para actividades maliciosas. Otro punto importante, es la falta de transparencia en los algoritmos y la cuestión de la responsabilidad en caso de errores presentando desafíos éticos. Por ello, es crucial abordar estos riesgos para asegurar un desarrollo ético y responsable de la IA.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA IA: CASO TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

La asignatura de Teoría Electromagnética ha sido, a través de los registros históricos de calificaciones, una materia complicada para los alumnos y alumnas, principalmente por el enfoque matemático que tiene la asignatura, expresada en las ecuaciones diferenciales e integrales que se manejan en el curso. Así que los autores del artículo decidieron desarrollar diversas herramientas con ayuda de la Inteligencia Artificial, para contrarrestar esta situación.

Por mencionar uno de los ejemplos desarrollados, se le solicitó a la IA, a través de un modelo de lenguaje avanzado, generar los códigos de programación: html, css y js, para crear un juego de tipo serpientes y escaleras utilizando conceptos y ecuaciones relacionadas a la vida de James Clerk Maxwell.

Los primeros resultados fueron casi inmediatos, pero con diferentes errores en los códigos, o inclusive en las propias preguntas, información e incluso en las ecuaciones propuestas por la IA. Hasta el punto de caer en alucinaciones por parte de la herramienta.

Después de ocho intentos, ajustando las instrucciones de desarrollo (prompt) para dejar en claro que es lo que los autores querían que el programa desarrollara, se logró conseguir un resultado cercano a lo esperado, como se puede apreciar en la figura 2, es importante recalcar que los autores del artículo tuvieron que revisar, en varias ocasiones, tanto el código como las preguntas que aparecían en el

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FO-02 pág.: 1 a la 5.

juego solicitado, derivado de algunas alucinaciones en las que la herramienta incurría.

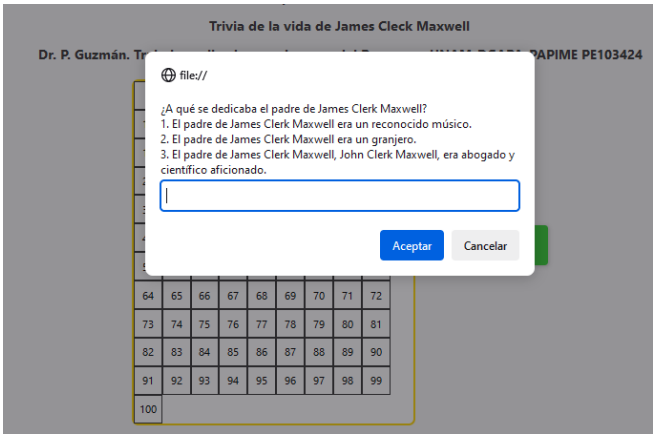


Figura 2.- Ejemplo de aplicación de la IA
Fuente: Guzmán, P. (2024) creada con ChatGPT

La experiencia obtenida por los autores a través de ejemplos como este, nos permitió depurar el uso de los prompt para apoyarnos de la IA, enriqueciendo nuestra docencia y comunicación con nuestro objetivo: Nuestros alumnos y alumnas.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la actualidad, la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una parte integral de nuestras vidas, transformando la forma en que interactuamos con la tecnología y facilitando diversas tareas diarias. Sin embargo, es crucial abordar los riesgos asociados con su uso, como la posible introducción de sesgos, la violación de la privacidad y la falta de transparencia en los algoritmos. La educación y la formación crítica son fundamentales para guiar a nuestros alumnos y alumnas en el uso responsable de la IA, asegurando que estas tecnologías se utilicen de manera ética y efectiva.

En el ejemplo de consulta y en el desarrollo del juego para Teoría Electromagnética, encontramos alucinaciones, que para una perspectiva crítica se puede corregir, sin embargo, si se tomaran los datos como “Verdades Absolutas” hubiéramos incurrido en sesgos que difícilmente una persona inexperta en el tema detectaría.

Los datos obtenidos en nuestro estudio, indican evidentemente una mejora de los tiempos (el tiempo de programación tomó solo segundos), sin embargo, no aporta una solución final sino una parcial todavía perfectible. Y esto es de vital importancia para el conocimiento de nuestros alumnos.

CONCLUSIONES

En el ámbito académico, es crucial educar a los estudiantes sobre los riesgos y las limitaciones de la IA, fomentando un pensamiento crítico y un enfoque ético en su uso. Los académicos debemos guiar a los estudiantes para que comprendan que, aunque la IA ofrece muchas oportunidades, es fundamental validar la información obtenida y no confiar ciegamente en estos sistemas.

La IA tiene el potencial de revolucionar nuestra forma de vida y de trabajo, pero su desarrollo debe ser gestionado con responsabilidad para maximizar sus beneficios y minimizar sus riesgos. A medida que avanzamos hacia un futuro cada vez más dependiente de la IA, es esencial que continuemos explorando y refinando nuestras capacidades para aprovechar al máximo esta tecnología, siempre con un enfoque en la ética y la responsabilidad social.

La integración de la IA en la educación y en otras áreas de la vida cotidiana debe hacerse de manera consciente y con una comprensión profunda de sus implicaciones. Solo así podremos garantizar que esta poderosa herramienta se utilice para mejorar nuestra sociedad de manera equitativa y sostenible, sin comprometer nuestros valores fundamentales y derechos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] ChatGPT. (2024). Carreras que se imparten en la FES Cuautitlán. OpenAI.

[2] FESC (2024). [Fecha consulta: 08/06/2024] https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/itse/. México 2024.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Dr. Pedro Guzmán Tinajero. Profesor de carrera del Departamento de Física de la FES Cuautitlán.
Dr. Armando Aguilar Márquez. Profesor de carrera del Departamento de Matemáticas de la FES Cuautitlán.
Dra. Frida María León Rodríguez. Profesora de carrera del Departamento de Matemáticas de la FES Cuautitlán.
Dr. Omar García León. Profesor de carrera del Departamento de Matemáticas de la FES Cuautitlán.

AGRADECIMIENTO

El primer autor agradece el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE103424

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FT-01, pág.: 1 a la 8.

Explorando la violación de sabor leptónico: análisis y revisión

Marcela Marín *

[1] RESUMEN

La búsqueda experimental de transiciones de violación de sabor leptónico en el sector cargado representa una clara señal de física más allá del Modelo Estándar. Estas investigaciones iniciaron a principios de la década de 1940 y se han llevado a cabo en diversos canales, siendo los más sensibles aquellos que involucran al muón; sin embargo, hasta el momento no se ha encontrado evidencia positiva. En esta revisión, nos proponemos ofrecer una introducción pedagógica sobre las motivaciones teóricas para tales búsquedas, así como presentar el estado actual de las investigaciones sobre las transiciones de sabor leptónico en el sector cargado**.**

Palabras claves: Sabor, Leptón, No-Conservación, Simetría

● ABSTRACT

The experimental search for charged lepton flavor violation transitions represents a clear signal of physics beyond the Standard Model. These investigations began in the early 1940s and have been conducted in various channels, with those involving the muon being the most sensitive; however, no positive evidence has been found so far. In this review, we aim to provide an educational introduction to the theoretical motivations for such searches, as well as present the current state of research on charged lepton flavor transitions.

●

Keywords: Flavor, Lepton, Non-Conservation, Symmetry.

● 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de "sabor" se asocia comúnmente con la experiencia gustativa y olfativa de alimentos o sustancias. Sin embargo, en el ámbito de la física de partículas, el término adquiere un significado distinto. Fue introducido por Murray Gell-Mann y Harald Fritzsch para categorizar los quarks conocidos en ese momento: up (arriba-*u*), down (abajo-*d*) y strange (extraño-*s*). Con el tiempo, esta clasificación se amplió para incluir un total de seis quarks: up, down, strange, charm (encanto-*c*), bottom (fondo-*b*) y top (cima-*t*). Este concepto también se aplica en el sector leptónico, donde se identifican tres tipos de leptones cargados: electrón (*e*), siendo este el más conocido, muón (μ) y tau (τ), cada uno con su neutrino correspondiente: el neutrino del electrón (ν_e), el neutrino del muón (ν_μ) y el neutrino del tau (ν_τ).

En el Modelo Estándar (MS) de la física de partículas, el sabor leptónico se consideraba invariable, ya que se asumía que los neutrinos no tenían masa. Sin embargo, la observación experimental de la oscilación de neutrinos ha demostrado que los neutrinos sí tienen masa y pueden cambiar de sabor, lo que implica la existencia de violación del sabor leptónico (VSL).

En una versión modificada del MS, donde los neutrinos tienen una masa pequeña, la Violación de Sabor Leptónico cargado (VSLc) puede ocurrir a través de las oscilaciones de neutrinos. Sin embargo, estos eventos son extremadamente raros debido al mecanismo GIM (Glashow–Iliopoulos–Maiani) Glashow, Iliopoulos & Maiani (1970), lo que hace que la probabilidad de que ocurran sea extremadamente baja, alrededor del $O(10^{-50})$, mucho menor de lo que los experimentos actuales pueden detectar.

La detección de cualquier evento significativo de violación del sabor leptónico cargado sería una clara indicación de física más allá del Modelo Estándar (BMS)[2]. Las señales de VSLc van más allá de la oscilación de neutrinos y podrían revelar nueva física BMS. Tanto el campo teórico como el experimental de las búsquedas de VSLc son actualmente uno de los ámbitos más activos de investigación en física BMS. Incluso si no se detectan estos eventos, se pueden establecer límites superiores que ayudan a restringir y guiar las teorías sobre modelos BMS, proporcionando información valiosa para estudios futuros.

En esta revisión, nos proponemos ofrecer una introducción pedagógica sobre las motivaciones teóricas de la violación de sabor leptónico en el sector cargado, así como una visión experimental que se centra en los límites más estrictos establecidos hasta la fecha. En la Sección 2 describimos la violación de sabor en la versión original del MS. En la Sección 3 presentamos un breve resumen de las oscilaciones de neutrinos y sus implicaciones. En las Secciones 4.1 y 4.2 describimos las búsquedas de decaimiento de muones y taus, respectivamente, enfocándonos principalmente en el estado actual y las perspectivas futuras. Finalmente, en la Sección 5 presentamos un resumen y una perspectiva sobre los procesos de violación de sabor leptónico en el sector cargado.

2. CAMBIO DE SABOR EN EL MODELO ESTÁNDAR

El Modelo Estándar de física de partículas describe a los fermiones fundamentales: quarks y leptones, agrupados en tres generaciones según sus autoestados de masa:

Primera generación u, d, ν_1, e,
Segunda generación c, s, ν_2, μ,
Tercera generación t, b, ν_3, τ.

[1] * Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de física, marcemarino8a@cuautitlan.unam.mx. Doctora en ciencias en la especialidad de física.

[2] B por "más allá", del inglés "Beyond".

A cada quark y leptón individual se le asigna un número cuántico llamado sabor. En el Lagrangiano del Modelo Estándar, los fermiones cargados (leptones y quarks) tienen tres interacciones gauge a nivel árbol: con el fotón (γ), los bosones $W^{\pm}$ y Z, y también con el Higgs (H). A nivel fundamental, el sabor se conserva en todas las interacciones de corriente neutral, mediadas por Z y γ, así como en sus interacciones con el campo de H, pero se viola en el sector de los quarks debido a las interacciones débiles de corriente cargada, mediadas por los bosones $W^{\pm}$.

Para los quarks, la mezcla de sabores se produce porque, después de la ruptura espontánea de simetría en el sector de Yukawa, las matrices unitarias para los quarks tipo up y los quarks tipo down son generalmente diferentes. La matriz V_{CKM}[3] representa la mezcla de sabores en el sector de los quarks.

Sin embargo, debido a la mezcla entre generaciones de quarks, los efectos de bucle en la corriente cargada pueden inducir interacciones de corriente neutral que cambian el sabor a nivel cuántico. Estos efectos inducidos por un bucle resultan en transiciones pequeñas pero observables, como en la desintegración $K_L^0 \to \mu^+\mu^-$, donde ocurren transiciones de $s \to d$. La rara desintegración leptónica del Kaón neutro fue crucial para descubrir la existencia del quark charm a través del mecanismo GIM. Más recientemente, la medición de transiciones $b \to s\gamma$ en la búsqueda de $B_s \to \mu^+\mu^-$ ha sido clave para establecer restricciones en la supersimetría de baja energía.

En contraste, en el sector de los leptones cargados, la matriz de mezcla (V_l) se diagonaliza completamente. Como se asume que los neutrinos no tienen masa, V_l es la matriz identidad, lo que hace que la interacción débil de corriente cargada para los leptones sea diagonal. Esto implica que los autoestados de masa y los autoestados de sabor son equivalentes, es decir, los sabores de los leptones se pueden definir para cada generación y, por lo tanto, el sabor leptónico se conserva.

En el caso de los leptones cargados, las búsquedas de efectos de corriente neutral que cambian el sabor han arrojado resultados nulos hasta ahora, aunque tienen una importancia histórica significativa. La no observación de la desintegración $\mu \to e\gamma$ Hincks & Pontecorvo (1948), así como de las desintegraciones $\tau \to \mu\gamma$ y $\tau \to e\gamma$, ayudaron a establecer al muón y al tau como leptones elementales. La restricción en la razón de desintegración BR($\mu \to e\gamma$) por debajo de ~10^{-5} también se utilizó para proponer la existencia de un segundo neutrino, el ν_μ Pontecorvo (1957); Feinberg (1958); Maki, Nakagawa & Sakata (1962). La introducción del ν_μ fue necesaria para suprimir las interacciones de corriente neutral que cambian el sabor de los leptones cargados, de manera análoga a cómo se introdujo el quark charm para suprimir las corrientes neutras que cambian la extrañeza.

3. MASAS Y MEZCLA DE NEUTRINOS

En las últimas décadas, varios experimentos de oscilación de neutrinos han confirmado de manera concluyente que los diferentes sabores de los neutrinos, es decir, los tipos individuales de neutrinos (electrónicos, muónicos y tauónicos), no se mantienen constantes Fukuda et al. (1998); Ahmad et al. (2001); Ahmad et al. (2002). Estos experimentos nos han llevado a dos conclusiones importantes: i) los neutrinos tienen masa, y esta masa no es la misma para todos ellos, y ii) los neutrinos que interactúan débilmente, como los neutrinos electrónicos, muónicos y tauónicos, son en realidad combinaciones complicadas de lo que se conocen como "autoestados de masa de neutrinos", que son tres estados diferentes de neutrinos con masas definidas.

Estas combinaciones de neutrinos se describen matemáticamente mediante una herramienta llamada matriz de mezcla de neutrinos, que es una matriz de números complejos que explica cómo los neutrinos con un sabor definido se relacionan con los neutrinos de masa. Esta matriz, conocida como matriz Pontecorvo–Maki–Nakagawa–Sakata (PMNS) Maki, Nakagawa & Sakata (1962), ha sido fundamental para entender cómo los neutrinos cambian de sabor mientras viajan por el espacio, fenómeno conocido como oscilación de neutrinos.

La matriz PMNS se describe comúnmente mediante tres ángulos de mezcla: θ_{12}, θ_{13} y θ_{23}, y un ángulo de fase llamado δ, que está relacionado con la violación de la simetría de Carga-Paridad (CP)[4]. En este caso, la matriz se puede escribir de la siguiente manera:

$$U_{\text{PMNS}} = \begin{pmatrix} c_{12}c_{13} & s_{12}c_{13} & s_{13}e^{-i\delta} \\ -s_{12}c_{23} - c_{12}s_{23}s_{13}e^{i\delta} & c_{12}c_{23} - s_{12}s_{23}s_{13}e^{i\delta} & s_{23}c_{13} \\ s_{12}s_{23} - c_{12}c_{23}s_{13}e^{i\delta} & -c_{12}s_{23} - s_{12}c_{23}s_{13}e^{i\delta} & c_{23}c_{13} \end{pmatrix} \quad (1)$$

donde $c_{ij} \equiv \cos\theta_{ij}$, $s_{ij} \equiv \sin\theta_{ij}$, $i, j = 1, 2, 3$. A partir de una combinación de resultados de diferentes experimentos de oscilación de neutrinos, como los que estudian neutrinos solares, de reactores, atmosféricos y de aceleradores Gando et al. (2013); Abe et al. (2016); An et al. (2016); Abe et al. (2018); Adey et al. (2018); Bak et al. (2018); Acero et al. (2019); Shin et al. (2020); Abe et al. (2020); Zyla et al. (2020); De Kerret et al. (2020), ahora tenemos una idea aproximada de los valores de los tres ángulos de mezcla, así como de las dos diferencias de masa al cuadrado independientes, y más recientemente, de la fase CP Zyla et al. (2020)

$$|\Delta m^2_{32}| = |m^2_3 - m^2_2| \simeq 2.5 \times 10^{-3}\, eV^2, \quad \Delta m^2_{21} = m^2_2 - m^2_1 \simeq 7.53 \times 10^{-5}\, eV^2, \quad \sin^2\theta_{12} \simeq 0.307, \quad \sin^2\theta_{23} \simeq 0.543, \quad \sin^2\theta_{13} \simeq 0{,}0220, \quad \delta \simeq 1.36\pi, \quad (2)$$

donde se asumió que las masas de los neutrinos siguen un ordenamiento normal para el límite de la fase CP. A pesar de la precisión actual de los experimentos de oscilación de neutrinos, y dado que estos solo pueden detectar diferencias de masa al cuadrado, todavía hay dos disposiciones posibles para las masas de los neutrinos Mohapatra et al. (2007): ordenamiento normal, donde $m_1 < m_2 \ll m_3$, y ordenamiento invertido, donde $m_1 \simeq m_2 \gg m_3$.

[3] "CKM" por Cabibbo–Kobayashi–Maskawa.

[4] Esta no es la única forma de describir la matriz PMNS y difiere en el caso de los neutrinos tipo Majorana. Una partícula Majorana es una partícula elemental que es su propia antipartícula.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FT-01, pág.: 1 a la 8.

En la extensión mínima del Modelo Estándar modificada por la presencia del término de masa del neutrino, las oscilaciones de neutrinos induce el decaimiento μ→eγ a nivel de un bucle (ver figura 1).

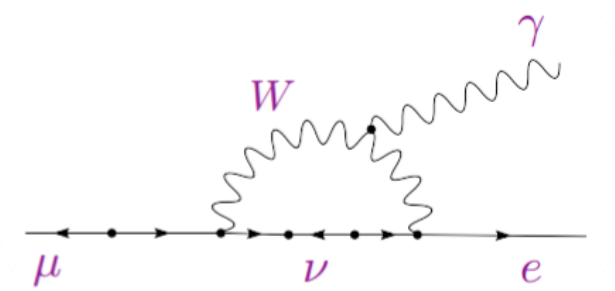


Figura 1.- Principal contribución a un-bucle del decaimiento $\mu \rightarrow e\gamma$.

Suponiendo que los neutrinos tienen términos de masa de Dirac, $\nu_\beta = \sum_i U_{\beta i} \nu_i$, i=1, 2, 3 y β=e, μ, τ, se encuentra que la fracción de ramificación es aproximadamente Petcov (1977)

$$BR(\mu \rightarrow e\gamma) \sim \frac{3\alpha}{32\pi} \left| \sum_{k=1,3} U_{ek} U^*_{\mu k} \frac{\Delta m^2_{\nu k}}{M^2_W} \right|^2 \sim 10^{-54} \qquad (3)$$

donde $U_{\beta k}$ son los elementos de la matriz PMNS, α es la constante de estructura fina y M_W es la masa del bosón W. Se esperan tasas similares para μ→eee, la conversión de μ→e en núcleos, y procesos raros que involucran taus, mesones y bosones, por ejemplo: $BR(Z \rightarrow l_i^{\pm} l_j^{\mp}) \sim 10^{-54}$ Illana & Riemann (2001), $BR(H \rightarrow l_i^{\pm} l_j^{\mp}) \sim 10^{-55}$ Arganda et al. (2005), $BR(\mu \rightarrow 3e) \sim 10^{-54}$ y $BR(\tau \rightarrow 3l) \sim 10^{-55}$ Hernández-Tomé, López Castro & Roig (2019). Estas pequeñas razones de ramificación se deben a que la VSL es un proceso de corriente neutra que cambia el sabor, y tales procesos están sujetos al mecanismo GIM. Entonces como resultado de las diferencias de masa extremadamente pequeñas de los neutrinos en comparación con la escala electrodébil (M_W ~ 80.4 GeV), tenemos una conservación aproximada del sabor leptónico.

La reciente incorporación a la fenomenología del modelo estándar, las oscilaciones de neutrinos, demanda una extensión que incluya un mecanismo para la generación de masa de los neutrinos. Existen varias formas de incorporar masas de neutrinos en el ME y explicar su pequeñez. Una de las opciones más simples, al considerar neutrinos de Dirac[5], es añadir neutrinos derechos al Modelo Estándar. Esto da lugar a términos análogos a los de otros leptones en el sector de Yukawa del MS. La pequeñez de las masas de los neutrinos posiblemente se pueda entender utilizando el operador invariante de calibre de Weinberg. Después de la ruptura espontánea de simetría, cuando el campo de Higgs adquiere su valor esperado del vacío, ese operador representa la masa Majorana del neutrino. El mecanismo más popular para explicar la pequeñez de la masa neutrino es el mecanismo seesaw, que postula la existencia de neutrinos pesados. Sin embargo, hay otros escenarios posibles para generar mecanismos para las masas de los neutrinos (ver, por ejemplo, Mohapatra et al. (2007); De Gouvêa & Vogel (2013)).

4. BÚSQUEDA EXPERIMENTAL DE VIOLACIÓN DE SABOR LEPTÓNICO

La búsqueda experimental de la violación de sabor leptónico en el sector cargado se ha realizado en diversos canales, proporcionando una visión integral de estos procesos raros y sus implicaciones. Entre los canales investigados se incluyen las desintegraciones de muones y taus, los modos semileptónicos de tau, los mesones *B* y *K*, y las búsquedas con bosones como el Higgs y el *Z*. Cada uno de estos canales ofrece una ventana única para detectar posibles señales de VSL y restringir los modelos teóricos que predicen estas violaciones Bernstein & Cooper (2013); Hernández Villanueva (2022).

Las búsquedas en las desintegraciones de muones, como μ→eγ y μ→3e, junto con la conversión de muones en núcleos, han sido históricamente significativas y continúan siendo áreas clave de investigación. De manera similar, las desintegraciones de taus, junto con los resultados de las fábricas de *B*, ofrecen oportunidades adicionales para explorar la VSLc con diferentes señales experimentales. En esta sección, nos centraremos en los modos de desintegración de muones y taus, que han proporcionado algunos de los límites experimentales más estrictos y representan canales de búsqueda más limpios.

4.1 VIOLACIÓN DE SABOR LEPTÓNICO EN EL CONTEXTO DEL MUON

Las búsquedas de μ→eγ se remontan a finales de la década de 1940. Para principios de la década de 1960, la no observación de BR(μ→eγ) por encima de 10^{-5} fue uno de los argumentos más contundentes a favor de la hipótesis de los dos neutrinos y el postulado de que existían dos sabores de leptones, cada uno acompañado por un número de sabor leptónico conservado.

Experimentalmente, un evento de μ→eγ se caracteriza por un estado final de dos cuerpos, el electrón y el fotón, que se emiten en direcciones opuestas en el marco de referencia del muón. El principal fondo en su búsqueda proviene de dos desintegraciones: μ→evν y μ→evνγ. La primera es una coincidencia accidental de un positrón de las desintegraciones de Michel estándar de los muones y un rayo γ de alta energía de las desintegraciones radiativas de muones o de la aniquilación de positrones en el material. La segunda proviene de las desintegraciones radiativas de muones, que se suprime fuertemente mediante mediciones razonablemente buenas de energía y momento, a una tasa de un orden de magnitud menor que el fondo accidental. El mejor límite superior actual en BR(μ→eγ) es 4.2×10^{-13} al 90% C.L.[6],

[5] Un fermión de Dirac es una partícula que es diferente de su antipartícula.

[6] C.L.” nivel de confianza, del inglés “Confidence Level”.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FT-01, pág.: 1 a la 8.

establecido por el experimento MEG (Mu to E Gamma) en el Instituto Paul Scherrer Baldini et al. (2016). La actualización del experimento MEG espera alcanzar una sensibilidad de 6×10^{-14}, lo que mejorará los límites actuales sobre $\mu\rightarrow e\gamma$ Baldini et al. (2021).

Junto con las desintegraciones $\mu\rightarrow e\gamma$, otros dos procesos raros de muones proporcionan los límites actuales más estrictos sobre la VSLc y prometen la mayor sensibilidad futura a estos fenómenos: las desintegraciones $\mu\rightarrow 3e$ y la conversión $\mu\rightarrow e$ en núcleos. El límite superior actual en $BR(\mu^+\rightarrow e^-e^+e^+)<1.0\times10^{-12}$ al 90% C.L., fue obtenido por el experimento SINDRUM en 1988 Bellgardt et al. (1988). El límite más estricto para la conversión $\mu\rightarrow e$ en núcleos es $BR(\mu\ Au\rightarrow e\ Au)<7\times10^{-13}$ al 90% C.L. Bertl et al. (2006), donde la tasa de conversión $\mu\rightarrow e$ se define usualmente como $BR(\mu\ N\rightarrow e\ N)\equiv\sigma(\mu\ N\rightarrow e\ N)/(\mu\ N\rightarrow Todas\ las\ capturas)$.

En la desintegración $\mu^+\rightarrow e^+e^-e^+$ se buscan dos positrones y un electrón provenientes de un vértice común con una energía total igual a la masa del muón E_{tot} ~105.6 MeV. Los fondos son muy similares a los del caso de la búsqueda $\mu^+\rightarrow e^+\gamma$. Hay un fondo inmediato debido a la desintegración permitida de muones $\mu^+\rightarrow e^+e^-e^+\nu_\mu\nu_e$, que se vuelve serio cuando los dos neutrinos tienen muy poca energía. La energía total de las tres partículas se parece mucho al espectro de Michel, debido a que los tres leptones se comportan aproximadamente como el único electrón de la desintegración ordinaria del muón. En contraste, los espectros de las energías individuales de los leptones son bastante diferentes del espectro normal. El otro fondo proviene de una superposición accidental de positrones de Michel que coinciden con pares e^+e^- de conversiones de γ o de otros positrones de Michel que sufren dispersión de Bhabha[7]. El límite superior de la colaboración SINDRUM data de 1988, y el experimento Mu3e tiene como objetivo buscar la desintegración $\mu^+\rightarrow e^+e^-e^+$ con una sensibilidad estimada final al decaimiento de 2.3×10^{-15}.

La conversión de muón a electrón en núcleos, $\mu N\rightarrow eN$, corresponde a conversión espontánea de un muón a un electrón sin la emisión de neutrinos, dentro del potencial de Coulomb de un núcleo atómico (ver figura 2). Por lo tanto, solo es posible para muones negativos. Experimentalmente, la señal para la conversión $\mu\rightarrow e$ en núcleos es un electrón monocromático, cuya energía se encuentra justo más allá del punto final cinemático de los electrones de Michel producidos por la desintegración del muón en órbita. Desde el punto de vista experimental, este proceso es muy atractivo. Una de las principales fuentes de fondo es la desintegración del muón en órbita desde un átomo muónico, en la cual la energía del electrón en el punto final es la misma que la energía de la señal. Otra fuente importante de ruido es el fondo relacionado con el haz, donde el más significativo es la captura radiativa de piones. Experimentalmente, a largo plazo, se anticipa ampliamente que la conversión $\mu\rightarrow e$ en núcleos proporcionará la mayor sensibilidad a VSLc, con tasas por debajo de 10^{-16} o menores Aysto et al. (2001).

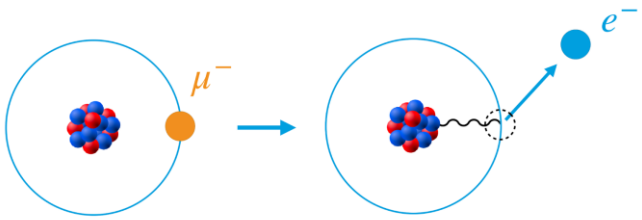


Figura 2.- $\mu\rightarrow e$ conversión en el campo de un núcleo. Figura de Hernández Villanueva (2022).

Otros procesos de VSLc que involucran muones y electrones incluyen desintegraciones raras de kaones como $K_L\rightarrow\mu^\pm e^\mp$, $K\rightarrow\pi\mu^\pm e^\mp$ Ambrose et al. (1998), oscilaciones de muonio-antimuonio, $\mu^+e^-\leftrightarrow\mu^-e^+$ Willmann et al. (1999), y recientemente, $B_0\rightarrow\mu^\pm e^\mp$ Aaij et al. (2013), entre otros Calibbi & Signorelli (2018).

4.2 VIOLACIÓN DE SABOR LEPTÓNICO EN EL CONTEXTO DEL TAU

La producción de leptones τ en los colisionadores actuales es mucho menor en comparación con la de los muones, con tasas de producción de 10^9/año frente a 10^{11}/s. Además, el leptón τ tiene una vida media mucho más corta, lo que significa que sus desintegraciones deben estudiarse directamente en el punto de producción, sin posibilidad de ser transportados como los muones. Sin embargo, gracias a su masa relativamente alta de aproximadamente 1777 MeV mayor, los cocientes de ramificación BMS en los leptones τ pueden ser órdenes de magnitud mayores que los correspondientes a las desintegraciones de muones. Además, el leptón τ es lo suficientemente pesado como para permitir la búsqueda de desintegraciones semileptónicas sin la emisión de neutrinos.

Desde un punto de vista experimental, el leptón τ presenta desafíos significativos debido a su corta vida media y a la dificultad de producir haces de τ's. Las muestras de τ deben obtenerse en aceleradores de protones o electrones, en un rango de energía donde la sección de producción es grande y con poco fondo, y sus desintegraciones deben medirse con grandes detectores que tengan buenas capacidades de identificación de partículas y seguimiento, así como una excelente calorimetría y hermeticidad para controlar la cinemática.

Los límites superiores para los modos de VSLc en las desintegraciones de los leptones están principalmente dominados por las fábricas de *B*: Belle y BaBar, diseñadas para colisionar electrones y positrones de alta intensidad a la energía del Y(4S) en el sistema de centro de masa. La sección eficaz para la producción

[7] La dispersión de Bhabha es el proceso de dispersión electrón-positrón.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. FT-01, pág.: 1 a la 8.

de pares de leptones es del mismo orden que para la producción de mesones *B*, lo que hace que estas fábricas sean experimentos óptimos para la búsqueda de desintegraciones BMS de leptones τ.

Incluso cuando existen límites establecidos para $\mu \to e\gamma$, las tasas de los modos equivalentes $\tau \to l\gamma$ con $l=e, \mu$ pueden ser significativamente mayores. Específicamente, $\tau \to l\gamma$ se considera uno de los modos más prometedores para la búsqueda de violaciones de simetría de sabor leptónico en las desintegraciones del τ, dado su alto cociente de ramificación en modelos donde estas violaciones son inducidas por partículas masivas más allá del Modelo Estándar en diagramas de bucle. Sin embargo, las búsquedas de $\tau \to l\gamma$ en colisionadores e^+e^- enfrentan desafíos significativos debido a fuertes fondos de contaminación de la señal experimental. Este fondo incluye desintegraciones irreducibles como $\tau^- \to l^- \nu_l \nu_\tau$ acompañadas de un fotón proveniente de otra fuente, así como eventos de Bhabha o dimuones mal identificados como pares de leptones τ. Los mejores límites superiores al *90%* de nivel de confianza son proporcionados por los experimentos BaBar y Belle Aubert et al. (2010); Abdesselam et al. (2021) y son los siguientes:

$$BR(\tau^- \to e^-\gamma) < 3.3 \times 10^{-8} \quad \text{(BaBar)},$$
$$BR(\tau^- \to \mu^-\gamma) < 4.2 \times 10^{-8} \quad \text{(Belle)}.$$

El experimento Belle II es la mejora y sucesor principal de Belle, y se espera que recopile 50 ab^{-1} al final de su operación. La gran estadística permitirá una mejor comprensión de los fondos físicos para los modos de VSL. Se espera que la sensibilidad en Belle II para los modos $\tau \to l\gamma$ esté al nivel de $O(10^{-9})$ con el conjunto completo de datos.

Belle y BaBar también han buscado la desintegración de VSL $\tau^- \to l^- l^+ l^-$ en seis combinaciones posibles cuando $l=e$ o μ, con Belle imponiendo los límites superiores más estrictos $O(10^{-8})$ Hayasaka et al. (2010). Una ventaja de los canales de desintegración leptónica triple de VSL con respecto a los modos $\tau \to l\gamma$ es que son "libres de fondo", en el sentido de que no se esperan eventos de fondo en la región de la señal. De particular interés es la desintegración $\tau^- \to \mu^-\mu^+\mu^-$, que puede buscarse en colisiones protón-protón en los experimentos del LHC gracias a una señal limpia Sirunyan et al. (2021).

El leptón tau es el único leptón lo suficientemente pesado como para decaer en hadrones, permitiendo así modos semileptónicos con VSL como $\tau^- \to l^- P^0$ (donde $P^0=\pi^0$, η, η', K_s^0), $\tau^- \to l^- f_{0(980)}$, $\tau^- \to l^- V^0$ (con $V^0=\rho$, ω, $K^*(892)$, ϕ), o $\tau^- \to l^- h_1 h_2$, donde h_1 y h_2 son mesones. La Figura 3 muestra los 52 modos de desintegración sin neutrinos de 2 y 3 cuerpos investigados por experimentos como CLEO Andrews et al. (1983), las Fábricas *B* y los experimentos del LHC. Además, se presentan proyecciones de los límites superiores esperados con 5 y 50 ab^{-1} de luminosidad integrada registrada en Belle II.

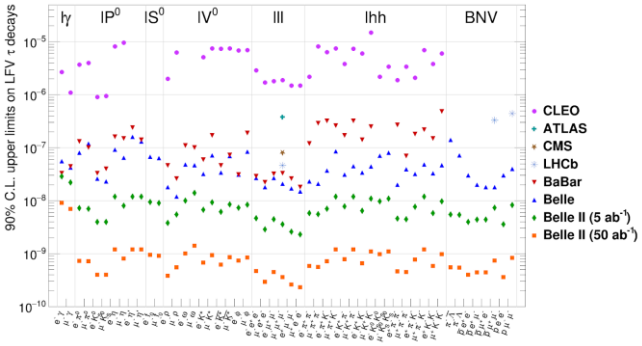


Figura 3.- Límites superiores observados actualmente en experimentos como CLEO, BaBar, Belle, ATLAS, CMS y LHCb para los 52 modos de desintegración con VSL del leptone τ, junto con proyecciones de los límites superiores esperados en Belle II. Figura de Banerjee et al. (2022).

5. RESUMEN Y PERSPECTIVAS

El descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos ha revelado la posibilidad de fenómenos de violación de sabor en los leptones cargaldos. A pesar de las expectativas iniciales basadas en neutrinos masivos, que sugieren tasas extremadamente pequeñas para los procesos de VSL en el sector cargado debido al mecanismo tipo GIM y las masas diminutas de los neutrinos en comparación con la escala electrodébil, las predicciones teóricas sitúan las razones de ramificación en el rango de $O(10^{-54})$ a $O(10^{-55})$.

Los experimentos BaBar y Belle han establecido límites superiores para los procesos de VSL en el sector cargado en el rango de $O(10^{-8})$ en las desintegraciones del tau. Con las futuras mejoras esperadas en las fábricas de *B*, estos límites podrían alcanzar $O(10^{-9})$ a $O(10^{-10})$. Paralelamente, en el sector del muón, se han obtenido límites de $O(10^{-12})$ a $O(10^{-13})$, con perspectivas de alcanzar $O(10^{-14})$. En cuanto a la conversión μ→e, se espera llegar a $O(10^{-16})$. Otros escenarios de VSLc incluyen la desintegración de bosones neutros como $H \to l_i^{\pm} l_j^{\mp}$ Aad et al. (2020a); Aad et al. (2020b) y $Z \to l_i^{\pm} l_j^{\mp}$ Aad et al. (2014); Aaboud et al. (2018).

Los fenómenos de violación de sabor en los leptones cargados podrían desempeñar un papel crucial en nuestra comprensión de las masas de neutrinos, las teorías de gran unificación y la asimetría materia-antimateria del universo. Incluso si el LHC no detecta nuevos grados de libertad en la escala del TeV, futuros estudios de VSLc proporcionarán información única y complementaria sobre física BMS.

Otros estudios relevantes incluyen la búsqueda de VSLc en desintegraciones de kaones, como $K_L^0 \to \mu^{\pm} e^{\mp}$ Ambrose et al. (1998) y $K^+ \to \pi^+ \mu^+ e^-$ Appel et al. (2000), así como en desintegraciones de J/ψ como $J/\psi \to \mu^{\pm} e^{\mp}$ Ablikim et al. (2023), $J/\psi \to \tau^{\pm} e^{\mp}$ Ablikim et al. (2021) y $J/\psi \to \tau^{\pm} \mu^{\mp}$ Ablikim et al. (2004). También se exploran escenarios con partículas BMS, como $l_i^- \to l_j^- \alpha$ Albrecht et al. (1995); Ibarra, Marín & Roig (2022) y $Z' \to l_i^- l_j^+$ Adachi et al. (2020), entre otros.

Se espera una mejora de 1-2 órdenes de magnitud con los datos recogidos en las futuras instalaciones experimentales de muones, Belle II en KEK, y las mejoras planeadas para ATLAS, CMS y LHCb en la próxima década. Estos avances no solo dependerán de estadísticas más grandes, sino también de hardware y herramientas mejoradas que aumentarán la eficiencia de detección y mejorarán la comprensión de las contribuciones del fondo.

ABREVIATURAS

En esta sección se presentan las abreviaturas utilizadas en el documento, ordenadas según su aparición.

- **MS:** Modelo Estándar.
- **VSL:** Violación de Sabor Leptónico.
- **VSLc:** Violación de Sabor Leptónico cargado.
- **GIM:** Glashow–Iliopoulos–Maiani.
- **PMNS:** Pontecorvo–Maki–Nakagawa–Sakata.
- **BR:** Branching Ratio o en español, fracción de desintegración.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al Programa de Becas Posdoctorales en la UNAM (POSDOC).

REFERENCIAS

Aaboud, M. et al. (2018). Search for lepton-flavor-violating decays of the *Z* boson into a τ lepton and a light lepton with the ATLAS detector. *Physical Review. D., 98(9).* https://doi.org/10.1103/physrevd.98.092010

Aad, G. et al. (2014). Search for the lepton flavor violating decay Z→eμ in pp collisions at √s=8 TeV with the ATLAS detector. *Physical Review. D, 90(7).* https://doi.org/10.1103/physrevd.90.072010

Aad, G. et al. (2020a). Searches for lepton-flavour-violating decays of the Higgs boson in s=13 TeV pp collisions with the ATLAS detector. *Physics Letters. B, 800, 135069*. https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.135069

Aad, G. et al. (2020b). Search for the Higgs boson decays H → ee and H → eμ in pp collisions at s=13TeV with the ATLAS detector. *Physics Letters. B, 801, 135148.* https://doi.org/10.1016/j.physletb.2019.135148

Aaij, R. et al. (2013). Search for the Lepton-Flavor-Violating Decays $B_s^0 \to e^{\pm}\mu^{\mp}$ and $B^0 \to e^{\pm}\mu^{\mp}$. *Physical Review Letters, 111(14).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.111.141801

Abdesselam, A. et al. (2021). Search for lepton-flavor-violating tau-lepton decays to ℓγ at Belle. *The Journal of High Energy Physics, 2021(10).* https://doi.org/10.1007/jhep10(2021)019

Abe, K. et al. (2016). Solar neutrino measurements in Super-Kamiokande-IV. *Physical Review. D., 94(5).* https://doi.org/10.1103/physrevd.94.052010

Abe, K. et al. (2018). Atmospheric neutrino oscillation analysis with external constraints in Super-Kamiokande I-IV. *Physical Review. D., 97(7).* https://doi.org/10.1103/physrevd.97.072001

Abe, K. et al. (2020). Constraint on the matter-antimatter symmetry-violating phase in neutrino oscillations. *Nature, 580(7803), 339–344*. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2177-0

Ablikim, M. et al. (2004). Search for the lepton flavor violation processes J/ψ→ μτ and eτ. *Physics Letters. B, 598(3–4), 172–177.* https://doi.org/10.1016/j.physletb.2004.08.005

Ablikim, M. et al. (2021). Search for the charged lepton flavor violating decay J/ψ→eτ. *Physical Review. D., 103(11).* https://doi.org/10.1103/physrevd.103.112007

Ablikim, M. et al. (2023). Search for the lepton flavor violating decay J/ψ → eμ. *Science China Physics, Mechanics & Astronomy, 66(2).* https://doi.org/10.1007/s11433-022-1995-0

Acero, M. A. et al. (2019). First measurement of neutrino oscillation parameters using neutrinos and antineutrinos by NOvA. *Physical Review Letters, 123(15).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.123.151803

Adachi, I. et al. (2020). Search for an Invisibly Decaying Z′ Boson at Belle II in e^+e^-. *Physical Review Letters, 124(14).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.124.141801

Adey, D. et al. (2018). Measurement of the Electron Antineutrino Oscillation with 1958 Days of Operation at Daya Bay. *Physical Review Letters, 121(24).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.121.241805

Ahmad, Q. R. et al. (2001). Measurement of the Rate of $\nu_e + d \to p + p + e^-$. *Physical Review Letters, 87(7).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.87.071301

Ahmad, Q. R. et al. (2002). Direct Evidence for Neutrino Flavor Transformation from Neutral-Current Interactions in the Sudbury Neutrino Observatory. *Physical Review Letters, 89(1).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.89.011301

Albrecht, H. et. al (1995). A search for the lepton-flavour violating decays τ → eα, τ → μα. *Zeitschrift Für Physik C Particles and Fields, 68 (1), 25–28*. https://doi.org/10.1007/bf01579801

Ambrose, D. et al. (1998). New Limit on Muon and Electron Lepton Number Violation from $K_L^0 \to \mu^{\pm}e^{\mp}$. *Physical Review Letters, 81(26), 5734–5737.* https://doi.org/10.1103/physrevlett.81.5734

An, F. P. et al. (2016). New measurement of θ_{13} via neutron capture on hydrogen at Daya Bay. *Physical Review. D., 93(7).* https://doi.org/10.1103/physrevd.93.072011

Andrews, D. et al. (1983). The CLEO detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 211(1), 47–71.* *https://doi.org/10.1016/0167-5087(83)90556-2*

Appel, R. et al. (2000). Improved Limit on the Rate of the Decay $K^+ \to \pi^+ \mu^+$. *Physical Review Letters, 85(12), 2450–2453.* https://doi.org/10.1103/physrevlett.85.2450

Arganda, E., Curiel, A. M., Herrero, M. J., & Temes, D. (2005). Lepton flavor violating Higgs boson decays from massive seesaw neutrinos. *Physical Review. D, 71(3).* https://doi.org/10.1103/physrevd.71.035011

Aubert, B. et al. (2010). Searches for Lepton Flavor Violation in the Decays $\tau^{\pm} \to e^{\pm}\gamma$ and $\tau^{\pm} \to \mu^{\pm}\gamma$. *Physical Review Letters, 104(2).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.104.021802

Aysto, J.T et al. (2001). Physics with low-energy muons at a neutrino factory complex. *ECFA/CERN studies of a European neutrino factory complex, 259-306* https://doi.org/10.5170/cern-2004-002.259

Bak, G. et al. (2018). Measurement of reactor antineutrino oscillation amplitude and frequency at RENO. *Physical Review Letters, 121(20).* https://doi.org/10.1103/physrevlett.121.201801

Baldini, A. M. et al. (2016). Search for the lepton flavour violating decay $\mu^+ \to e^+ \gamma$ with the full dataset of the MEG experiment. *European Physical Journal. C, Particles and Fields, 76(8).* https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-016-4271-x

Baldini, A. M. et al. (2021). The Search for $\mu^+ \to e^+\gamma$ with 10^{-14} Sensitivity: The Upgrade of the MEG Experiment. *Symmetry, 13(9), 1591.* https://doi.org/10.3390/sym13091591

Banerjee, S. et al. (2022). Snowmass 2021 White Paper: Charged lepton flavor violation in the tau sector. C*ontribution to: Snowmass 2021.* https://doi.org/10.48550/arxiv.2203.14919

Bellgardt, U. et al. (1988). Search for the decay $\mu^+ \to e^+e^+e^-$. *Nuclear Physics. B, 299(1), 1–6.* https://doi.org/10.1016/0550-3213(88)90462-2

Bernstein, R. H., & Cooper, P. S. (2013). Charged lepton flavor violation: An experimenter's guide. *Physics Reports, 532(2), 27–64.* https://doi.org/10.1016/j.physrep.2013.07.002

Bertl, W. et al. (2006). A search for μ-e conversion in muonic gold. *European Physical Journal. C Particles and Fields, 47(2), 337–346.* https://doi.org/10.1140/epjc/s2006-02582-x

Calibbi, L., & Signorelli, G. (2018). Charged Lepton Flavour Violation: An experimental and theoretical introduction. *Riv. Nuovo Cim. 41 (2018) 2, 71-174* https://doi.org/10.1393/ncr/i2018-10144-0

De Gouvêa, A. & Vogel, P. (2013). Lepton flavor and number conservation, and physics beyond the standard model. *Progress in Particle and Nuclear Physics, 71, 75–92.* https://doi.org/10.1016/j.ppnp.2013.03.006

De Kerret, H. et al. (2020). Double Chooz θ_{13} measurement via total neutron capture detection. N*ature Physics, 16(5), 558–564.* https://doi.org/10.1038/s41567-020-0831-y

Feinberg, G. (1958). Decays of The μ Meson in the Intermediate-Meson Theory. *Physical Review, 110(6), 1482–1483.* https://doi.org/10.1103/physrev.110.1482

Fukuda, Y. et al. (1998). Evidence for oscillation of atmospheric neutrinos. *Physical Review Letters, 81(8), 1562–1567.* https://doi.org/10.1103/physrevlett.81.1562

Gando, A. et al. (2013). Reactor on-off antineutrino measurement with KamLAND. *Physical Review. D, 88(3).* https://doi.org/10.1103/physrevd.88.033001

Glashow, S. L., Iliopoulos, J., & Maiani, L. (1970). Weak Interactions with Lepton-Hadron Symmetry. *Physical Review. D., 2(7), 1285–1292.* https://doi.org/10.1103/physrevd.2.1285

Hayasaka, K. et al. (2010). Search for lepton-flavor-violating τ decays into three leptons with 719 million produced $\tau^+\tau^-$ pairs. *Physics Letters. B, 687(2–3), 139–143.* https://doi.org/10.1016/j.physletb.2010.03.037

Hernández Villanueva, M. (2022). Experimental review of Lepton Flavor Violation searches. *Proceedings for FPCP 2022.* https://doi.org/10.48550/arxiv.2208.02723

Hernández-Tomé, G., Castro, G. L., & Roig, P. (2019). Flavor violating leptonic decays of τ and μ leptons in the Standard Model with massive neutrinos. *European Physical Journal. C, Particles and Fields, 79(1).* https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-019-6563-4

Hincks, E. P., & Pontecorvo, B. (1948). Search for Gamma-Radiation in the 2.2-Microsecond meson decay process. *Physical Review, 73(3), 257–258.* https://doi.org/10.1103/physrev.73.257

Ibarra, A., Marín, M., & Roig, P. (2022). Flavor violating muon decay into an electron and a light gauge boson. *Physics Letters. B, 827, 136933.* https://doi.org/10.1016/j.physletb.2022.136933

Illana, J. I., & Riemann, T. (2001). Charged lepton flavor violation from massive neutrinos in Z decays. *Physical Review. D., 63(5).* https://doi.org/10.1103/physrevd.63.053004

Maki, Z., Nakagawa, M., & Sakata, S. (1962). Remarks on the unified model of elementary particles. *Progress of Theoretical Physics, 28(5), 870–880.* https://doi.org/10.1143/ptp.28.870

Mohapatra, R. N. et al. (2007). Theory of neutrinos: a white paper. *Reports on Progress in Physics, 70(11), 1757–1867.* https://doi.org/10.1088/0034-4885/70/11/r02

Petcov, S. T. (1977). The processes μ→eɣ, μ→e^+e^-, ν'→νɣ in the Weinberg-Salam model with neutrino mixing. *Soviet Journal of Nuclear Physics, 25, 340. [Erratum: Soviet Journal of Nuclear Physics, 25, 698 (1977), Erratum: Yadernaya Fizika, 25, 1336 (1977)].*

Pontecorvo, B. (1957). Inverse beta processes and nonconservation of lepton charge. *Zhurnal Éksperimental'noĭ i Teoreticheskoĭ Fiziki, 34, 247*.

Shin, C. D. et al. (2020). Observation of reactor antineutrino disappearance using delayed neutron capture on hydrogen at RENO. *The Journal of High Energy Physics, 2020(4).* https://doi.org/10.1007/jhep04(2020)029

Sirunyan, A. M. et al. (2021). Search for the lepton flavor violating decay τ → 3μ in proton–proton collisions at √s = 13 TeV. *The Journal of High Energy Physics, 2021(1).* https://doi.org/10.1007/jhep01(2021)163

Willmann, L. et al. (1999). New Bounds from a Search for Muonium to Antimuonium Conversion. *Physical Review Letters, 82(1), 49–52.* https://doi.org/10.1103/physrevlett.82.49

Zyla, P. et al. (2020). Review of particle physics. *Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2020(8).* https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa104.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Marcela Marín: Física de la Universidad de Antioquia (Colombia), Maestra en ciencias en la especialidad de física del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) y Doctora en ciencias en la especialidad de física del CINVESTAV.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-01, pág.: 1 a la 5.

Programación óptima de inspecciones ambientales bajo incertidumbre

Mario Luis Chew Hernández, Raúl Gómez Gómez Tagle, Gisela Janeth Espinoza Martínez*

RESUMEN

La decisión de momento de realizar una inspección ambiental se realiza bajo incertidumbre, pues no se sabe si se encontrará una fuga cuando esta se realice la revisión. De la misma forma la decisión debe considerar por lo menos dos objetivos, pues busca disminuir los efluentes (contaminantes) e implica la inversión de recursos económicos. Un modelo para planeación de inspecciones deberá constar de un modelo para el manejo de la incertidumbre, que permita determinar el efecto sobre la distribución de probabilidad de los efluentes emitidos de realizar la inspección en distintos momentos, y un modelo de valor que permita balancear el costo de la inspección contra su beneficio. En este trabajo, se muestra la aplicación de simulación de procesos para el primer modelo, y una función de utilidad para el segundo. Dado que la apreciación, traducida en términos monetarios, por distintos grados de disminución de contaminantes, desde la perspectiva de mejora ambiental es subjetiva, los resultados se presentan como gráficas que muestran zonas de factibilidad para la realización de la inspección en términos del costo de la inspección y la valoración económica de la disminución en contaminantes.

ABSTRACT

Deciding the time of an inspection is a task shrouded in uncertainty, since it is uncertain whether a leak will be found when the system is reviewed. Additionally, the decision must cater for two objectives, since an inspection is meant to reduce the amount of pollutant emitted and carrying out an inspection uses economical and human resources. Thus, a mathematical model for planning inspections should include a “factual model” for managing uncertainty, which allows determining the effect on the probability distribution of the effluents emitted of carrying out the inspection at different times, and a “value model” for balancing the inspection cost against its benefit. In this work, process simulation is used for the factual model, and a utility function for the value model. The preference, from an environmental preservation point of view, for different degrees of pollutant reduction is subjective. So, the results are presented as graphs showing feasibility zones for carrying out the inspection in terms of its cost and a subjectively assessed monetary metric of the importance of the decrease in pollutants achieved by the inspection.

Palabras claves: Inspecciones, Incertidumbre, Simulación de Procesos

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un problema que tendrá consecuencias graves en el corto y mediano plazos (ONU, 2022). La expansión de la actividad industrial trae consigo, casi siempre, mejoras económicas de la población circundante, pero frecuentemente se acompaña de la generación de contaminantes. Uno de los mecanismos para forzar a las empresas a considerar objetivos ambientales en sus decisiones es realizar visitas a las mismas e imponerles multas si se les encuentra contaminando. El efecto de las multas, para la empresa, es convertir un impacto ambiental en una consecuencia económica (Chew et al., 2017).

El diseño de la política de inspecciones está sujeto a incertidumbre, puesto que el comportamiento de las empresas, sujeto a diversos factores ambientales y de mercado, es difícil de modelar y se vuelve impredecible si las empresas comienzan a actuar de forma estratégica respecto a lo que creen que hará el organismo encargado de inspeccionarlas. Esto convierte a la programación de las inspecciones de un problema de toma de decisiones bajo incertidumbre en uno de teoría de juegos (Davis, 1997).

Por otro lado, el análisis de decisiones es una disciplina que se enfoca en el desarrollo de modelos matemáticos para auxiliar en la toma de decisiones difíciles (Howard y Abbas, 2010). Es el caso de decisiones donde esté presente la incertidumbre, existan múltiples objetivos, sean complejas por la gran cantidad de elementos que tienen, o bien donde deban participar varios actores. El enfoque del análisis de decisiones es recomendar la mejor decisión dada la información disponible, definiendo esta mejor decisión como aquella que es consistente con una serie de axiomas de la toma de decisión racional. En este trabajo se muestra la aplicación del enfoque de Análisis de Decisiones a la programación de inspecciones de verificación de emisión de contaminantes. En base al desarrollo de un caso de estudio, se muestra como utilizar la simulación del sistema para definir las consecuencias posibles y su distribución de probabilidad, para después usar una función de utilidad para ponderar los objetivos de minimizar el costo de la inspección y la cantidad de contaminantes emitidos.

* TECNM: Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Departamento de Ingeniería Química, MLCH: mario@tesco.edu.mx, Dr.; RGGT: raul.iqu@tesco.edu.mx, Ing.; GJEM: gisela.sub.a@tesco.edu.mx, Dra.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-01, pág.: 1 a la 5.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Consideramos una planta (Figura 1) que tiene una política de revisar periódicamente sus instalaciones cada H tiempo, en las que se corrigen las emisiones contaminantes accidentales, si las hubiera. Se considera realizar una inspección al momento t (menor a H) a fin de disminuir la cantidad de contaminantes emitidos, pues si se encontraran fugas en esta inspección, podrían ser reparadas inmediatamente. El problema consiste en evaluar la factibilidad de realizar esta inspección y el tiempo en que debe realizarse, para minimizar la cantidad de contaminantes emitidos y considerando el costo que implica realizar la visita adicional.

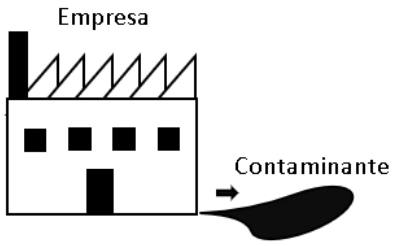


Figura 1.- Ilustración de una empresa contaminante

El modelo de decisión se auxilia de simulación de procesos para estimar la cantidad de contaminante emitido y aplica una función de utilidad para balancear la disminución en los contaminantes emitidos con el costo económico de realizar la inspección.

MODELO DE SIMULACIÓN

Se introducen las siguientes variables, para las que el horizonte de planeación H, se toma como un año.

t=Tiempo en que se realiza la inspección

$t_{F,1}$=Momento que comienza la primera emisión de contaminantes (i.e., fuga) del año.

$t_{F,2}$=Momento en que empieza una posible segunda fuga en el año, después de hecha una reparación. Se realiza una reparación cuando, al realizar una inspección, se encuentra que existe una fuga.

q=Velocidad de emisión de contaminantes (masa por unidad de tiempo).

Δt_F=Tiempo, desde el inicio del año o desde la última reparación efectuada, que trascurre para que se presente una fuga.

H=Horizonte de simulación (un año)

Q_T=Cantidad total de contaminantes emitida en el horizonte de simulación

En la Figura 2 se muestra la relación entre los tiempos.

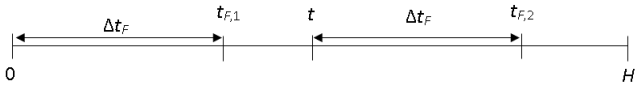


Figura 2.- Relación entre los tiempos

Dado t y simulando Δt_F desde su distribución de probabilidad, pueden calcularse $t_{F,1}$ y $t_{F,2}$. El valor de Q_T se calcula según:

a) Si $t_{F,1}<t$, la primera fuga comienza antes de la inspección y se repara cuando esta se realiza. El total de emisiones es mayor si se produce una segunda fuga después de la inspección.

- $Q_T=q(t-t_{F,1})$ si $t_{F,2}>H$ (1)
- $Q_T=q[(t-t_{F,1})+(H-t_{F,2})]$ si $t_{F,2}\leq H$ (2)

b) Si $t<t_{F,1}$ la primera fuga comienza después de la inspección y continua por el resto del horizonte de simulación H

- $Q_T=q(H-t_{F,1})$ si $t_{F,1}<H$ (3)
- $Q_T=0$ si $t_{F,1}>H$ (4)

La Figura 3 muestra, para q=10 (unidades masa/día) y H de 336 días (12 meses de cuatro semanas) el valor esperado de Q_T contra el tiempo de inspección t, para Δt_F exponencial con promedio 336, denotada *Expo*(336), y Δt_F normal con promedio 168 días y desviación estándar 56 días, denotada *Normal*(168,56). Para la primera, el valor mínimo de E[Q_T] ocurre realizando la inspección en el tiempo 168 (mediados del año), mientras que, para la normal, el mínimo ocurre si se inspecciona en el día 210.

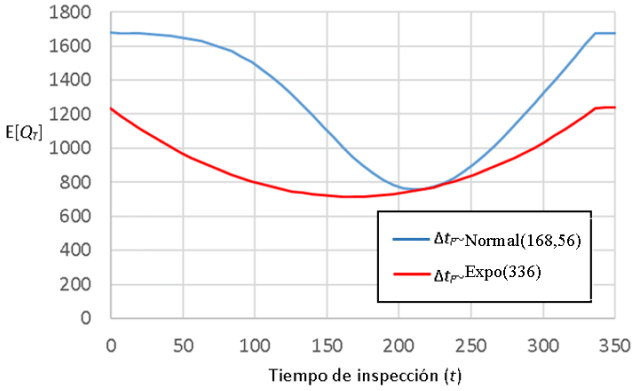


Figura 3.- Valor esperado de Q_T dado el tiempo de inspección

La distribución acumulativa de probabilidad para los casos donde no hay inspección y cuando esta se realiza en el tiempo que minimiza el valor esperado de Q_T, se muestra en la Figura 4.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-01, pág.: 1 a la 5.

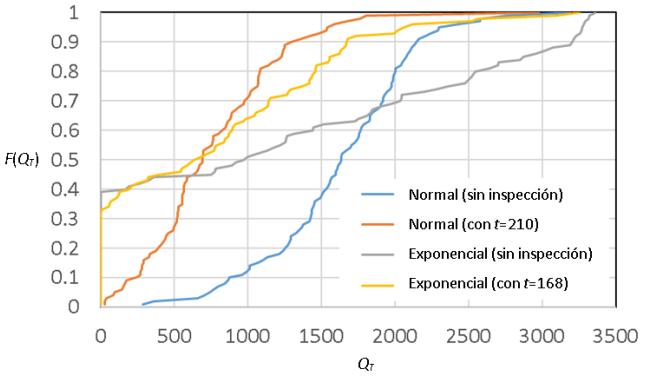


Figura 4.- Función acumulativa de probabilidad de Q_T

La decisión de realizar la inspección o no, dado que el costo de la misma es c ($) y se efectuará en el momento que minimiza E[Q_T], se plantea en el siguiente árbol que corresponde al caso donde Δt_F tiene la distribución *Normal*(168,56).

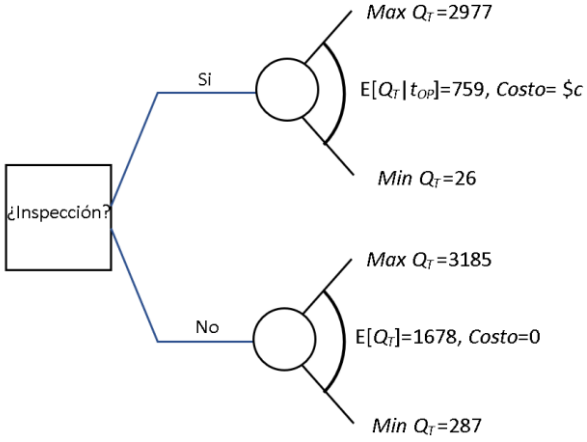


Figura 5.- Árbol de decisión para la realización de la inspección, distribución Δt_F normal

MODELO DE UTILIDAD

Para evaluar las alternativas se usa una función de utilidad

$$U=k_{QT}U_{QT}+k_CU_C \quad (5)$$

Donde k_{QT} y k_C suman 1, y U_Q es una función de utilidad sobre Q_T

$$U_{QT}(Q_T)=\frac{Q_{T,MAX}-Q_T}{Q_{T,MAX}-Q_{T,MIN}} \quad (6)$$

Donde $Q_{T,MAX}$ y $Q_{T,MIN}$ son los valores máximos y mínimos de Q_T en la situación de decisión (3185 y 26 en el árbol de la Figura 5). La función de utilidad sobre el costo U_C, le asigna a un costo dado X, un valor entre cero y uno, de acuerdo a la ecuación

$$U_C(X)=\frac{Costo_{MAX}-X}{Costo_{MAX}-Costo_{MIN}} \quad (7)$$

Donde $Costo_{MAX}$ y $Costo_{MIN}$ son los costos mayor y menor en el problema. En el caso analizado, el costo máximo es el costo de realizar la inspección, y el mínimo es cero, entonces $Costo_{MAX}=c$ y $Costo_{MIN}=0$, por lo que se tiene

$$U_C(X)=\frac{c-X}{c} \quad (8)$$

Como solo hay dos valores ara el costo, cero y c, se tiene que $U_C(0)=1$ y $U_C(c)=0$. Como U_{QT} es una función lineal, su valor esperado, E[U_{QT}] es

$$E[U_{QT}]=\frac{Q_{T,MAX}-E[Q_T]}{Q_{T,MAX}-Q_{T,MIN}} \quad (9)$$

Denotando E[$U_{QT}|t_{OP}$] y E[U_{QT}] como los valores de la utilidad esperada U_{QT} con la inspección óptima y sin inspección, respectivamente, se tiene

$$E[U|t_{OP}]=k_{QT}\times E[U_{QT}|t_{OP}] \quad (10)$$

$$E[U]=k_{QT}\times E[U_{QT}]+k_C \quad (11)$$

Conviene realizar la inspección si E[$U|t_{OP}$] >E[U], lo que conduce, después de sustituir $k_C=1-k_{QT}$ a

$$k_{QT}>\frac{1}{E[U_{QT}|t_{OP}]-E[U_{QT}]+1} \quad (12)$$

Para la distribución normal E[$U_{QT}|t_{OP}$]=0.751 y E[U_{QT}]=0.4401, por lo que la condición (12) se traduce en k_{QT}>0.76. Para la distribución exponencial, se tiene E[$Q_T|t_{OP}$]=715, E[Q_T]=1236 y los valores mínimos y máximos de Q_T del problema son, respectivamente 0 y 3185, lo que produce E[$U_{QT}|t_{OP}$]=0.77 y E[U_{QT}]=0.611, por lo que la condición (12) es k_{QT}>0.86.

DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES k_{QT} Y k_C

Las constantes de la función de utilidad dependen de la preferencia del tomador de decisiones. Para determinar su valor, se debe elicitar una cantidad de dinero C^+, tal que el decisor sea indiferente entre pasar de la cantidad máxima a la mínima de Q_T y pasar de un costo cero a un costo C^+. En otras palabras, determinar cuánto vale para el decisor, en términos económicos, la transición entre el valor máximo y el mínimo de contaminantes emitidos (Figura 6).

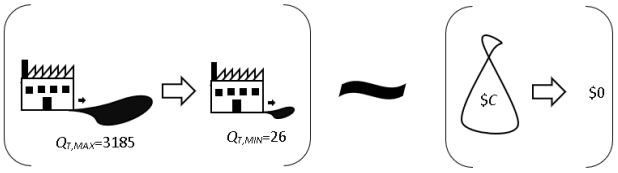


Figura 6. Balance entre disminución de efluentes y costo

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-01, pág.: 1 a la 5.

El símbolo ~ indica indiferencia, indicando que se valora lo mismo un cambio de $Q_{T,MAX}$ a $Q_{T,MIN}$, que un ahorro económico de $\$C^+$.

$$Q_{T,MAX} \rightarrow Q_{T,MIN} \sim \$\ C^+ \rightarrow \$\ 0 \quad (13)$$

La ganancia en preferencia de estas transiciones es la misma, entonces

$$k_{QT}[U_{QT}(Q_{T,MIN}) - U_{QT}(Q_{T,MAX})] = k_C[U_C(0) - U_C(C^+)] \quad (14)$$

Sustituyendo, se obtiene

$$k_Q = k_C \frac{C^+}{c} \quad (15)$$

Dado que $k_Q + k_C = 1$, entonces

$$k_Q = \frac{C^+}{C^+ + c} \quad (16)$$

Sustituyendo esta expresión en la condición de factibilidad de realizar la inspección

$$\frac{C^+}{c} > \frac{1}{E[U_{QT}|t_{OP}] - E[U_{QT}]} \quad (17)$$

Que se puede acomodar de la siguiente manera

$$E[U_{QT}|t_{OP}] - E[U_{QT}] > \frac{c}{C^+} \quad (18)$$

El lado derecho representa, en unidades estandarizadas entre cero y uno, la disminución del valor esperado de los efluentes proveída por la inspección. Esta disminución debe ser mayor a la razón del costo c de realizar la inspección entre C^+ que representa la máxima cantidad monetaria que se pagaría por disminuir los efluentes desde su valor más alto al más bajo en el contexto de la decisión. Para la distribución normal, esto quiere decir que $C^+ > 3.201c$, mientras que para la distribución exponencial $C^+ > 6.289c$. Estas condiciones se ilustrar en las Figuras 7 y 8.

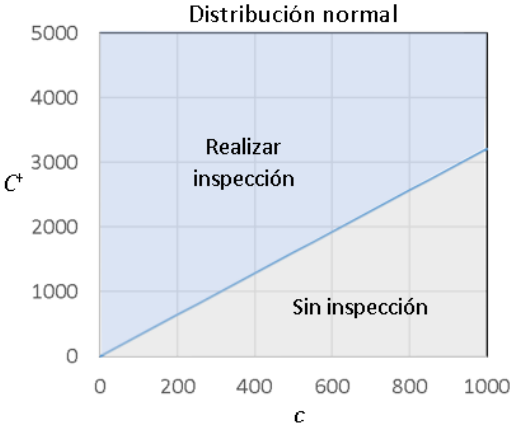


Figura 8. Condición de factibilidad distribución normal

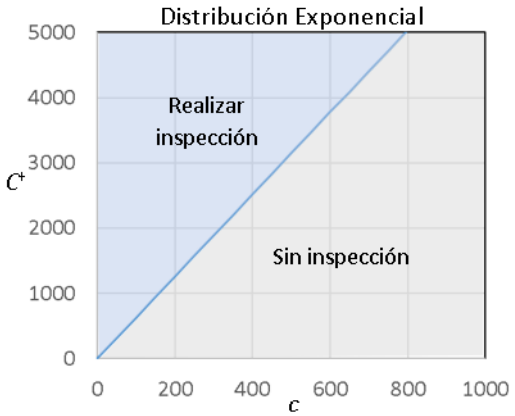


Figura 9. Condición de factibilidad distribución exponencial

Para un mismo costo de inspección c, si la distribución de Δt_F es exponencial se requiere que C^+ sea mayor para que la inspección se justifique que cuando Δt_F sigue una distribución normal. Esto porque la inspección tiene un efecto menor en el valor esperado $E[Q_T]$ cuando la distribución es exponencial que para la normal, por lo que se deberá valorar más esta disminución (un valor de C^+ más grande) para que sea conveniente la inspección.

CONCLUSIONES

Las visitas industriales son una herramienta básica para el control regional de la contaminación. Dado que consumen recursos humanos y económicos al realizar la inspección, el momento de la inspección debe ser tal que maximice su beneficio. En este trabajo se propone un modelo para decidir el momento en que deben realizarse inspecciones a una empresa potencialmente contaminante, en incertidumbre de si la empresa está contaminando al momento de visitarla. El modelo se apoya en la simulación del sistema, que se realiza en base a una distribución de probabilidad del tiempo que toma a la empresa comenzar a contaminar desde el inicio del horizonte de planeación o la última reparación efectuada. Para la modelación de preferencias, el modelo usa funciones de utilidad. Los parámetros de estas funciones son inevitablemente subjetivos, y su determinación requieren de juicios subjetivos del tomador de decisiones. Estos juicios se expresan mediante la comparación entre transiciones de los niveles de los objetivos, lo que permite tomar en cuenta no sólo la naturaleza del objetivo, sino el grado de variación en el problema.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Chew Hernández, Velázquez Romero, Retes Mantilla y Viveros Rosas L. (2017) “A decision-tree-based study of the effect of the objective structure of the supply chain members on their sustainability-related behaviour” *International Journal of Business and Systems Research*, vol. 14, no. 4, pp. 393-416

2. Davis M.D. (1997) “Game theory” Dover Publications Inc. Estados Unidos de América.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-01, pág.: 1 a la 5.

3. Howard H. y Abbas A. (2010), "Decision Analysis", John Wiley and Sons, Estados Unidos de América

4. Organización de las Naciones Unidas (2022) "United Nations Environmental Programme", página electrónica, accesado el 3 de junio de 2024

INFORMACIÓN ACADÉMICA

MLCH es ingeniero químico por la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestro en Ciencias y Dr. en Ingeniería Química por la Universidad de Nottingham, Reino Unido. Trabaja en la jefatura de Ingeniería Química del Tecnológico de Estudios Superiore de Coacalco

RGGT es ingeniero químico por la Instituto Politécnico Nacional y Especialista en Instrumentación Electrónica por el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, trabaja en la jefatura de Ingeniería Química del Tecnológico de Estudios Superiore de Coacalco

GJEM es licenciada en contaduría por la UAM y Dra. en Desarrollo Organizacional por la Universidad ETAC. Trabaja en la jefatura de Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-02, pág.: 1 a la 5.

Fabricación de papel usando la celulosa que proporciona el sargazo

Alfonso Jorge Quevedo Martínez, Esiquio Martin Gutiérrez Armenta, Marco Antonio Gutiérrez Villegas, Israel Isaac Gutiérrez Villegas, Alejandro Cruz Sandoval

RESUMEN

El problema del sargazo en el Caribe Mexicano se ha convertido en una crisis ambiental y económica. La proliferación excesiva de esta alga marina afecta el turismo, la pesca y contamina las playas. La propuesta de este trabajo consiste en transformar este problema en una oportunidad, utilizando el sargazo como materia prima para la producción de papel. Al ser rico en celulosa, el sargazo puede reemplazar la pulpa de madera en la fabricación de papel, reduciendo así la tala de árboles y disminuyendo el impacto ambiental de la industria papelera. El proceso propuesto involucra la recolección del sargazo del mar mediante bandas transportadoras, evitando dañar las playas. Posteriormente, el alga se tritura y se somete a un proceso de lavado y extracción de celulosa. El papel obtenido podría ser comercializado a empresas papeleras, ofreciendo una alternativa más sostenible y económica.

Los beneficios de este proyecto son múltiples: Reducción del impacto ambiental: Disminuye la tala de árboles, reduce la contaminación de las playas y aprovecha un recurso que actualmente es un problema. Generación de beneficios económicos: Crea nuevas oportunidades de negocio y reduce los costos de producción para las empresas papeleras. Solución a un problema ambiental: Ayuda a controlar la proliferación del sargazo y mejora la calidad del agua y del ecosistema marino.

ABSTRACT

The problem of sargassum in the Mexican Caribbean has become an environmental and economic crisis. The excessive proliferation of this seaweed affects tourism, fishing and contaminates beaches. The proposal of this work is to transform this problem into an opportunity, using sargassum as a raw material for paper production. Being rich in cellulose, sargassum can replace wood pulp in paper manufacturing, thus reducing tree felling and decreasing the environmental impact of the paper industry. The proposed process involves collecting sargassum from the sea using conveyor belts, avoiding damage to beaches. Subsequently, the seaweed is crushed and subjected to a washing and cellulose extraction process. The paper obtained could be marketed to paper companies, offering a more sustainable and economical alternative.

The benefits of this project are multiple: Reduction of environmental impact: It reduces tree felling, reduces beach pollution and takes advantage of a resource that is currently a problem. Generation of economic benefits: Creates new business opportunities and reduces production costs for paper companies. Solution to an environmental problem: Helps control the proliferation of sargassum and improves the quality of water and the marine ecosystem.

Palabras clave: Sargazo, papel, recolección, tratamiento, tala.

INTRODUCCIÓN

La existencia del Sargazo en la zona del Caribe Mexicano se mantendrá debido a los diferentes factores que influyen en su proliferación principalmente el aumento de la temperatura de los océanos entre otros factores climatológicos. El centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y de la División de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional califica a esta alga como una masa flotante que se mueve en comunidades y continuamente.

El Sector turístico califica esta masa como basura playera, sin embargo, esta posee ciertas propiedades que brindan la posibilidad de darle diferentes usos una vez recolectada para obtener beneficios económicos.

En México todos los datos referentes a este problema dependen de la causa y mecanismos, la estacionalidad, la regionalización, el origen de las especies involucradas y sus usos potenciales; sólo se había mencionado que las oleadas presentes en el litoral del Estado de Quintana Roo son las más espectaculares en términos de diversidad y abundancia, destacándose las observadas en Cancún y Puerto Morelos.

METODOLOGÍA O DESARROLLO

En un intento por resolver el problema de la composición taxonómica, algunos investigadores (Castillo Arenas y Dreckmamm, 2013), realizaron un estudio de las especies presentes en Punta Cancún y Puerto Morelos, registrando 40 especies, 25 de tallas grandes (de 10 a más de 40 cm) susceptibles a ser explotadas; 14 son pequeñas (desde algunos micrómetros hasta 5-6 cm) y más difíciles de usar como recurso; 22 son estacionales en términos de presencia-ausencia a lo largo del año; 15 son perennes, es decir, tienen un largo periodo de vida. El taxón más abundante fue el género Sargassum, con 7 especies y más de 80% de peso seco por cada kilogramo colectado, como se muestra en la figura 1.

* UAM-azc, Departamento de Administración, Departamento de Sistemas, ajqm@azc.uam.mx , M. en G. UAM-azc, Departamento de Administración, Departamento de Sistemas, área sistemas computacionales, Dr. en C., emga@azc.uam.mx UAM-azc, Departamento de Sistemas, área sistemas computacionales, Dr. en C., magv@azc.uam.mx , acs@azc.uam.mx, Departamento de sistemas, área en Sistemas Computacionales, TESE- TecNM, M. en C., iigv@hotmail.com .

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-02, pág.: 1 a la 5.



Figura 1.- Sargazo Flotando

La oleada de ambas localidades se presenta todo el año, con dos incrementos de alta diversidad alrededor de los meses de julio-agosto y octubre-noviembre. Entre los meses de agosto y noviembre, coincide con la temporada ciclónica, mientras que los que empiezan en noviembre disminuyen en febrero, corresponde con la temporada de secas.

Este proyecto plantea iniciar con la comercialización de la recolección del Sargazo y a que las brigadas de limpieza que ofrece cada municipio de la Zona Federal Marítimo Terrestre (ZOFEMAT) no cuenta con la infraestructura necesaria para llevar a cabo la recolección necesaria. De acuerdo con cifras oficiales emitidas por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo, tan sólo en una semana (19 al 26 de julio de 2015) fueron retiradas 28mil 124 toneladas de sargazo húmedo de las costas quintanarroenses, siendo el municipio de Benito Juárez, en donde se ubica Cancún, el que más recolectó con 15 mil 74 toneladas de sargazo húmedo, seguido de Solidaridad (Playa del Carmen), Tulúm, Cozumel, Othón P. Blanco, Chetumal e Isla Mujeres, ver figura 2.

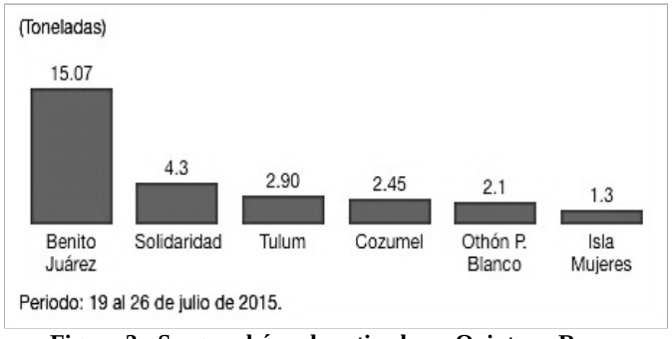


Figura 2.- Sargazo húmedo retirado en Quintana Roo. FUENTE: El Universal, agosto2015.

El aumento en la cantidad de sargazo ha ido en aumento año con año (ver Fig. 3), por lo que es necesario implementar acciones que ahora son un problema en soluciones al cambio climático, esta iniciativa pretende disminuir la tala de árboles y así aportar nuestro granito de arena para la protección del medio ambiente.



Figura 3.- Incremento de sargazo en toneladas desde el año 2011 hasta el año 2022. FUENTE: Dianco México.

PROCESODEOPERACIÓN

Las principales actividades serán las de recolección y procesamiento. Se busca realizar algunas pruebas en laboratorio, con la finalidad de mostrar la eficacia de este compuesto como sustituto de la celulosa de la madera.

A su vez se evaluarán los costos y gastos de operación para cada una de las actividades y su rentabilidad, para esto se utilizarán distintos métodos como lo son tasas de retorno y flujos de efectivo en el tiempo, entre otros.

RECOLECCIÓN:

El proceso de recolección será mediante el cual se obtendrá la materia prima para su posterior procesamiento.

Factores que considerar para la extracción adecuada del sargazo para lo cual es necesario considerar varios factores, como lo son:

- Temporada del año
- Métodos de recolección
- Cantidad recolectada
- Factibilidad
- Costos
- Repercusiones para la zona
- Almacenaje

CONVERSIÓN DE SARGAZO

Para la segunda etapa de este proyecto se buscará la extracción de la celulosa del sargazo para así poder utilizar esta como materia prima para la elaboración del papel como se describió al principio, solo se busca sustituirá la madera como materia prima.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-02, pág.: 1 a la 5.

Es necesario destacar que la recolección es la etapa más importante, ya que es donde más problemas se encuentra.

SECADO DE SARGAZO

Las opciones de secado de alga consideradas son:

1. Por secado al aire libre
2. Mediante hornos especiales

El secado al aire libre consta en la utilización de la energía solar como fuente principal de calor, este proceso puede ser llevado mediante el uso de colectores solares, los cuales son artefactos que constan de:

- Una superficie metálica oscura, preferiblemente de color negro, generalmente orientada hacia la dirección del Sol, que recibe y absorbe los rayos luminosos. El calor producido de esta manera es transferido al aire, que está en contacto con dicha superficie.
- Una cobertura transparente (vidrio o plástico), que deja pasar la radiación luminosa y que evita el escape del aire caliente para un mayor rendimiento, algunos modelos de secaderos solares de gran capacidad disponen de un sistema de calefacción combinado. Se usa un combustible o energía eléctrica como fuente de energía auxiliar para los periodos con deficiencia de radiación solar, para los días nublados y para seguir trabajando en horas de la noche.
- Otra forma a una escala mayor es el uso de invernaderos especiales capaces de almacenar una cantidad mucho mayor de algas.

Composición de la Celulosa:

"La celulosa es el compuesto orgánico natural más abundante. La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente con sustancias como la lignina, hemicelulosas (carbohidratos más cortos principalmente pentosanos), pectinas y ácidos grasos. La celulosa es un polímero lineal compuesto por unidades de glucosa. Las cadenas de celulosa se acoplan en haces unidos por puentes de hidrógeno. No se puede hablar de PM de la celulosa. Se han dado valores de 50,000 a 2,500,000 umas correspondientes a 300-15,000 unidades de glucosa". (Ascensión Sanz Tejedor, https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php).

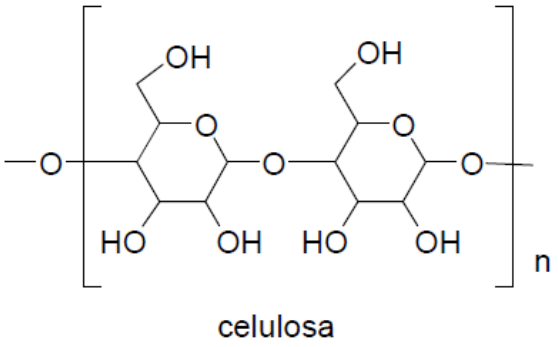


Figura 4,- composición de celulosa, Ascensión Sanz Tejedor, https://www.eii.uva.es/organica/qoi/.

El consumo mayor de celulosa es para papel y cartones. La celulosa blanca de fibra larga se usa principalmente para agregar resistencia a los papeles y cartulinas, y la celulosa blanca de fibra corta se usa para dar suavidad y como relleno. Dependiendo de la proporción en las mezclas se obtienen papeles para diferentes usos. Actualmente existen más de 450 variedades de papeles según la clasificación de la International Pulp and Paper Directory.

En el papel, las fibras de celulosa individuales se conforman en una red, tal como se puede ver la figura 5. Estas fibras se adhieren unas a otros por enlaces de hidrógeno. Estos enlaces son débiles comparados con los enlaces iónicos y los enlaces covalentes.
La producción de papel y cartón en el mundo se sitúa actualmente en torno a los 300 millones de toneladas. De estas un 43% se utiliza para envases y embalajes, un 30% para impresión y escritura, un 12% para papel de prensa y un15% para usos higiénicos, sanitarios y otros papeles



Figura 5.- Fibras de celulosa
(fotografías e imágenes de alta resolución-Alamy)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-02, pág.: 1 a la 5.

PROCESO DE FABRICACIÓN EN LABORATORIO DE LA CELULOSA

Para un gramo de muestra seca se añadieron 15ml de 80% de ácido acético y 1,5 ml de ácido nítrico concentrado y se sometió a reflujo durante 20 minutos, el residuo se filtró, se lavó con etanol, se secó en el horno a 100-105°C y se pesó, luego fue incinerado a 540°C, con lo que se forma una pasta la cual se someterá al siguiente proceso para la Fabricación del Papel:

- Se coloca la pasta sobre mallas metálicas que se desplazan, donde el papel se irá formando poco a poco conforme la pasta se seca y libera agua, misma que es recogida para aprovechar su contenido de celulosa en otras etapas de recuperación, lo que ayudará a la elaboración de más papel o en otros procesos se regula la pasta de acuerdo con la densidad, la consistencia y el caudal y se aplica sobre una mesa plana que puede ser convencional o de doble tela. Ésta es fundamental en la formación de la hoja y por ello, debe permitir una buena distribución de la pasta, impedir el paso de las fibras y evitar que se peguen y facilitar el lavado. Pueden ser metálicas o plásticas.
- Alisado del papel prensado, el papel obtiene el grosor deseado al pasar entre unos rodillos giratorios. Después, el papel se prensa entre dos rodillos recubiertos de fieltro para extraer aún más agua y posteriormente pasa por otra serie de rodillos que se encargan de darle la textura adecuada.
- Previo al secado hay diferentes mecanismos, como los rodillos desgotadores (soportan la tela y ayudan a eliminar el agua), foils (la tela se desliza sobre ellos), cajas aspirantes progresivas, cilindro aspirante y rodillo mata espumas. Inmediatamente después, viene el prensado para la consolidación de la hoja mediante prensa aspirante, ranurada u offset. Tras ello está la se quería, donde unos rodillos calientes se encargan de realizar una última etapa de secado con dos partes, después de la prensa y después del tratamiento superficial de máquina, aplicando calor al papel mediante cilindros.
- Tratamiento de la superficie: Posteriormente pasan por otros rodillos fríos que le dan un acabado final, además de proporcionarle el brillo de acuerdo con el tipo de papel, normalmente se realiza un estucado previo a su paso por la calandra.
- Puede tratarse de:

  Size press (entre saquería y saquería, se coloca una capa que ligan mediante dos prensas mejorando la imprimibilidad y la estabilidad dimensional).

  Gate roll (versión mejorada de lo anterior que se suele emplear para estucar en máquina)

  Bill Blade (empleado para estucar en máquina, aplica a una cara con cuchilla y por la otra con rodillo).

Tras esto se alisa mediante rodillos metálicos superpuestos que regulan el espesor sin dar brillo y se pasa al pope, enrolladora que lo envía a la zona de acabados (papel no estucado o estucado en máquina) o a la estucadora.

CONCLUSIÓN

El sargazo, un alga marina que ha proliferado en las costas del Caribe mexicano en los últimos años, se ha convertido en un problema ambiental y económico para la región. Este estudio propone una solución innovadora: la utilización del sargazo como materia prima para la producción de papel.

El sargazo posee un alto contenido de celulosa, similar al de los árboles, lo que lo hace ideal para la fabricación de papel. Además, su procesamiento requiere de un tratamiento químico menos agresivo que el utilizado con la celulosa de la madera. La utilización del sargazo como materia prima para la producción de papel ofrece diversas ventajas:

- **Reduce el impacto ambiental:** Disminuye la tala de árboles y el uso de agua potable y energía asociados a la producción tradicional de papel.
- **Aprovechamiento de un recurso abundante:** Convierte el sargazo, que actualmente representa un problema ambiental, en un recurso valioso.
- **Genera beneficios económicos:** Crea nuevas oportunidades de negocio y empleo en la región.

El estudio propone un sistema de recolección y procesamiento del sargazo que minimiza el impacto ambiental en las playas. Además, se plantea la comercialización del papel producido a empresas dedicadas a la fabricación de papel, buscando reducir su impacto ambiental y sus costos de producción.

En definitiva, la utilización del sargazo como materia prima para la producción de papel se presenta como una alternativa viable y sostenible para el manejo de esta alga en el Caribe mexicano, generando a la vez beneficios económicos y ambientales para la región.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

DIANCOM México: DIANCOM México. (s.f.). Nuestras soluciones. Recuperado de https://diancomexico.com/

Dirección de Zona Federal Marítimo: (s.f.). Tesis:Evaluacióndelacapacidadlignoliticadedoshongosaisladosdebagazodeazúcarparasupotencialaplicaciónenlaobtencióndecelulosa.Autora:Ing.Ambiental. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/2231/223122251001.pdf

Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Valladolid: (s.f.). Sargazo húmedo retirado en Quintana Roo. FUENTE: El Universal, agosto 2015. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9238135

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IA-02, pág.: 1 a la 5.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía: (s.f.). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/
Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo: (s.f.). Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo. Recuperado de https://sema.qroo.gob.mx/
Miguel García Arquitectos: **(s.f.). Calculadora de Aranceles Profesionales para Arquitectos. Recuperado de https://miguelgarcia.xyz/**

INFORMACIÓN ACADÉMICA.

Alfonso Jorge Quevedo Martínez: Ing. Industrial por la UAM-azc, M. en G. por Universidad ETAC, Doctorado en Administración por Universidad IEXPRO.
Esiquio Martin Gutiérrez Armenta: Ing. Mecánico por la ESIME-AZC-IPN, M. en C.Ingeniería Mecánica por SEPI-ESIME-IPN, Dr. En Ingeniería Mecánica por la ESIME-AZC-IPN.
Marco Antonio Gutiérrez Villegas: Lic. En Física y Matemáticas por la ESFM-IPN**,** M. en C. Ingeniería Mecánica por SEPI-ESIME-IPN, Dr. En Ingeniería Mecánica por la ESIME-AZC-IPN,
Israel Isaac Gutiérrez Villegas: Ing. En Comunicaciones y Electrónica por ESIME-ZAC-IPN, M. en C. Sistemas por SEPI-ESIME-IPN.
Alejandro Cruz Sandoval: Ingeniero en electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Grado de Maestría en ciencias por el CINVSETAV-IPN Grado de Doctor en Ciencias por el CINVESTV-IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

Desarrollo de un sistema de alumbrado mediante tecnología led

***Martín D. Castillo Sánchez*, María de Jesús Velázquez Vázquez, Juan Daniel Rivas Martínez ***

RESUMEN

El presente trabajo aborda el análisis técnico económico de una instalación de tecnología LED para el sistema de alumbrado de una escuela primaria, así mismo, se busca el uso eficiente de la energía eléctrica, teniendo en cuenta que se deben cumplir los criterios adecuados en los niveles de iluminación para beneficio de alumnos, docentes y personal administrativo, esto sin que se genere un impacto económico mayor en el consumo, se partió de un análisis de la instalación actual, detectando un sinnúmero de fallas en la instalación, se procedió al rediseño y cálculo, buscando la mayor eficiencia del sistema.

ABSTRACT

The present work addresses the technical-economic analysis of an installation of LED technology for the lighting system of a primary school, likewise, the efficient use of electrical energy is sought, taking into account that the appropriate criteria must be met at the levels of lighting for the benefit of students, teachers and administrative staff, this without generating a greater economic impact on consumption, the starting point was an analysis of the current installation, detecting a number of failures in the installation, the redesign and calculation were carried out , seeking the greatest efficiency of the system.

Palabras claves: Iluminación, tecnología, led, sistema eléctrico, ahorro de energía.

INTRODUCCIÓN

AHORRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

En todo momento se hace mención de un ahorro energético, debido a que la energía eléctrica se ha hecho fundamental en las tareas cotidianas, convirtiéndola en una necesidad para la población, pero la población conforme pasa el tiempo va en crecimiento, lo que provoca que la demanda energética que requiere la población sea cada vez mayor. El objetivo de ahorrar energía consiste en realizar las mismas actividades de manera más eficiente, es decir con un consumo de energía menor y sin una disminución de resultados en dicha actividad, solamente consumiendo la energía necesaria, evitando sobre consumos o dicho de otra manera desperdicios de energía eléctrica. En el sector industrial y comercial el ahorro de energía se puede lograr mediante sistemas avanzados de control de potencia, en las instalaciones de motores eléctricos modernos para ventiladores, bombas, mecanismos, de trasmisión y la instalación de equipos de iluminación de alta eficiencia todas estas acciones contribuyen al aprovechamiento de la energía eléctrica (Harper, 2001).

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Eficiencia energética es un término polivalente, muy empleado en los últimos años en muy diferentes contextos, y tal vez por este motivo, parece oportuno delimitar su significado. En principio la eficiencia energética atendería a la definición física referente a un proceso o a un dispositivo, correspondiéndose a la relación entre la energía útil y la energía empleada. Actualmente está acepción se emplea, exclusivamente, para maquinaria, electrodomésticos o Luminarias, es decir procesos o aparatos que se relacionan más directamente con el usuario, y en los que ambas magnitudes son fácilmente mensurables (Onésimo, 2002).

ILUMINACIÓN LED

L.E.D viene del inglés (Light Emitting Diode) traducido diodo emisor de luz. La iluminación led, este tipo de tecnología, es un sistema de iluminación duradero, de bajo consumo y ecológico. Actualmente todos los grandes fabricantes de sistemas de iluminación apuestan por esta tecnología que será la principal fuente de luz del futuro. Constantemente surgen en el mercado LED mejores, más eficientes, luminosos, seguros, fáciles de instalar y más baratos. La tecnología LED es actualmente la más ecológica de todas las posibles fuentes de luz. En comparación con todos los sistemas existentes para iluminación es el sistema que menos energía consume. Además no contiene mercurio u otros materiales tóxicos, contaminantes o radiactivos. El objetivo de este trabajo es rediseñar el sistema eléctrico y de iluminación de una escuela primaria utilizando tecnología LED (Aranda, 2005).

DESARROLLO

ESTADO ACTUAL DE LA ESCUELA

La escuela primaria presenta un deterioro en sus dispositivos eléctricos y luminarios, además de una mala instalación eléctrica y en pésimas condiciones como se observa en el área de la cooperativa donde se preparan los alimentos la instalación eléctrica está a la intemperie los dispositivos no están fijos y la única lámpara no funciona como se ve en las figuras (1, 2).

* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Academia de Mecánica, Economía, Control y Automatización. Dr. Martín Castillo S. CDr. María de Jesús Velázquez V. Ing. Daniel Rivas M. avinfer66@gmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

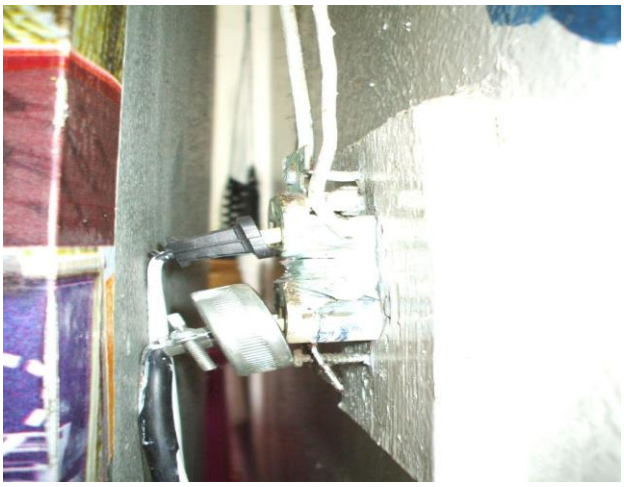


Figura 1. Tomacorrientes del refrigerador y licuadora con cables descubiertos



Figura 2. Lámpara incandescente

A continuación y como resultado del levantamiento eléctrico se realizó una estimación de demanda eléctrica el cual se aprecia en el siguiente cuadro de cargas, tabla (1).

Tabla 1. Cuadro de cargas, situación actual

Tablero GN1						
Cuadro de cargas						
Circuito	Carga Instalada (KW)	A	B	C	Lámpara de 2X32 64W	Lámpara de 2X32 64W
C-1	1.408	x	x	x	22	22
C-2	1.152	x	x	x	18	18
C-3	1.152	x	x	x	18	18
C-4	1.074	x	x	x	4	4
Total	4.786					
Interruptor termomagnético, 1 x 30, 2 hilos						

Selección del conductor				
Lamp. led 17W	F.D	IA	Lm	Caída (X)
	0.8	11.09	50	5.27
	0.8	9.07	100	8.63
	0.8	9.07	100	8.63
54	0.8	8.46	50	4.02
Cable alimentador: 2 -12 AWG				
Se requiere conductor puesta a tierra				
Se requiere tubería para el cableado				

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

Para esta escuela primaria, donde los salones son de las mismas dimensiones, empezaremos por los cálculos de iluminación, tomando un salón como ejemplo.

Datos generales (tabla (2)):

Nivel de iluminación por la norma 025 STPS y la IES l. =300 luxes

Horas de operación 16hrs x 265 = 4240hrs/ año

Lámpara seleccionada: LED luz fría

Tabla 2. Datos generales del área

Descripción	**Dimensiones**
Largo	6.10 m
Ancho	7.56 m
Altura total	3.60 m
Altura de plano de trabajo	2.12 m
Reflectancia de piso	20%
Reflectancia de pared	70%
Reflectancia de techo	80%

Se necesita determinar el C.U. (Coeficiente de Utilización, tabla (3)) y el F.M. (Factor de Mantenimiento) con la Ecuación (1).

$$F.\ C.\ R = (5)\ (d)\ (LARGO + ANCHO) / AREA \qquad (1)$$

$$F.\ C.\ R = (5)\ (2.12)\ (13.66) / 46.116 = \underline{3.1398}$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

Tabla 3. Cuadro de coeficiente de utilización

Reflectancia de Piso	20%
Reflectancia de Techo	80%
Reflectancia de Pared	70%
R.C.R.	
3.00	0.88
3.1398	0.8702
4.00	0.81

De 3 a 4 tenemos 1 de espaciamiento, de 3.1398 a 3 tenemos 0.1398 y a 4 tenemos 0.8602, entonces con la Ecuación 2, determinamos el valor del coeficiente:

C. U.= (valor menor – valor mayor) / espaciamiento (2)

C. U.= (0.88 – 0.81) / 1 = 0.07
0.88 – (0.07*0.1398) = 0.8702
0.81 + (0.07*0.8602) = 0.8702

N = (300) (46.116) / (4419.2) (0.8702) (F. M.)

Por último es necesario calcular el F.M.

Depreciación de los Lúmenes de la Lámpara del fabricante = 0.84
Depreciación por Suciedad Acumulada en los Luminarios
Este dato nos lo proporciona el fabricante de luminarios o lo obtenemos del IESNA
Categoría II, Ambiente limpio = 0.80
Substituyendo valores tenemos en la Ecuación (3).

F. M. = (LLD) (LDD) (3).
F. M. = (0.84) (0.80) = 0.672
Por lo tanto:
N = (300) (46.116) / (4419.2) (0.8702) (0.672) = 5.35
= 6 luminarias

Ahora procederemos a la localización de las luminarias, por lo cual debemos conocer cuál es el espaciamiento máximo entre centros de los mismos. De tablas obtenemos el factor de espaciamiento máximo el cual es dado por Ecuación (4).

S.C.:1.2 SM= (S.C.) (d) = (1.2) (2.12) = 2.54 m

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una distribución uniforme de luminarias con la Ecuación (5).

S_{REAL} = √ (área)/ (no. de luminarios calculados) = √ (46.16/6) = 2.77 m.

Proseguimos a distribuir los luminarios en el interior del local, para determinar cuántas columnas de luminarios, se emplea la Ecuación (6).
Columnas (x) = Ancho del local / S_{REAL} = 7.56 / 2.77 = 2.73 = 3 (6)

Y para determinar cuántas filas de luminarios son, se utiliza la Ecuación (7).

Filas (y)= Largo del local (7)

S_{REAL}=6.102.77= 2.20 ≈ 2

CÁLCULO DE LA CORRIENTE NOMINAL
Tomamos como ejemplo el circuito 1 del tablero General de alumbrado GNA
Circuito 1 (18 luminarias de 45W) 1Ø.
Obtenemos la corriente nominal, cuya fórmula para obtenerla es la Ecuación (8).

$$Ln = P / V \cos \theta \quad (8)$$

Donde
In= corriente nominal (amperes)
P= potencia (que es el número de luminarias por los watts que utilizara)
V= voltaje de alimentación
cos θ= Factor de Potencia (que para las luminarias se considera como 0.9)

Ahora se calcula el circuito sustituyendo los datos para el circuito 1(18 luminarias, 45W).
Nos da como resultado de la carga total del circuito:
P=810W, V=127V

Aplicando la formula tendremos:
Ln = 810W / (127 V x 0.9) = 7.0866 A

CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO
Utilizamos una fórmula que representa la teoría, de que en una falla en un circuito derivado la corriente se incrementa hasta 125%, en la Ecuación (9) se observa.

Icc= ln (1.25) (9)
Icc= corriente de corto circuito In=corriente nominal

Tenemos que:

Icc= In (1.25)
Icc= 7.0866A (1.25)
Icc= 8.8582A

Con este valor podemos decidir el calibre del conductor y la protección de sobre corriente, por norma ningún circuito de iluminación debe tener una protección mayor a 20 A.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

CALCULO DEL CONDUCTOR

Con el resultado anterior se revisa la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012, ubicándonos en la columna de 75° y nos damos cuenta que un calibre 14 AWG nos soporta la corriente, pero la norma nos dice que mínimo debe de ser un calibre 12 AWG y este conductor es el que tomamos como el adecuado para el circuito.

CALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión es el nivel de pérdidas que tenemos de tensión al final del circuito, si este valor es más del 5% se deberá corregir cambiando el calibre del conductor por uno mayor generalmente, este valor del 5% mencionado anteriormente debe estar comprendido entre el circuito alimentador y el circuito derivado, en la Ecuación (10).

$$E\% = IL\ (2Z_L) / V)\ 100 \qquad (10)$$

Donde
E% =caída de tensión (dado en porcentaje)
I_L= a corriente nominal obtenida del circuito
V= es el voltaje con el que se alimenta el circuito
Z_L= impedancia de la línea

Tomando el circuito 1, aplicando la ecuación para circuitos monofásicos y bifásicos, realizamos el cálculo de la caída de tensión a una longitud de 36m, aproximadamente, primeramente calculamos la Z_L (Ecuación 11) del circuito, basándonos en los valores que vienen en la tabla 9 de la NOM-001-SEDE-2012 (DOF 2014).

$$Z_L = \sqrt{(R_L^2 + jX_L^2)} \qquad (11)$$

$$Z_L = \sqrt{0.223^2 + 5.6^2} = \underline{5.6}$$

Este valor esta dado en Ω/Km por lo que se tiene que obtener la equivalencia para la distancia de 36m del circuito 1 con ayuda de la ecuación 12.

$$Z_{36m} = Z_L\ L / 1000 \qquad (12)$$

$$Z_{36m} = 5.6\ \ K\Omega/m\ (36m) / 1000 = \underline{0.2016\ \Omega}$$

Con este valor proseguimos a usar la Ecuación 13, y obtener la caída de tensión del circuito 1.

$$E\% = ((7.0866A\ (2)\ (0.2016\ \Omega) /127))\ 100 = \underline{2.25\%}$$

El resultado es satisfactorio ya que es menor al 4% la caída que tiene, se propone que sea 4% para el circuito derivado y 1% para el circuito alimentador debido a la distancia del tablero principal (Westinghouse, 1976).

CÁLCULO DE LA TUBERÍA

El cálculo de tubería se realiza para poder determinar cuál es el diámetro de tubería requerido para el número de conductores y el respectivo calibre que va a ser trasportados en el interior. Como el circuito 1 es monofásico utiliza dos hilos, fase y neutro, nuestros calibres de cada hilo son de 12AWG (10.18), además el conductor de tierra, el cual debe ser de un calibre menor, en este caso es 14AWG (8.04). Calculamos el área de la tubería, Ecuación (14).

Tubería=10.18 (2)+8.04=28.4

El resultado obtenido lo dividimos entre el factor de relleno que es el espacio a ocupar real del tubo, debe de ser 40% para esta aplicación.

$$T_R = 28.4 / 0.4 = 71$$

Esto equivale a una tubería de 16 mm de acuerdo a tablas.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación en la tabla (4), se muestra el cuadro de cargas de los circuitos instalados.

TABLERO GNA					
Cuadro de cargas					
Circuito	Carga instalada (KW)	No. hilos	FASES		
			A	B	C
C-1	0.81	2		18	0.81
C-2	0.54	2		12	
C-3	0.54	2		12	
C-4	0.54	2	0.54	12	0.54
C-5	0.54	2		12	
C-6	0.54	2		12	
C-7	0.27	2	0.27	6	0.27
C-8	0.27	2		6	
C-9	0.27	2		6	
C-10	0.27	3	0.27	6	0.27
C-11	0.54	4		12	
C-12	0.54	5		12	
C-13	0.54	6	0.54	12	0.54
C-14	0.27	7		6	

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

C-15	0.27	8	0.27	6	
C-16	0.27	9	0.27	6	
Total	7.02		2.16	2.1	2.43
Interruptor termomagnético: 1 x 15 A Diámetro de tubería: 16 mm					

TABLERO GNA			
Selección del conductor			
Lamp. EVT4 45W	I A	L m	Caida (X)
18	7.09	25	1.69
12	4.72	40	1.80
12	4.72	60	2.70
12	4.72	30	1.35
12	4.72	60	2.70
12	4.72	75	3.37
6	2.36	80	1.80
6	2.36	90	2.02
6	2.36	100	2.25
6	2.36	120	2.70
12	4.72	70	3.15
12	4.72	80	3.60
12	4.72	60	2.70
6	2.36	70	1.57
6	2.36	75	1.69
6	2.36	80	1.80
Conductor alimentador: 2 – 12 AWG Conductor puesta a tierra: 1 – 14 AWG			

CONCLUSIONES

En este proyecto se cumple con los objetivos, que es brindar un sistema adecuado de iluminación para las aulas y que así se puedan desarrollar las actividades sin problemas de iluminación, obteniendo un arco de confort visual con el que se logra tener una índice de aprovechamiento mayor en los estudiantes y docentes, para desempeñar de mejor manera sus actividades.

El brindar una instalación eléctrica adecuada y protegida evita los accidentes y elimina cualquier tipo de riesgo eléctrico que exista en la actualidad.

Podemos concluir que los beneficios de este proyecto favorecen no solo desde un punto técnico, sino también social y económico, la evaluación económica realizada demostró que se obtienen ahorros en un mediano plazo, tanto en mantenimiento, refacciones como en consumo.

REFERENCIAS

Aranda, I. A. (2005). *Metodología para estimular los potenciales de ahorro de energía eléctrica e impacto de la demanda en edificios no residenciales*. México. Tesis de Licenciatura, ESIMEZ IPN.

Diario oficial de la federación (2014) *ley del servicio público de energía eléctrica.* [en línea]: Obtenido en agosto de 2014 de la dirección: http://www.biblioises.com.ar/contenido/600/622/que-es-la-iluminacion-led.pdf

Harper, E. (2001). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. México. Limusa.

IESNA (2000). IESNA. *Lighting Handbook, Reference and Application.* United States of America, New York, Rea, M. (ed).

Onésimo, B. I. (2002). Instalaciones eléctricas Prácticas. México. Limusa.

Parellada, A. M. (2016). *Ciudades para un futuro más sostenible. Obtenido de ciudades para un futuro más sostenible*. [en línea] Obtenido en julio del 2016 de la dirección: http://www.habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html#29.

Velazco, I. (2009*). Diseño y cálculo de instalaciones eléctricas.* México. Éxodo.

Westinghouse. (1976). *Manual de alumbrado*. Madrid España. Dossat, S.A.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Martín Dario Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN. Doctor en Ciencias graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

María de Jesús Velázquez Vázquez, Licenciada en Economía egresada de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Ciencias en Educación,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-01, pág.: 1 a la 6.

Especialista en Finanzas por la Escuela superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional, Candidata a Doctora en Ciencias de Sistemas por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

Juan Daniel Rivas Martínez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, especialista en manufactura y diseño mecánico, profesor de tiempo completo y exclusivo.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-02, pág.: 1 a la 6.

Generación de energía eléctrica utilizando paneles solares bifaciales orientables

Martín D. Castillo Sánchez, **María de Jesús Velázquez Vázquez, Juan Daniel Rivas Martínez***

RESUMEN

En este trabajo de investigación se desarrolla el cálculo y diseño de una plataforma móvil que sirve para darle movimiento de orientación a paneles solares bifaciales durante el recorrido del sol a través del día, se llevó a cabo el diseño mecánico de la estructura metálica, el movimiento de desplazamiento que realiza el sistema de accionamiento y el control eléctrico se realiza por medio de componentes de máquinas electromagnéticas, electrónicos analógicos y digitales. Se hace la propuesta de los componentes que debe contener un sistema de generación eléctrica fotovoltaica para su buen funcionamiento. La automatización de la plataforma se efectúa por medio un microcontrolador Arduino® con el uso del lenguaje C, en un programa se visualizan las condiciones y los valores de cada sensor y cada módulo que ocupa el sistema de control, el seguimiento solar tiene como referencia el huso horario del territorio indicado.

ABSTRACT

In this research work, the calculation and design of a mobile platform is developed that serves to give orientation movement to bifacial solar panels during the sun's journey through the day, the mechanical design of the metal structure was carried out, the movement displacement carried out by the drive system and electrical control is carried out by means of electromagnetic, analog electronic and digital machine components. The proposal is made of the components that a photovoltaic electricity generation system must contain for its proper functioning. The automation of the platform is carried out by means of an Arduino® microcontroller with the use of the C language, in a program the conditions and values of each sensor and each module that occupies the control system are displayed, the solar tracking has as reference the time zone of the indicated territory.

Palabras claves: Sistema, panel solar, bifacial, irradiación.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de energía eléctrica por medio de un sistema de generación solar fotovoltaica (SGSF) ha crecido gracias a que permite que el usuario utilice este sistema para obtener energía con una planta de generación propia, en base al lugar de instalación se puede utilizar el panel solar mono facial o bifacial. Un complejo solar es una agrupación de paneles solares que está destinada a una gran generación de energía eléctrica, como el objetivo de este tipo de fuente de energía eléctrica requiere aprovechar la mayor radiación de luz solar, se ha implementado el método de seguidor solar para aumentar el porcentaje energético. El objetivo de este trabajo es desarrollar la propuesta de un diseño mecánico y eléctrico de una plataforma móvil que contenga un sistema de generación solar fotovoltaica, haciendo uso de paneles solares bifaciales, aplicado en un balneario, así como la programación de la automatización de posicionamiento de la plataforma durante el día en la zona planeada de instalación. Los sistemas de generación fotovoltaica tienen la función de convertir la energía de luz solar en energía eléctrica, estos sistemas pueden ser de pequeña escala y ser instalados en un inmueble siempre y cuando no tenga incidencia de sombras por algún objeto que exista alrededor, también que se obtenga la mayor captación de energía solar cuando el sol esta parcial o totalmente perpendicular al panel solar.

Los elementos que constituyen estos sistemas son el panel solar, la estructura de aluminio, el cableado fotovoltaico, el inversor de corriente directa (CD) a corriente alterna (CA), protecciones de CD y de CA y la interconexión a la compañía suministradora de energía eléctrica por medio de un medidor bidireccional. El propósito de tener un sistema de generación fotovoltaica es darle la facilidad al usuario de obtener energía eléctrica por medio de dos fuentes, reducir el pago de la energía a la compañía suministradora y descentralizar las fuentes de energía en el país.

En la instalación de paneles solares fijas se ha conseguido el mejor aprovechamiento para la generación de energía por medio de la electrónica de potencia, sin embargo, por medio de un sistema mecánico que permite el movimiento de los paneles que va de este a oeste nos permite tener una mayor captación de energía del sol, ya que la posición de los paneles se va modificando para obtener la mayor cantidad de radiación solar en una posición perpendicular o con una pequeña inclinación de insolación del sol y también al utilizar el panel solar bifacial permite la captación de la radiación difusa e indirecta gracias a su cara posterior.

Las investigaciones para poder generar una cantidad más alta de energía eléctrica por medio de la energía solar han apuntado al uso del PSB, donde ya se han utilizado desde hace 39 años en la Universidad Politécnica de Madrid dedicada al estudio de generación solar fotovoltaica en España, es de admirar que el panel solar bifacial ya tiene un considerable tiempo que se proyectó

* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Academia de Mecánica, Economía, Dr. Martín Castillo S. C. Dr. María de Jesús Velázquez V. Ing. Daniel Rivas. avinfer66@gmail.com

mediante un prototipo y que no se había comercializado hasta hace pocos años, es un claro ejemplo de cómo la curva de costo de la tecnología, en este caso de la generación solar fotovoltaica ha mejorado en estos últimos años de forma rápida, Mompín (1985).

El panel solar es un elemento que capta la onda electromagnética del sol y la convierte en energía eléctrica, pero esta placa se conforma de celdas de células solares de material semiconductor como es el silicio y al añadirle pequeñas proporciones de boro o fosforo se crean 2 zonas en la que a una le falten y en la otra le sobren electrones dentro del cristal, Fernández (2010).

El panel solar bifacial tiene la capacidad de hacer uso de la radiación directa y difusa incidente sobre la radiación del albedo incidente en la cara posterior. Un panel bifacial está fabricado con células bifaciales encapsuladas con material transparente en ambas superficies y es fácilmente aplicable a una instalación en la que se colocan pocos paneles y en la que es posible colocar un entorno de alto albedo, Casa (2017).

El inversor es el elemento de conversión de la energía de corriente directa (CD) que proporciona el SGSF a una alimentación de corriente alterna (CA) hacia lo que es el sistema de actuación eléctrica de la plataforma móvil y la inyección de energía a la red y/o suministrar de energía a la instalación eléctrica del inmueble en el que se instalara, Rashid (2015).

Una plataforma móvil con paneles fotovoltaicos es una instalación de un SGSF montada en una estructura que tiene un movimiento circular con dirección vertical que se coloca en varias posiciones sobre una misma trayectoria en el trascurso del día para poder obtener la radiación aceptable de los rayos del sol, para una generación de energía aceptable, considerando que los rayos del sol estén en un ángulo de inclinación para que su generación sea lo más óptima posible, esta condición se considera para que la plataforma solo tenga la función de posicionarse pocas veces en el día y el consumo de energía del sistema de actuación y de control eléctrico de la plataforma sea muy bajo y no afecte la generación de la energía de los paneles solares. Los sistemas de actuación mecánica por lo general son de materiales metálicos ya que requieren hacer un esfuerzo grande y necesitan que ocupen poco espacio, los movimientos que realizan pueden ser vertical u horizontal, pero para realizar estos trabajos se utilizan maquinas con movimientos circulares, Bolton (2013). El uso de un microcontrolador permite tener un control en un sistema de actuación eléctrica, ya que su sistema es complejo, pero de fácil uso. En este caso se utiliza el microprocesador llamado Arduino®, Reyes (2015). Un sensor de ultrasonidos es un dispositivo para medir distancias. Su funcionamiento se base en el envío de un pulso de alta frecuencia, no audible por el ser humano. Este pulso rebota en los objetos cercanos y es reflejado hacia el sensor, que dispone de un micrófono adecuado para esa frecuencia. Midiendo el tiempo entre pulsos, conociendo la velocidad del sonido, podemos estimar la distancia del objeto contra cuya superficie impacto el impulso de ultrasonido, Martin (2016).

DESARROLLO

DISEÑO DE LA SGSF.

Levantamiento de cargas eléctricas del balneario

El dimensionado del SGSF da comienzo con el levantamiento de cargas de la instalación eléctrica del inmueble en el que se quiere instalar, en la tabla 1, se muestra el cuadro de cargas con el total de energía consumida por día, se debe considerar que solo son 3 días a la semana.

Tabla 1. Cuadro de cargas eléctricas del balneario.

Equipo eléctrico	Potencia Eléctrica	Unidad	Tiempo de uso (h)	3 días a la semana	Energía (Wh/ sem.)
Televisión	350	2	5	15	10 500
Refrigerador	600	2	4	12	14 400
Micro ondas	1200	1	3	9	10 800
Licuadora	180	1	2	6	1 080
Ventilador	80	2	6	18	2 880
Lámpara led	40	6	12	36	8 640
Celular	40	2	3	6	480
Bomba de agua 1.5 HP	1120	2	5	15	33 600
Bomba de agua 0.5 HP	380	2	2	6	4 560
Total					86 920

INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Las coordenadas que se consideran para esta instalación son altitud 18°55'59.4"N

99°29'52.9"W. Para calcular la inclinación se utiliza las ecuaciones 1- 3.

$\beta_{verano} = 18.55° - 23.45° = -4.9°$ (1)

$\beta_{primavera\ y\ otoño} = 18.55° - 0° = 18.55°$ (2)

$\beta_{invierno} = 18.55° - (-23.45°) = 42°$ (3)

Se considera la inclinación de primavera y otoño ideal a 20°, en verano la podremos modificar a 0° y en invierno se tendrán pocas pérdidas por la inclinación.

POTENCIA DEL SGSF

Se calcula la generación diaria con la potencia nominal del PSB propuesto, así sabremos qué cantidad de energía eléctrica se le

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-02, pág.: 1 a la 6.

aporta al balneario por medio del SGSF, la potencia del SGSF se selecciona por medio de la capacidad del número de paneles solares que se pueden instalar en la plataforma, los cuales son cuatro PSB como máximo. Un PSB de la marca JA SOLAR®, JA SOLAR (2012), con la potencia de 380 W en la cara frontal con un factor de bifacialidad de un 70%, es decir, la relación de la eficiencia nominal en la parte posterior, con respecto a la eficiencia nominal de la parte frontal [8]. Considerando que se colocan cuatro PSB en la plataforma móvil se tiene una potencia nominal de 1520 Wh por la cara frontal y una potencia nominal de 1064 Wh por la cara posterior.

RADIACIÓN SOLAR EN LA ZONA

Las horas totales de radiación solar las calculamos mediante a ecuación 4.

Horas de radiación total = 6.2 hr pico x 1.27 x 1.2= 9.4 horas de radiación (4)

Lo que indica el total de horas pico que pueden tener el SGSF en esa ubicación, el cálculo anterior muestra que la generación podría empezar desde las 8 horas hasta las 17 horas del día. El horario que se contempla utilizar para la plataforma móvil es el calculado con las ecuaciones 5,6.

$Generacion\ de\ la\ cara\ frontal$ = 380 wh * 4 $paneles$ * 7 $hpico$ = 10640 w$atts/dia$ (5)

$Generacion\ de\ la\ cara\ posterior$ = 266 wh * 4 $paneles$ * 2 $hpico$ = 2130 w$atts/dia$ (6)

Generación promedio de energía al día = 10,640 + 2,130 = 12970 Wh / día

Generación promedio de energía a la semana = 90790 Wh / semana.

Generación vs consumo = 90790/86920 =1.044 %

Lo que significa que la generación va a ser mayor al consumo, así logrando que en el recibo de energía de CFE no haya cobro a menos que no haya generación.

DIMENSIONADO DEL CABLEADO Y PROTECCIÓN DE SOBRECARGA

Por medio de la potencia generada al día por los PSB y con ayuda de su ficha técnica se calcula la corriente total en el cableado y las protecciones para el sistema de los paneles solares. En seguida se selecciona el cableado para el SGEF con la corriente de corto circuito del PSB, al ser una instalación en intemperie se debe hacer una corrección de la corriente nominal con el factor de temperatura y el factor de agrupación y con la ecuación 7.

$Icorregida$ = 10.05 A 0.91*1 = 11.05A (7)

El factor de temperatura es de 0.91 y el número de conductores que portan corriente son 3, su factor de agrupación es 1. Para el cálculo de las protecciones se tiene que apreciar una elevación de la corriente nominal del 125% al 150%.

I protección => 1.25 x 11.05A< I protección < 1.5 x 11.05A

I protección => 13.8 A< 15A < 16.5A

Para el cableado del inversor al centro de carga se considera la corriente máxima de salida del inversor que indica su ficha técnica = 10.5 A.

Comparando la corriente que entrega el generador al inversor, se considera que la capacidad de los interruptores termomagnéticos que se colocan del inversor al centro de carga será de 15 A. Para que en el cableado no existan perdidas grandes por caída de tensión (cdt) se considera un 1.5% para la caída permitida, como el tramo del inversor al centro de carga es el más largo, se calculó la cdt del lado de la corriente alterna con la fórmula 10.

$$S = 200*0.02*15*15*0.8/120V*1.5 = 4mm^2 \quad (10)$$

Según la NOM-001-SEDE-2012 [9], se indica que el cable permitido es el del calibre 10 AWG con una sección transversal de 5.26 mm^2, para comprobar que la caída de tensión con la sección transversal de este conductor si es menor a 1.5% se aplica el siguiente calculo, con la ecuación 11.

$$\Delta V = 200*0.02*15*0.8 / 120*5.26 = 1.14\ \% \quad (11)$$

Para el tramo del generador al inversor también se considera una caída de tensión del 1.5% permitido, por lo cual se considera el conductor de calibre 10 AWG, por motivos económicos se elige el mismo conductor, comprobando si la cdt es menor al 1.5%, calculando cdt que se genera considerando los 90 vcd de arranque que necesita el inversor central, ecuación 12.

$$\Delta V = 200*0.025*5*15 / 90V*5.26 \quad (12)$$

Ya considerando todos los parámetros de la instalación SGSF, se establecen los componentes que se utilizaran para realizar el SGSF que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Elementos del SGSF

Componente	Cantidad	Característica
Panel Bifacial solar	4	440 w
Inversor central de CD-CA	1	2000 w
Interruptor	1	15 A

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-02, pág.: 1 a la 6.

de CD		
Interruptor de CA	2	15 A
Cable 10 AWG-THW	40 m	40 A
Tubería Liquid tight	40 m	¾ pulgada sección transversal
Abrazadera tipo uña	10	¾ pulgada Sección Transversal
Conectores Liquid tight	4	¾ pulgada sección transversal

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

El diseño que se proyecta cumple con la función de hacer un movimiento circular para posicionar un arreglo de paneles solares, en un cierto ángulo que permita la generación de energía eléctrica, para tener la mayor eficiencia de la irradiación solar.

BRAZO MECÁNICO

El brazo mecánico tiene la función de hacer un movimiento circular, es lo que hace el trabajo mecánico y es donde se concentran algunos elementos de control.

- *Reductor de velocidad:* su función es reducir la velocidad del motor eléctrico por medio de un tren de engranes con una relación de 100 a 1 [22], se tiene como resultado una velocidad de salida de 17.5 revoluciones por minuto (RPM).
- *Eje del brazo:* su función es ser el eje del brazo mecánico, en el eje se colocará el reductor de velocidad, una brida con electroimanes, una brida de bloqueo de movimiento, los brazos metálicos y las chumaceras, se utilizará una varilla lisa
- de acero de ½ pulgada con una longitud de 220cm.
- *Brazos mecánicos:* su función es sostener el marco donde se colocan los paneles solares, en un brazo lleva dos bisagras y en el otro un husillo, se utilizan perfiles tubulares rectangulares (PTR) [23], de acero al carbón con una medida
- de 2.5cm x 2.5cm de calibre 12.
- *Brida con electroimanes:* la brida sirve para poder colocar electroimanes, los cuales por medio de un sensor magnético detectan el paso por un barreno y que el perno se coloque el en barreno seleccionado, es de las mismas dimensiones que la brida de bloqueo mecánico con excepción que es de plástico para no tener una disminución de la intensidad del campo magnético.

DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y SU PROGRAMACIÓN

El control para este sistema se diseñó para accionar el motor que va a desplazar al brazo mecánico de un ángulo a otro tomando como referencia el huso horario de la localidad, activando un electroimán que contrae el perno de bloqueo y energizando los electroimanes que se usan como referencias para detectar el barreno de la brida por medio de un microcontrolador Arduino® y un dispositivo electrónico que funciona como reloj de tiempo real (RTR) en el que se programa el horario de la localidad. Cuenta con sensores ultrasónicos de proximidad, ya que la plataforma se posicionará a una altura de 300 cm, en el caso de que un vehículo con una altura de 280 cm o mayor altura necesite transitar por el área que ocupa la plataforma móvil, pueda detectarlo y la plataforma pueda levantarse hacia la posición de 70° para evitar una colisión entre el vehículo y la plataforma.

PROGRAMACIÓN DE CONTROL DE LA PLATAFORMA

Este programa tiene como base el lenguaje C, donde se manejan salidas y entradas analógicas y digitales en el microcontrolador, cuenta con bibliotecas que son necesarias para hacer uso del módulo RTR.

DIAGRAMA ELÉCTRICO TOTAL DEL SISTEMA

En la figura 3 se muestra el diagrama eléctrico simplificado donde se observa cómo se complementa todo el sistema eléctrico de la plataforma móvil, del SGEF y de la interconexión a la red de la compañía suministradora.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Posición de la plataforma móvil

- Primera posición: de las 8 horas con 30 min a las 10 horas con 30 min posicionada en el ángulo de 70°, quedando la cara posterior del PSB hacia la radiación directa del amanecer.
- Segunda posición: usando las 6 horas pico como referencia de las 10 horas con 30 min a las 16 horas con 30 min donde estará a un ángulo de 180°.
- Tercera posición: de las 16 horas con 30 min a las 18 horas con 30 minutos donde quedará a un ángulo de 150° para que a las 20 horas regresé a su posición inicial de 70°.

INCLINACIÓN DE LA PLATAFORMA MÓVIL

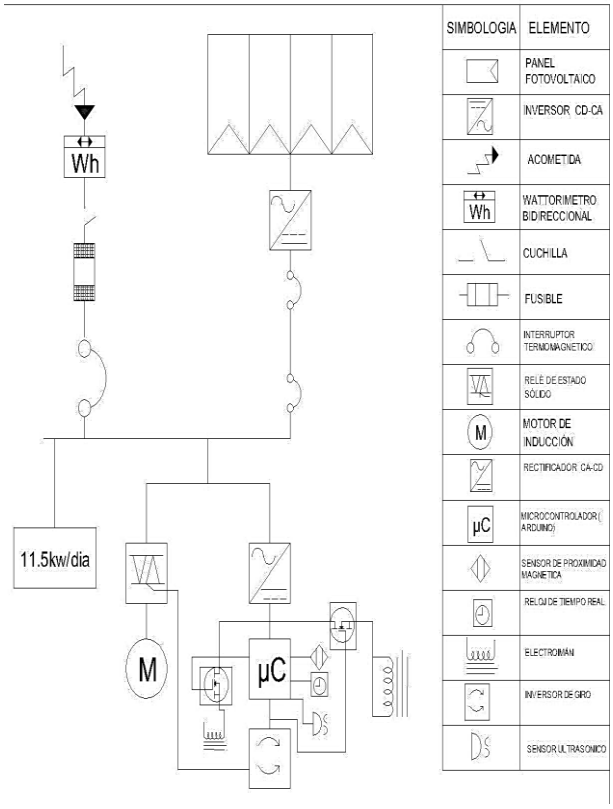
La inclinación de la plataforma se hace por medio del husillo consiguiendo 8° de inclinación por los siguientes motivos:

- Si los paneles estuvieran inclinados a 20° aumentaría la altura de los paneles y podría colisionar con el techo de la palapa.
- Se corre el riesgo de la entrada de vientos que podrían causar más vibraciones y con esto generar una variación en la calibración de los elementos mecánicos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-02, pág.: 1 a la 6.

- Los sensores y la plataforma tendrían un área más crítica de desplazamiento, donde la plataforma se encontraría más cerca del suelo y los sensores tienden a accionar a diferentes distancias de detección.
- El husillo tendría un largo 140 cm. lo que causaría que quedara más cerca del suelo cuando este con una inclinación de 0°

Figura 3. Diagrama unifilar eléctrico del sistema de SGSF, control de la plataforma móvil, interconexión de la red a la compañía suministradora



CONCLUSIONES

Se logró el objetivo del diseño de la plataforma móvil constituida por un sistema mecánico, un sistema de control electrónico para su automatización y un sistema de accionamiento de los elementos de fuerza.

La inclinación de los PSB nos da una ventaja al disminuir la rapidez de movimiento permitiendo que el sistema de control actúe más rápido.

La factibilidad de utilizar PSB se demuestra en el proyecto al hacer el uso de la plataforma móvil como un instrumento que permite ayudar a obtener mayor generación de energía eléctrica durante un intervalo de tiempo mayor y al mismo tiempo proporcionar sombra en el área que cubren.

El sistema de actuación mecánica se calculó para que se mueva de manera suave y lenta la plataforma, esto ayuda a que los sensores tengan más tiempo de respuesta en el accionamiento para el sistema de actuación eléctrica.

El programa para el control de la plataforma demostró ser funcional ya que funcionan de forma concisa y simultanea los componentes del sistema de actuación de la plataforma móvil.

REFERENCIAS

Bolton, William, (2013). Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. Un enfoque multidisciplinario, México, Alfaomega. (pp. 188 y 196).

Casa Miquel, Barrio Mónica. (2017). Instalaciones solares fotovoltaicas. México, Alfaomega. (pp. 12,82 y 89).

Fernández Salgado José Ma. (2010). Compendio de energía solar fotovoltaica, térmica y termoeléctrica, Madrid, AMV ediciones (pp. 2780 y 280).

JA SOLAR. Datasheet bifacial modules Rev. (2019), [En línea]: http://www.jasolar.com/uploadfile/2019/0812/20190812040309404.pdf

Martin Lacasta Lourdes. (2016). Luis Llamas Ingeniería, informática y diseño. España. [En línea]: https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/

Mompín Poblet José, (1985). Energía solar fotovoltaica, Barcelona, España. Marcombo, S.A., (pp. 76 y 106).

NOM-001-SEDE-2012, art. 310, Norma Oficial Mexicana.

Rashid Muhammad H. (2015). Electrónica de potencia, México, Pearson educación, (p. 283).

Reyes Cortés, Fernando; Cid Monjaraz, Jaime, (2015). Arduino®. Aplicaciones en Robótica, mecatrónica e Ingenierías, México, Alfaomega.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Martín Dario Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN. Doctor en Ciencias graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

María de Jesús Velázquez Vázquez, Licenciada en Economía egresada de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Ciencias en Educación, Especialista en Finanzas por la Escuela superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional, Candidata a Doctora en Ciencias de Sistemas por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IB-02, pág.: 1 a la 6.

Juan Daniel Rivas Martínez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, especialista en manufactura y diseño mecánico, profesor de tiempo completo y exclusivo.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

Gestión de un sistema de riego casero mediante un sistema experto

Miguel Borboya Melchor*, David Tinoco Varela, Fernando Gudiño Peñaloza

RESUMEN

Durante los últimos años, diferentes zonas del Valle de México han sido propensas a sufrir sequía a nivel relativamente alarmante. Esto afecta al estilo de vida de la población, pues además de las razones obvias, dado su estado de urbanización parcial es usual que aún se implementen prácticas agricultoras a menor escala. A manera de continuar con las mismas, se pensó en una solución probada: aprovechar el agua de lluvia para riego. Sin embargo, no se trata de un método estable, dado lo voluble que es la condición climática y la cantidad en litros que se pueda aprovechar. El reto entonces pasa a manos de la inteligencia artificial, concretamente a la rama de los sistemas expertos, software que emula a la capacidad humana de razonamiento y mejoría de la productividad, muy útil si se le pone al frente de un sistema de riego. Este SE en particular está pensado para trabajar mediante consulta web del pronóstico del clima, y usando parámetros como la humedad del suelo o cantidad de precipitación en la toma de decisiones, a fin de optimizar la distribución del agua en momentos y cantidades precisas.

ABSTRACT

During recent years, different areas of the Valley of Mexico have been prone to drought at a relatively alarming level. This affects the lifestyle of the population because, in addition to the obvious reasons, given its condition of partial urbanization, it is common for agricultural practices to still be implemented on a smaller scale. In order to continue with them, a proven solution was thought of: taking advantage of rainwater for irrigation. However, it is not a stable method, given how fickle the climatic condition is, and the amount in liters that can be used. The challenge then passes into the hands of artificial intelligence, specifically to the branch of Expert Systems, software that emulates the human capacity for reasoning and improving productivity, very useful if it is put in charge of an irrigation system. This particular ES is designed to work through web consultation of the climate forecast, and using parameters such as soil humidity or amount of precipitation in decision making, in order to optimize the distribution of water at precise times and quantities.

Palabras claves: Sistema Basado en Reglas, tesis, trabajo en proceso, Python, Arduino, Web Services.

INTRODUCCIÓN

La idea fundamental del proyecto es diseñar y construir un artefacto capaz de regar pequeñas zonas de cultivo caseras, compuesto por sensores de humedad de suelo y temperatura, una etapa de control vía computadora con acceso a internet, y un módulo de riego, y al igual que otros similares, estar pensado para hacer su trabajo de acuerdo con una programación horaria fija (de una o más horas), tal como se observa en la figura 1.

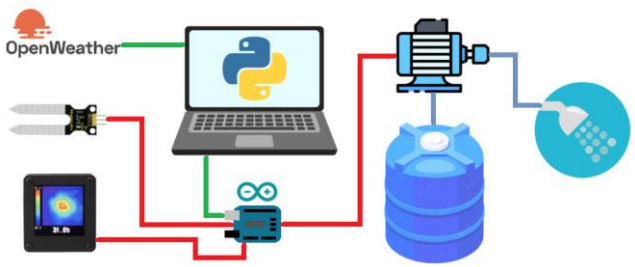


Figura 1.- Representación esquemática de la idea base del sistema

Entrando en detalle, y tal como se aprecia, se eligió a Python como el lenguaje de programación del sistema por su adaptabilidad: dentro del código, ya sea de forma nativa o mediante la instalación de complementos, es posible controlar funciones como la solicitud de información a APIs, o la comunicación con la tarjeta Arduino Uno, misma que fue elegida como la interfaz de entrada y salida para los sensores y el módulo de riego.

ANTECEDENTES

Si bien la propuesta pudiera no parecer tan novedosa, al voltear a ver las opciones comerciales, es notoria la diferencia de condiciones, así como las limitantes. En los sistemas estándar de riego automático, se da por hecho que el abastecimiento es ilimitado, además que proviene de la red pública.

El principio que dio origen al proyecto, y que al mismo tiempo es la clave de su funcionamiento, consiste en posicionar al sistema en un ciclo constante de vaciado y llenado de una reserva de agua, que se logra eligiendo un periodo de tiempo que alterne entre sequía y precipitaciones, de forma que la hidratación del cultivo se mantenga constante y óptima. En la figura 2 podemos ver la distribución de sequias en el país y visualizar la necesidad de un sistema de este tipo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

Una buena manera de estimar dicho periodo es estudiar el comportamiento de ambos aspectos, y si bien se puede lograr de forma empírica, herramientas como las que ofrece la página del Servicio Meteorológico Nacional son de gran ayuda, ya que de manera quincenal brindan información completa, gratuita y, de ser necesario, actualizada o de archivo.

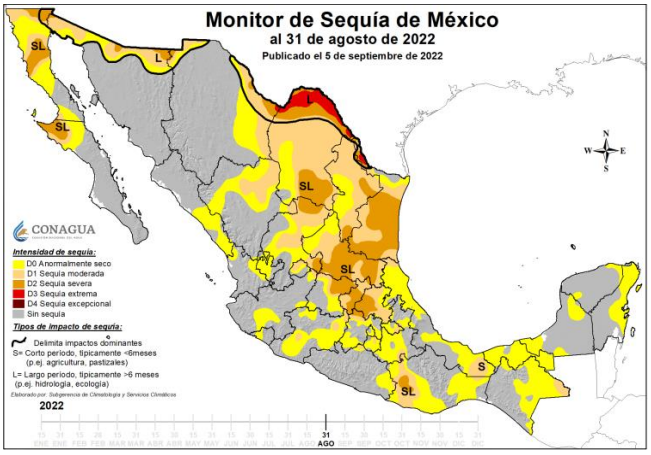


Figura 2.- Áreas de sequía en las Entidades Federativas. Mapa de ejemplo extraído del MSM (SMN)

Ahora bien, considerando la baja escala, de momento la cantidad de la reserva no es algo que requiera estimaciones en cuanto a precipitación, pues la idea de partida es elegir una planta que no necesite de mucha agua. La seleccionada entonces se trata de una *Mandevilla sanderi*, o simplemente conocida como dipladenia.

Esta especie resulta ideal en materia de requisitos, ya que se trata de una planta cuyo ambiente es bajo la luz del sol, que requiere de poco riego (una vez diario o cada tercer día) y prescinde del mismo cada que la lluvia se encarga de hidratarla. Todo ello facilitando tanto la implementación y prueba del sistema, como el análisis de su comportamiento y resultados.

Adelantando un poco el desarrollo, un aspecto más a destacar es que el ejemplar de prueba fue adquirido en un negocio local, asegurando no solo que ya está adaptada al ambiente, sino que se recibieron instrucciones comprobadas de su cuidado de primera mano. La recomendación es regar la dipladenia en uno de dos horarios, ya sea en la mañana, antes de que el sol salga (8:00 AM) o en la tarde antes de que se ponga (6:30 PM).

Esta información es apoyada por expertos en cultivos de patio, quienes afirman que, si se opta por regar a medio día, cuando el sol está a pleno, no solo implicaría un mayor consumo hídrico, sino que se corre el riesgo de quemar la plantas por el efecto lupa entre el agua y el rayo del sol. Regar a las horas recomendadas, sobre todo en la mañana, permite que la planta toma el agua que necesita y el resto se evapore rápidamente, evitando formación de hongos. Además, es importante mantener a la planta con al menos algo de humedad, es decir, que nunca esté totalmente seca, pues de ser el caso moriría.

Para este punto se tiene una idea global clara de la forma de interactuar que tendrá el sistema, pero antes de entrar de lleno con el mismo, es necesario recordar algunos conceptos clave.

Por definición, la inteligencia artificial (IA) es capaz de emular las funciones del cerebro humano, propiedad que hereda a los Sistemas Expertos, su subconjunto. Concretamente, un SE reproduce el proceso intelectual para resolver algún problema particular, y de este modo mejorar la productividad.

Como es sabido, las dos partes elementales de un SE, ver figura 3, desde su concepción a partir de los Sistemas Basados en Reglas, son la base de conocimiento y el motor de inferencia encargado de usarla, que se traduce en reglas de tipo “si, entonces”.

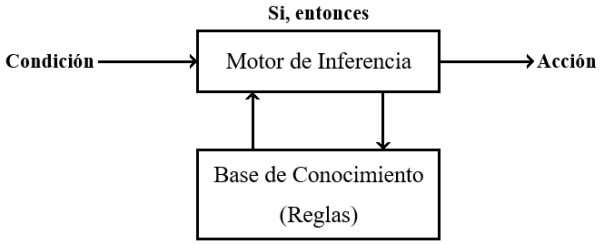


Figura 3.- Funcionamiento más esencial de un Sistema Experto Basado en Reglas

Teniendo todos los conceptos base establecidos, se puede proceder a la construcción.

FUNCIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN

Aplicado a los sistemas de riego, el algoritmo del Sistema Experto debe responder a dos cuestiones básicas: cuando regar y cuánta agua aplicar. Por ende, es clave identificar los posibles “si, entonces” para establecer las reglas. En cuanto a la salida del sistema, se considera a partir del control de riego por tiempo.

Definiendo las entradas, se consideran 3 variables dentro del esquema, dos de ellas se obtienen a partir de lectura directa, con los sensores SEN0193 (humedad de suelo capacitivo) y DHT11 (temperatura digital). Dos piezas por cada uno son suficientes, para tener dos lecturas (complementarias entre sí) que den información suficiente acerca de las condiciones de la planta que, oportuno aclarar, se encuentra en una maceta individual.

En cuanto a la tercer variable, el pronóstico de lluvia, se hace uso de la API climática de OpenWeatherMap. Por principio, una Interfaz de Programación de Aplicaciones (por sus siglas en inglés) se trata de un conjunto de definiciones y protocolos que permiten

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

la flexible adición de funciones de la nube a software programado en cualquier lenguaje o interfaz. En este caso, con previo registro en la página de este servicio, y bajo sus parámetros, el código de Python realiza una solicitud de la información meteorológica en tiempo real, y la API le devuelve datos que puede almacenar y reutilizar.

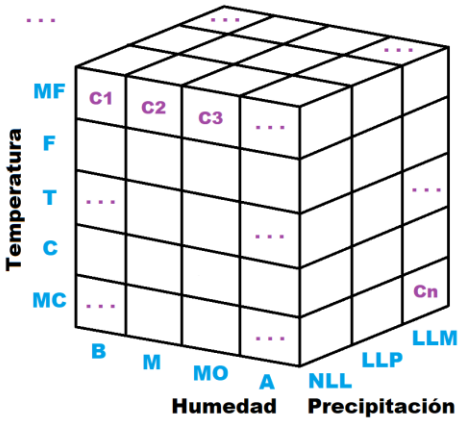


Figura 4.- Representación de las Reglas del Sistema

La figura 4 muestra a las 3 variables del SE en un formato inspirado en los hipercubos, delimitando a cada una de ellas en rangos de valores que posteriormente se etiquetan para su análisis por parte de la máquina de inferencia. Su nomenclatura se explica en la siguiente tabla. Cabe aclarar que el Sistema Experto es sólo un módulo operacional dentro del código en Python, otras partes del mismo cuentan con otras funciones.

Tabla 1.- Nomenclatura y rango de valores para las variables de entrada del Sistema Experto

Variable y unidad	Categoría	Etiqueta	Valor inicial	Valor final
Temperatura [°C]	Muy Fría	MF	-5	0
	Fría	F	0	10
	Tibia	T	10	20
	Caliente	C	20	30
	Muy Caliente	MC	30	40
Humedad [%]	Baja	B	0	25
	Media	M	25	40
	Moderada	MO	40	70
	Alta	A	70	100
Prob. de Precipitación [%]	No Llueve	NLL	0	50
	Llueve Poco	LLP	50	70
	Llueve Mucho	LLM	70	100

Hay que tener en consideración ciertas excepciones al momento de crear el algoritmo. No todos los casos planteados son realmente probables en la práctica, por ejemplo, cuando la temperatura es categoría MC (algo posible únicamente si de forma descuidada se deja a la planta bajo el pleno rayo del sol), entonces se pueden descartar los casos con este valor. Al final del análisis a fondo, resulta que es posible reducir 60 reglas hipotéticas a 20 aplicables, dejando al resto como casos de “no riego” o salida inactiva.

Ahora, enfocando la atención en la salida para las 20 reglas, al cuidar de la planta de prueba por cuenta propia, se pudo determinar que su necesidad de agua es de aprox. 1 litro por riego. La bomba de agua empleada en el proyecto, al ser regulable, fue calibrada para expulsar de forma estable 3 litros por minuto, lo que nos dice a su vez que, para regar el agua necesaria, el sistema necesita establecer como salida un tiempo de 20 segundos. Dicho tiempo se trata del mayor posible, siendo reducido para casos que no requieran de tal cantidad de agua (debido a su porcentaje de humedad, por ejemplo). Todas estas consideraciones se ven reflejadas en la tabla 1.

Con respecto a la tarjeta Arduino usada como interfaz, su código esta diseñado para simular la ejecución de múltiples procesos simultáneos, para así encargarse tanto de leer los datos de los sensores, como de enviarlos a través del puerto serie a Python, y esperar la respuesta que éste le indique en términos de tiempo.

Físicamente, al ocurrir el último paso mencionado, se da señal de encendido a la bomba, y de apertura a una electroválvula instalada en serie por seguridad (al estar normalmente cerrada se evita la pérdida de líquido por efecto sifón), y el agua fluye directamente hacia una manguera preparada como aspersor, ver figura 5, que rodea a la maceta de la planta y se encuentra sellada en uno de sus extremos, con perforaciones para la salida del líquido.

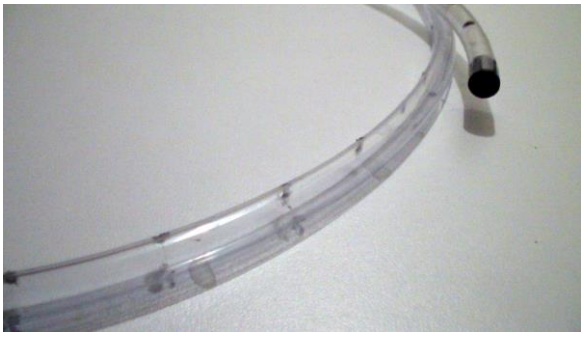


Figura 5.- Aspersor casero

El último elemento presente en el circuito del sistema, con inferencia directa en la programación, es el sensor ultrasónico HC-SR04, empleado para monitorear la capacidad porcentual de una pequeña reserva de agua, mediante la medición de la distancia con respecto al borde del líquido (las ondas que emite el dispositivo se reflejan gracias a la tensión superficial). Dicha reserva tiene 6.8 litros de capacidad, suficiente para soportar hasta 6 días de riego en un caso de sequía prolongada.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

Volviendo al enfoque general, el ciclo completo de operación comienza al activarse el sistema por programación horaria, y tras verificar que la reserva de agua es suficiente para el riego actual, se inicializa al motor de inferencia para que evalué los valores previamente clasificados de probabilidad de lluvia, temperatura y humedad, y en caso de corresponder con alguna de las 20 reglas de la base de conocimiento, cargar un valor de tiempo en la variable de salida, misma que el módulo de riego durará expulsando agua. La interfaz de Python notifica en pantalla los pasos del proceso en tiempo real, incluyendo los casos que no correspondan a ninguna regla, así como en los que es necesario la intervención de la mano humana para recuperar una planta en evidente mal estado.

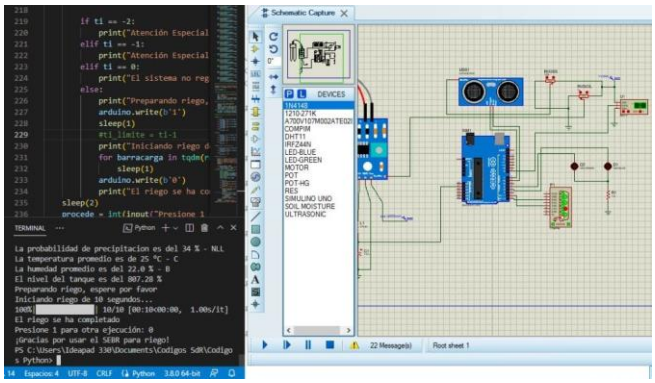


Figura 6.- Simulación del Sistema en Proteus, e Interfaz visual en Python

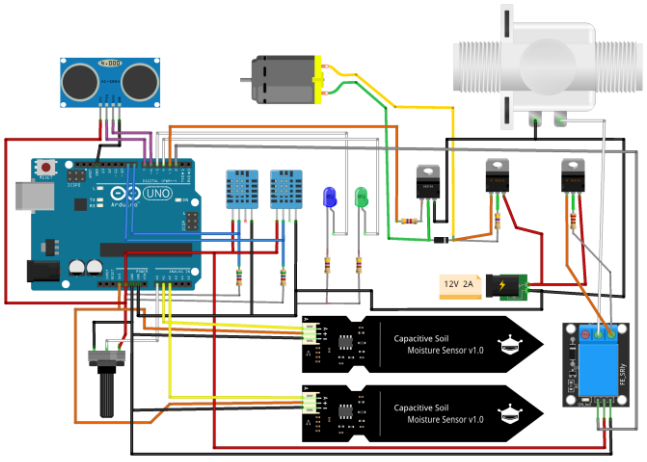


Figura 7.- Esquemático electrónico del sistema de riego

Como se puede apreciar en el diagrama de la figura 7, aunque no hayan sido mencionados, se incluyen en el circuito componentes necesarios para el correcto funcionamiento de cada etapa, tales como un relay de 5V, una fuente de alimentación conmutada de 12V, e incluso un par de leds indicadores. El potenciómetro que se puede apreciar en el diagrama, pese a ser el elemento que regula el flujo de la bomba de agua, se encuentra deshabilitado durante la ejecución del sistema, únicamente se emplea en la calibración inicial. Esto se hace con el fin de no perder de vista el concepto del control por tiempo. Si se manipula el flujo, aumentaría la complejidad por la necesitad de realimentar el proceso, para recalcular el tiempo y que la cantidad de agua sea la correcta. De momento, esa cualidad no ha sido añadida, únicamente considerada.

Habiendo hecho pruebas en simulador, tal como se aprecia en la figura 6, y corroborando el correcto funcionamiento del Sistema, se ensambló el circuito en tabletas de prueba para su ejecución. Debido a que hay componentes que no se pueden dejar a la intemperie con la planta, incluyendo a la computadora de control, se dividió al circuito en dos partes, para tener en exteriores lo mínimo necesario. Ambas partes se encuentran interconectadas mediante dos pares de cables UTP, con 15 vías conectadas, pensadas para convertirse a futuro en conectores de 15 pines, tal como se observa en la figura 8. Dando como resultado el prototipo de la figura 9

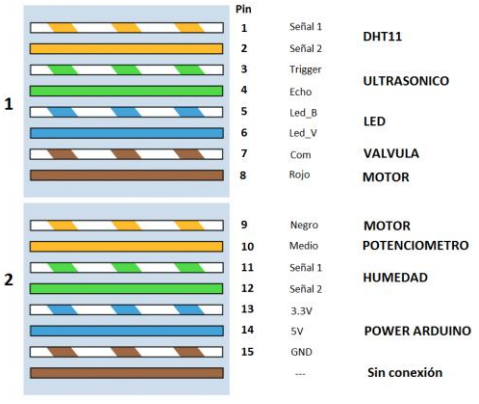


Figura 8.- Cables UTP de interconexión, con su respectivo código de color para el elemento correspondiente



Figura 9.- Sistema implementado (mitad para exteriores) con ejemplar en maceta de una *Mandevilla sanderi*

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras la primera y exitosa ejecución, se pudo comprobar que el sistema, a grandes rasgos, se comporta de acuerdo a lo esperado. Entrando en detalles por afinar, en materia de tiempos, existen retrasos que afectan levemente la sincronía, imperceptibles durante la simulación, pero esto puede deberse a la capacidad del equipo de prueba. Esto se soluciona corrigiendo su valor en la programación.

Otros valores que necesitan un ligero ajuste son los datos analógicos de los sensores, dentro del código de Arduino, con fines de aumentar la precisión. A esto se podría deber una diferencia de casi 10% entre las lecturas de los sensores de humedad. El aspersor casero resultó ser eficiente, al igual que la posición de los sensores pues no resultaron afectados por el líquido. De igual modo, algo de protección antihumedad no sobraría para futuras pruebas.

Importante resaltar que la electroválvula empleada es de la medida incorrecta, por lo que se adaptaron coples de PVC para no descartarla, algo que resultó contraproducente pues una corriente parásita de agua estuvo cerca de alcanzar una de las tabletas de conexión y comprometerla. Por fortuna, se detuvo a tiempo y el circuito no sufrió daño, por lo que para pruebas futuras sería prudente adquirir la válvula de la medida correcta.

Lo aprovechable de este incidente es la nueva necesitad de proteger la circuitería contra la humedad, por lo que, para pruebas futuras, y en miras de crear un aparato más en forma, ambas mitades del circuito se trasladarán a placas de circuito impreso, protegidas por carcasas modeladas y posiblemente fabricadas bajo la técnica de la impresión 3D, como se puede observar en las figuras 11, 12 y 13.

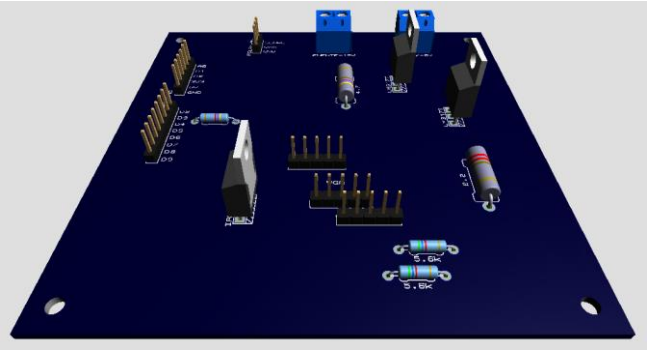


Figura 10.- Diseño de PCB para los componentes electrónicos de interior (enlazados a la computadora de control y el Arduino de intercomunicación)

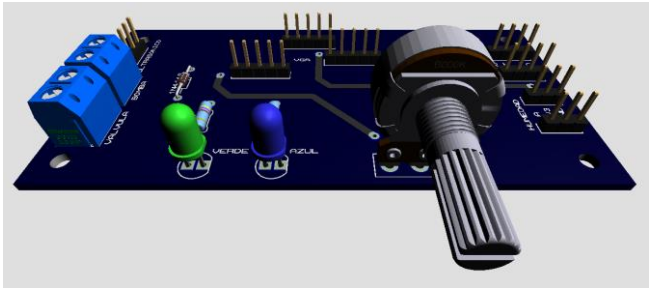


Figura 12.- Diseño de PCB para los componentes electrónicos de exterior (enlazados a los sensores y el módulo de riego)

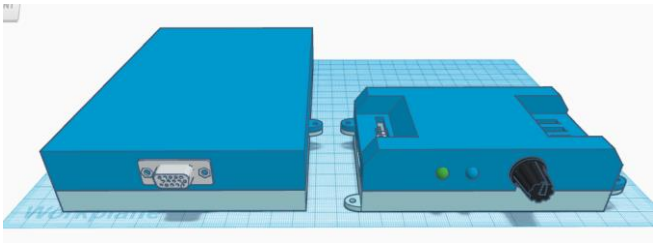


Figura 13.- Carcasas protectoras diseñadas en Tinkercad (herramienta en línea de Autodesk)

CONCLUSIONES

A fin de aprovechar las precipitaciones por temporada, y contemplando las cada vez más frecuentes sequías, la idea de acumular agua de lluvia para el riego de plantaciones caseras es una opción viable. El conocimiento que se tiene sobre las necesidades de agua de las especies más comunes puede ser moldeado y adaptado a un sistema flexible que se encargue por su cuenta del riego de plantas en maceta y/o cortas áreas. En ese sentido, es completamente personalizable.

En términos de costo, la circuitería es económica en comparación a las opciones comerciales, y al menos a pequeña escala, no requiere de trabajo de jardinería para la instalación del mecanismo de aspersión del agua. Por su parte, el código en Python puede ser ejecutado desde computadoras con características limitadas, por lo que se contribuye indirectamente al reciclaje o reutilización de equipos obsoletos.

Para finalizar, al hacer uso de herramientas en la nube, se contribuye al desarrollo e integración de las nuevas tecnologías en la vida diaria, cumpliendo con su propósito de contribuir en las actividades diarias, agilizando la productividad.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-02, pág.: 1 a la 6.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Baradó, S., Ibañez, L. J., & Agüero, M. J. (2013). Sistemas Expertos. Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. Ciencia y Tecnología, 13, 349–364. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4843871

Monitor de Sequía en México. (s. f.). CONAGUA. Recuperado 30 de julio de 2022, de https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

¿Qué es una API y cómo funciona? (2023, 20 enero). Red Hat. Recuperado 20 de abril de 2023, de https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces

Sader, M. (2022, 2 enero). Cómo regar las plantas: Aprende a hacerlo como un experto. Revista AD. Recuperado 4 de diciembre de 2022, de https://www.revistaad.es/decoracion/jardines-y-plantas/articulos/seca-demasiado-mojada-manual-experto-para-aprender-regar/27155

Sistemas de control de riego. (2018, 18 enero). Revista InfoAgro México. Recuperado 25 de julio de 2022, de https://mexico.infoagro.com/sistemas-de-control-de-riego/

Vázquez Muñoz, F. I. [Fer I. (2022, 12 enero). SISTEMA DE RIEGO CON ARDUINO UNO [Vídeo]. YouTube. Recuperado 7 de agosto de 2022, de https://www.youtube.com/watch?v=IF9qlw6TVJI

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Miguel Borboya Melchor: Estudiante en proceso de titulación de la licenciatura de Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM.

David Tinoco Varela: Ingeniero mecánico eléctrico por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, Maestro y Doctor en ciencias computacionales por la UNAM. Actualmente es profesor de la FES-Cuautitlán UNAM.

Fernando Gudiño Peñaloza: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Ciencias de la Computación orientación Inteligencia Artificial egresado del Tecnológico de Monterrey. Doctor en Ciencias Computacionales egresado del Tecnológico de Monterrey

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-03, pág.: 1 a la 4.

Diseño de una alarma de gases medicinales

Eduardo Martínez Montiel, **Rogelio Manuel Higuera González y Víctor Alfredo González Morales**

RESUMEN

Debido a su uso en la atención y terapia respiratoria, la identificación de gases medicinales ha sido crucial para los hospitales en los últimos diez años. Estos gases se utilizan en aplicaciones médicas para prevenir, diagnosticar, tratar y aliviar o curar enfermedades, lesiones o dolencias. Por lo tanto, están ganando importancia en los hospitales. Estos gases deben estar bajo una regulación muy rigurosa para garantizar la mayor seguridad. Para proporcionar una terapia adecuada, el hospital debe tener una red de gases medicinales, ya que no se puede operar sin un sistema que controle y suministre los gases.
El sistema propuesto sensa la presión del gas medicinal mediante un sensor de presión SKU 11479118 que transmite señales analógicas a un microcontrolador ESP32. El protocolo serial y dos circuitos integrados MAX232 permiten la comunicación del ESP32 (esclavo) con un microcontrolador maestro (ESP32). El ESP32 maestro envía datos a una OLED, que muestra el voltaje y la presión registrados por el sensor. El sistema también cuenta con alarmas visuales y sonoras para avisar de una sobrepresión. Una aplicación web basada en Node-RED muestra la lectura del convertidor, el voltaje y la presión del sensor.

ABSTRACT

Due to their use in respiratory care and therapy, the identification of medical gases has been crucial for hospitals over the last ten years. These gases are used in medical applications to prevent, diagnose, treat and alleviate or cure diseases, injuries or ailments. Therefore, they are gaining importance in hospitals. These gases must be under very stringent regulation to ensure the utmost safety. To provide adequate therapy, the hospital must have a network of medical gases, as it cannot operate without a system to control and supply the gases.
The proposed system includes a pressure sensor SKU 11479118 that transmits analog signals to an ESP32 microcontroller. The serial protocol and two MAX232 integrated circuits allow the ESP32 (slave) to communicate with a master microcontroller (ESP32). The ESP32 master sends data to an OLED, which displays the voltage and pressure recorded by the sensor. The system also has visual and audible alarms to warn of overpressure. A Node-RED-based web application displays the converter reading, voltage and sensor pressure.

Palabras claves: Alarma de gases, Node-RED, ESP32, Gases medicinales.

INTRODUCCIÓN

Dado que se emplean en varios servicios de la clínica y son considerados medicamentos, la utilización habitual de gases medicinales es esencial en la rutina de una entidad de salud. Esto hace que la utilización de gases sea importante para el paciente en función de las distintas patologías que pueda presentar. Está compuesto por un sistema de ventilación que permite una atención mejorada a los pacientes. Las aplicaciones varían según el síntoma y el gas utilizado. Los gases esenciales de un hospital incluyen aire medicinal, oxígeno (O2), helio (He), dióxido de carbono (CO2), óxido nitroso (N2O), nitrógeno (N2) y monóxido de nitrógeno (NO).
En los últimos diez años, los sistemas de alarmas de gases medicinales han sido cruciales porque monitorean el flujo y la presión de varios tipos de gases para evitar fugas y otros problemas. Las alarmas de gases medicinales tienen las siguientes características:

- Alertan sobre fugas y baja o alta presión para mantenimiento preventivo.
- Permite la visualización de varios tipos de gases farmacéuticos.
- Incluye indicadores de sonido y visual para una variedad de propósitos.
- Pueden ser conectados a otros sistemas de alarmas.
- Monitoreo de gases medicinales en tiempo real.
- Valores analógicos y alarmas.

Es determinante diseñar e implementar sistemas de detección de gases, en el sector salud es de suma importancia tener el monitoreo continuo, ya que en la mayoría de gases son inodoros e inflamables, es por ello que la conexión a internet facilita el seguimiento continuo de presión de los diversos gases.

*Tecnológico Nacional de México campus Ixtapaluca, Departamento de ingeniería electrónica y biomédica, rogelio.hg1@ixtapaluca.tecnm.mx. Maestro en ciencias.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-03, pág.: 1 a la 4.

ANTECEDENTES

Una alarma de gases medicinales monitorea el flujo de gases medicinales a través de un microprocesador o sistema embebido. Según los parámetros establecidos, pueden detectar irregularidades de baja o alta presión.

Hay varios sistemas disponibles en el mercado para monitorear el flujo de gases medicinales. La empresa ARIGMEN se dedica a diseñar, desarrollar, fabricar e implementar equipos especializados en gases medicinales, entre los que se encuentran los siguientes productos:

- Alarma de segmentos: módulo que puede medir el flujo bajo o alto de hasta seis gases medicinales. Cuenta con una pantalla que muestra cada medición (Arigmed).
- Alarma maestra combinada: mide la presión y el vacío de hasta cuarenta señales y detecta eventos anormales en tiempo real (Arigmed).

El sistema de alarma de gases medicinales de AIG MÉDICA es el siguiente:

- Alarma remota para gases medicinales: es una alarma básica para detectar gases medicinales. Lee seis gases medicinales principales: aire médico, oxígeno y vacío (AIG MÉDICA).

La desventaja de estos dispositivos es su costo y la información solo se muestra en monitores o pantallas, lo que no ayuda a visualizar la presión de los gases con nuevas tecnologías como Internet de las cosas.

La necesidad de sistemas de monitoreo de gases medicinales ha surgido debido al alta demanda en distintos procedimientos en unidades clínicas y hospitales, la Escuela de Ingeniería Mecatrónica y Automatización, Universidad de Shanghai, China, desarrolló un sistema de monitoreo de gases medicinales, dando seguimiento a los parámetros de presión y teniendo un sistema de alarmas que indican las posibles fugas de gases. Está implementado en una red anillo, realizando las conexiones con fibra óptica, teniendo así una visualización en monitores o pantallas y solo en el área designada.

Una de la problemática a considerar es el uso e instalación de fibra óptica para una conexión de área local, aumentando los costos y no poder implementar tecnologías emergentes con Internet de las cosas (Sun et al., 2016).

En la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Ecuador, se diseñó un dispositivo para el monitoreo y registro del consumo de gases medicinales en el hospital de especialidades Carlos Andrade Marín, logrando obtener los parámetros de presión, caudal y el consumo diario, mensual, anual e instantáneo de diferentes gases medicinales (Montoya & Bruce, 2021).

DESARROLLO DEL TEMA

El sistema de alarma de gases medicinales desarrollado en este trabajo se compone de una serie de etapas, como se muestra en la Figura 1.

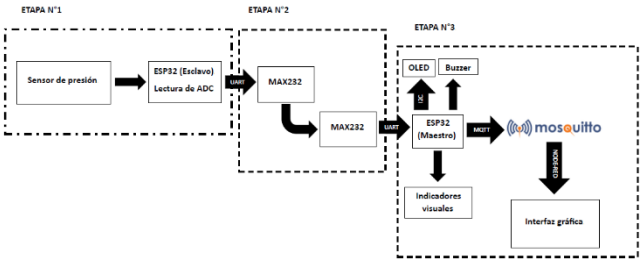


Figura 1.-Bloques del sistema propuesto para la alarma de gases medicinales.

a. Bloques del sistema propuesto

El sistema cuenta con diferentes bloques:

- **Sensor de presión:** El sensor analógico SKU114791178 se utiliza para medir la presión del gas medicinal. Su rango de medición va de 0 a 1.2 MPa y su tiempo de respuesta es de 2 ms (Corona (2019)).
- **ESP32 (esclavo):** lee la señal analógica del sensor SKU114791178 y envía los datos al microcontrolador ESP32 que actúa como maestro a través de su puerto serial.
- **Sistema de comunicación entre ESP32s:** En este caso se utilizaron dos circuitos integrados MAX232 para realizar la interfaz de transmisión y recepción para las señales Rx y Tx del puerto serie de los microcontroladores ESP32.
- **ESP32 (maestro):** obtiene datos del microcontrolador ESP32 esclavo. Los datos son enviados a la OLED, que muestra la presión y muestra un mensaje cuando no hay presión, presión estable o sobrepresión. Además, maneja la activación de las alarmas sonoras y visuales. Finalmente, usa el WIFI de la ESP32 para transmitir datos a la interfaz gráfica de usuario (Rui, S., & Sara, S. (2019)).
- **Indicadores visuales y sonoros:** Si la presión del gas medicinal sobrepasa una presión de referencia, en este caso 65 PSI, se activa un led y un buzzer para alertar a los usuarios. También se muestra en la OLED un mensaje de sobrepresión.
- **Sistema de comunicación entre ESP32 y GUI:** el protocolo de comunicación Message Queing Telemetry Transport (MQTT) permite la transferencia inalámbrica de datos de medición del ESP32 maestro a la computadora. La comunicación requiere un bróker en la computadora que actúa como intermediario. Se empleó Mosquitto Broker como intermediario, quien se encarga de recibir los mensajes de los dispositivos emisores, utilizando el ESP32, y distribuirlos a los receptores (Mosquitto).
- **Interfaz gráfica de usuario:** Node-Red es una herramienta de programación visual y un motor de flujos y subflujos enfocado en Internet de las cosas. La medición del convertidor analógico-digital (ADC), el voltaje y la presión se muestran de manera gráfica y numérica en la interfaz gráfica de usuario. La principal ventaja de Node-

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-03, pág.: 1 a la 4.

Red es que permite monitorear la presión de los gases medicinales desde cualquier computadora conectada a Internet (Node-RED).

b. Conversión del dato analógico-digital (ADC) a presión

Debido a que se utiliza un sensor analógico, el valor que lee el ADC debe convertirse en voltaje utilizando la Ecuación 1.

$$Voltaje = \frac{3.3V * ADC}{4095} \quad (1)$$

La Ecuación 2 se utiliza para convertir el voltaje a presión.

$$PSI = 43.5125(Voltaje) - 16.9804 \quad (2)$$

Se utiliza el protocolo RS232 para enviar voltaje y presión al ESP32 maestro una vez que se han obtenido.

c. Interfaz gráfica de usuario

La interfaz gráfica de usuario de Node-Red se conecta al intermediario a través de bloques. La programación de bloques de la interfaz gráfica de usuario se muestra en la Figura 2. La programación en bloques tiene la ventaja de que es simple de usar porque solo se configuran e interconectan los bloques.

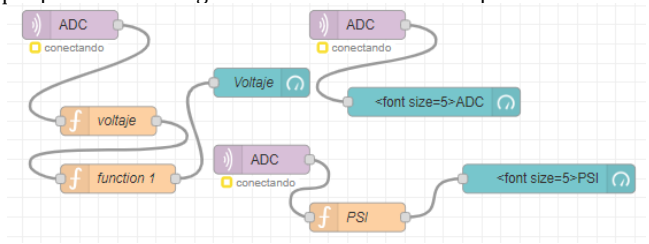


Figura 2.-Diagrama de bloques (programación) de la interfaz gráfica de usuario.

La Figura 3 se observa la interfaz gráfica de usuario, que muestra la lectura ADC, el voltaje y la presión del gas medicinal.

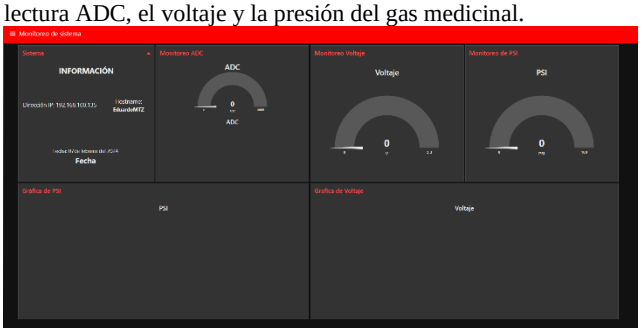


Figura 3.-Interfaz gráfica de usuario.

RESULTADOS y ANÁLISIS

Para llevar a cabo las pruebas experimentales, se requirió de la implementación de un sistema que emuló la presión de uno de los gases medicinales. Primero se conectaron una compresora para proporcionar aire, un extintor que sirve como tanque para almacenar aire, un manómetro digital y una manguera. El diagrama de conexión que se llevó a cabo se muestra en la Figura 4.



Figura 4.-Diagrama de conexión para pruebas experimentales.

Se realizaron varias pruebas cambiando la presión de la compresora de aire y observando los resultados en la OLED y la GUI. La Figura 5 muestra la medición cuando está dentro del rango especificado (>65 PSI). Los parámetros se muestran en la OLED y el LED verde se encuentra encendido.

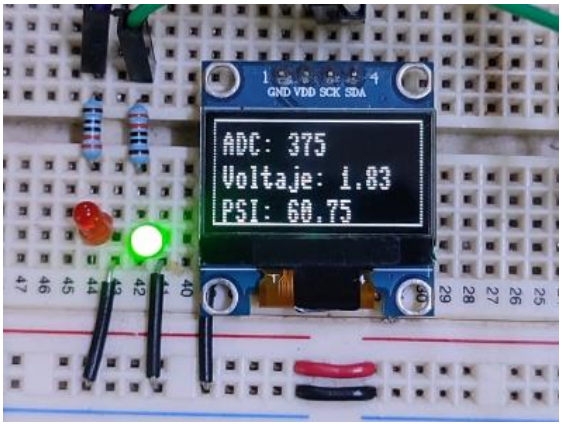


Figura 4.-Medición cuando la presión del gas es menor a 65 PSI.

Cuando no hay presión o cuando se sobrepasa la presión de referencia, se activa la alarma sonora (Figura 5). La OLED muestra el mensaje correspondiente y el LED rojo se activa cuando se cumplen algunas de estas condiciones.

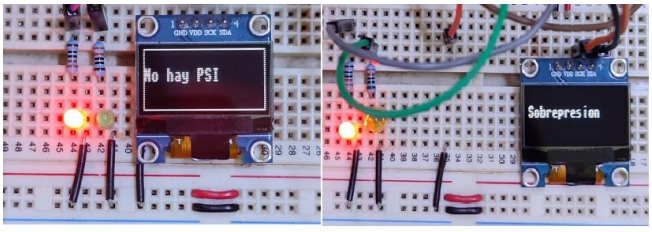


Figura 5.-Mediciones cuando no se sensa presión o existe una presión superior a 65 PSI.

La Figura 6 muestra el resultado de la prueba de conexión entre la interfaz gráfica de usuario y el ESP32, que se ha configurado como

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IC-03, pág.: 1 a la 4.

maestro. La interfaz muestra una lectura de ADC de 1766, un voltaje de 1.42V y una presión de 43.36 PSI. El comportamiento del voltaje y la presión se muestra en las gráficas en la parte inferior.

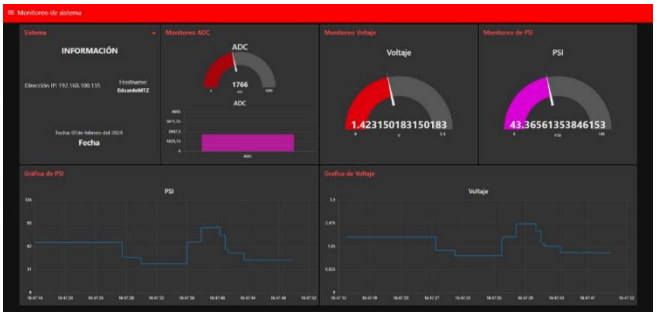


Figura 6.-Prueba de la interfaz gráfica de usuario.

Para evaluar el comportamiento del sistema, se realizaron pruebas variando la presión en un rango de 30 a 90 PSI (con pasos de 10), y las mediciones del manómetro se compararon con las mediciones de la OLED y la interfaz gráfica de usuario (Tabla 1).

Tabla 1.- Valores obtenidos con el manómetro, OLED y la interfaz gráfica de usuario (GUI).

Manómetro (PSI)	OLED (PSI)	GUI (PSI)	Error OLED	Error GUI
30	29.54	29.54	1.53%	1.53%
40	39.55	39.55	1.25%	1.25%
50	49.54	49.54	0.92%	0.92%
60	59.58	59.58	0.70%	0.70%
70	69.54	69.54	0.65%	0.65%
80	79.54	79.54	0.57%	0.57%
90	89.54	89.54	0.51%	0.51%

CONCLUSIONES

El sistema de detección de la presión de gases medicinales funciona correctamente. La variación máxima entre lo que se muestra en la OLED y la interfaz gráfica de usuario es del 1.53%. También se observa que el error aumenta con la presión. Cuando no hay presión o cuando se sobrepasa los 65 PSI, las alarmas visuales y sonoras se activan correctamente. La interfaz gráfica mostró las mediciones precisas y se pudo conectar a través de Wi-Fi, lo que nos ayudó a conectar el sistema a la red (IoT).

Se espera que en el futuro se desarrolle una red de sensores que se conecten al microcontrolador principal y luego se conecten a la interfaz gráfica de usuario a través de una red wifi. Se está trabajando también en guardar las señales de los sensores en una base de datos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Alarma de zona de segmentos – Arigmed. (s. f.). https://arigmed.com/tienda/equipos-para-control-de-gases-medicinales/alarma_de_zona_de_segmentos/.

Alarma maestra combinada – Arigmed. (s. f.). https://arigmed.com/tienda/equipos-para-control-de-gases-medicinales/alarma-maestra-combinada/.

Corona, L., Abarca, G., & Mares, J. (2014). Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino. México: Grupo Editorial Patria.

Montoya, M., & Bruce, B. (2021). DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE GASES MEDICINALES DE ALTO FLUJO PARA EL ABASTECIMIENTO DE 120 CAMAS HOSPITALARIAS EN PANDEMIA EN EL HOSPITAL II RAMÓN CASTILLA [Tesis]. Universidad Nacional Del Callao.

MQTT man page. (2018, 20 septiembre). Eclipse Mosquitto. https://mosquitto.org/man/mqtt-7.html.

Rui, S., & Sara, S. (2019). MicroPython Programming with ESP32 and ESP8266.

Sun, W., Wang, J., Gai, L., Gu, J., & Li, L. (2016). A Hospital Medical Gas Monitoring System Based on Multi-mode Optical Fiber Ring Network. MATEC Web Of Conferences, 68, 10005. https://doi.org/10.1051/matecconf/20166810005.

User Guide: Node-RED. (s. f.). https://nodered.org/docs/user-guide/.

Usrnew4dama. (s. f.). EQUIPO PARA LA RED DE GASES MEDICINALES2 - aig médica. Aig Médica. https://aigmedica.com.mx/equipo-para-la-red-de-gases-medicinales-2/.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Eduardo Martínez Montiel: Pasante de la carrera de ingeniería electrónica con especialidad en robótica y sistemas embebidos egresado del Tecnológico de Estudios Superiores Ixtapaluca (TESI).

Rogelio Manuel Higuera González: Ingeniero Electrónico con especialidad en mecatrónica egresado del Tecnológico de Estudios Superiores Ixtapaluca (TESI), Maestro en Ciencias en Electrónica con especialidad en diseño de circuitos integrados egresado del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Actualmente profesor de tiempo completo en la academia de ingeniería electrónica en el TESI.

Víctor Alfredo González Morales: Ingeniero Electrónico con especialidad en telecomunicaciones egresado del Tecnológico de Estudios Superiores Ixtapaluca (TESI), actualmente profesor de la academia de ingeniería biomédica del TESI.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

Caracterización de una soldadura (SMAW) con electrodo revestido de níquel en metales disimiles fundición gris perlítica-acero inoxidable austenítico 304

García Lira J[1], Castillo Sánchez M[2], Arena Romero J. J[1], García Sotuyo E[1]

RESUMEN

El presente estudio presenta la caracterización de las propiedades mecánicas en uniones soldadas con la finalidad de evaluar la soldadura de metales disímiles, en una fundición gris y acero inoxidable 304 con electrodo revestido a base de níquel, se prepararon tres probetas, las cueles fueron obtenidas a partir de dos placas de 4 mm de espesor de los materiales mencionados. Se evaluó la influencia del tipo de electrodo, la evolución microestructural de las zonas afectadas por el calor y la fusión de las muestras soldadas, por medio de microscopia optica y las propiedades mecánicas como, dureza vickers y ensayos de tensión al metal base Así como los metales soldados por soldadura eléctrica (SMAW).

ABSTRACT

This study presents the characterization of the mechanical properties in welded joints in order to evaluate the welding of dissimilar metals, in a gray cast iron and 304 stainless steel with a nickel-based coated electrode, three test specimens were prepared, which were obtained from two 4 mm thick plates of the aforementioned materials. The influence of the electrode type, the microstructural evolution of the zones affected by heat and fusion of the welded samples, were evaluated by means of optical microscopy and the mechanical properties such as Vickers hardness and tensile tests on the base metal as well as the metals welded by electric welding (SMAW).

*INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). Unidad profesional, AZCAPOTZALCO, Av. de las Granjas No. 682, Col. Santa. Catarina Azcapotzalco, C. P. 02550, México, D. F.

**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). Edificio 5. 2do Piso, Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco"
Col. Lindavista, C. P. 07738, México, D. F. México.

Keywords: Welding, dissimilar metals, stainless steels, mechanical properties

1. INTRODUCCIÓN

Las uniones soldadas disímiles son utilizadas en la industria química, minería, petroquímica y en plantas de generación de electricidad y otras industrias como una alternativa para solucionar problemas de pérdida de propiedades mecánicas que experimenta un componente o pieza de un equipo.

En las uniones soldadas disímiles el efecto del calor aportado y los ciclos térmicos del proceso de soldadura pueden modificar las transformaciones de fase conocidas, generando cambios microestructurales importantes de las uniones de los mismos, como la región de transición y el borde del grano, [1-4].

A pesar de la factibilidad de la fabricación de uniones soldadas disímiles con aplicación directa en diferentes sectores industriales, estas han presentado defectos de fabricación como son los metalúrgicos, promoviendo fallas durante su aplicación en servicio, por lo tanto, en la unión de materiales disímiles es de gran importancia su análisis microestructural [5, 1, 6], dando origen a diversos estudios dirigidos hacia la comprensión de las fallas que se presentan durante el servicio.

La realización de estudios sobre las uniones soldadas disímiles data desde el año 1935 por Joseph, A. [8], se basó en reportes de fallas de empresas, investigaciones, entrevistas con fabricantes y diferentes usuarios de uniones disímiles con el objetivo de proveer información sobre estas.

La soldadura de materiales disímiles impone un reto relacionado con la integridad estructural de las uniones disímiles debido a su diferencia en términos de microestructura, propiedades mecánicas, térmicas y propiedades de fractura [9].

La aplicación industrial ha experimentado fallas en la zona de transición entre los materiales, debido a las diferencias en los coeficientes de expansión térmica por los metales base y material de aporte [7, 2, 6], estas fallas pueden presentarse después de los 20 años de servicio o cuando la vida útil ha sido cumplida.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

Según Ricaurte [10] una característica distintiva del hierro gris es que el carbono se encuentra en forma de grafito adoptando formas irregulares descritas como fractura en las piezas elaboradas con esta aleación. Las propiedades físicas y en particular las mecánicas varían dentro de amplios intervalos respondiendo a factores como la composición química, rapidez de enfriamiento después del vaciado, tamaño y espesor de las piezas, práctica de vaciado, tratamiento térmico y parámetros microestructurales como la naturaleza de la matriz la forma y tamaño de las hojuelas de grafito.

Algunos autores [11-15] clasifican a los hierros como una aleación en un grupo independiente de aleaciones de hierro fundido, donde las propiedades dependen directamente de la influencia de los elementos de aleación. Los hierros fundidos son fabricados en horno de cubilote, en el cual su operación es más económica, sin embargo, no se tiene un control exacto de la composición química, sino que los mejores hierros fundidos son fabricados en hornos eléctricos de inducción de mejor calidad en el control de su composición química.

Los aceros inoxidables fundidos usualmente se dividen en dos grupos principales: los termorresistentes, pertenecientes a la serie H y los resistentes a la corrosión, pertenecientes a la serie C. Plantea [3] que, del total de la producción mundial de aceros inoxidables, el 52% pertenece a los aceros austeníticos inoxidables al cromo-níquel, estos aceros son para aplicaciones en donde debe tener una resistencia a la corrosión a altas temperaturas y se requiere de un conocimiento profundo sobre los mecanismos y la cinética de la formación de capas superficiales, su composición química, microestructura, mecanismos de difusión. Todos estos factores y otros que están estrechamente relacionados con las propiedades mecánicas y estructurales a altas temperaturas permiten la adecuación del acero para usos específicos.

Los aceros inoxidables de la serie AISI 300 se consideran las aleaciones más adecuadas para servicio en condiciones de oxidación. Sin embargo, hay que considerar que son materiales que tienen diferentes tipos de estructuras y fases que determinan las Propiedades físicas y químicas en servicio.

Se han estudiado las propiedades de restauración del hierro fundido perlítico soldado mediante Proceso SMAW con diferentes electrodos de soldadura aplicando calor posterior a la soldadura.

Los cambios microestructurales en la ZAT de los aceros inoxidables dependen del metal base, la temperatura máxima alcanzada, las velocidades de calentamiento y enfriamiento. Esquematizar la zona afectada por el calor en diferentes regiones, la zona supercrítica es donde ocurre el crecimiento del grano, por lo que se considera la ZAC más frágil. Generalmente, la microestructura resultante en la zona afectada por el calor es diferente al del metal base, pero muy similar al del metal de soldadura en aceros inoxidables. La ZAC ocurre en una región estrecha y difícil de distinguir. La formación de zona afectada por el calor se puede explicar en términos de ciclos térmicos y temperaturas a las que está expuesto [11].

Este estudio se centra en determinar las condiciones adecuadas para soldar uniones entre hierro gris y acero inoxidable AISI 304 mediante el proceso SMAW, con el fin de reconocer el efecto en la zona afectada por el calor y la misma unión disímil y el efecto sobre las propiedades y microestructura de la soldadura.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1. Materiales y métodos

La metodología aplicada en este trabajo consistió en; primero seleccionar las muestras (acero inoxidable y fundición gris); seccionar las muestras soldadas a temperatura ambiente; soldadura a utilizar para la unión; corte de muestras; para ensayos de dureza y análisis metalográficos.

Se soldaron tres muestras de fundición gris y acero inoxidable AISI 304 mediante SMAW a temperatura ambiente y con electrodo revestido de níquel. La composición química del acero inoxidable AISI 304, hierro gris y la composición del electrodo de níquel se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del acero inoxidable 304 (Alloy Casting Institute ACI), fundición gris y electrodo

Acero	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
304	0.08% min.	2.0%	1.0%	18-20%	8-10.5%	0.045%	0.03%
Hierro gris	2.97%	0.88%	1.86%	----	-----	0.28%	0.20%
Electrodo (Ni 55)		0.54%	0.13%	0.53%	----	0.015%	0.002%

Las dimensiones de la muestra fueron 160 mm × 50 mm × 6 mm. Cada ejemplar fue obtenido a partir de una placa AISI 304 soldada a una placa de fundición gris perlítica. La figura 1, ilustra las probetas maquinadas para el ensayo de tensión obtenidas de la unión disímil realizada.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.



Figura 1. Probetas máquinas de acuerdo a normas ASTM E8 para ensayo de tensión

2.2. Ensayo de Microdureza

Para determinar la microdureza (HVN) se utilizó una probeta, en la cual se realizaron 47 ensayos de dureza, con una carga de 2 kgf con una separación de 0.005 pulgadas entre cada identación, iniciando y finalizando desde el metal base de un lado al otro, por lo tanto, se cruzó la zona afectada por el calor (ZAC) y el material de aporte. La tabla 2, muestra la distribución de las 47 lecturas de durezas de las zonas de la soldadura, dividiéndolas en: Metal base, Zona afectada por el calor y Material de aporte.

Tabla 2. Resultados obtenidos del ensayo de micro dureza de una fundición gris y acero inoxidable 304

Microdureza Vickers (HV) con una carga de 2 kgf			
Núm.	**Diagonal (MM)**	**Dureza Vickers**	**Zona**
1	0.12	258	Metal base
2	0.12	258	Metal base
3	0.13	219	Metal base
4	0.13	258	Metal base
5	0.12	258	Metal base
6	0.115	280	Metal base
7	0.12	258	Metal base
8	0.11	307	Metal base
9	0.12	258	Metal base
10	0.13	219	Metal base
11	0.12 de	258	Metal base
12	0.11	307	ZAC
13	0.11	307	ZAC
14	0.11	307	ZAC
15	0.11	307	ZAC
16	0.11	307	ZAC
17	0.1	371	Material de Aporte
18	0.1	371	Material de Aporte
19	0.1	371	Material de Aporte
20	0.1	371	Material de Aporte
21	0.11	307	Material de Aporte
22	0.115	280	Material de Aporte
23	0.1	371	Material de Aporte
24	0.09	312	ZAC
25	0.115	280	ZAC
26	0.14	189	ZAC
27	0.12	258	ZAC
28	0.13	219	ZAC
29	0.14	189	Metal Base
30	0.14	189	Metal Base
31	0.135	204	Metal Base
32	0.135	204	Metal Base
33	0.14	189	Metal Base
34	0.135	204	Metal Base
35	0.14	189	Metal Base
36	0.14	189	Metal Base
37	0.14	189	Metal Base
38	0.14	189	Metal Base
39	0.14	189	Metal Base
40	0.14	189	Metal Base
41	0.14	189	Metal Base
42	0.14	189	Metal Base
43	0.14	189	Metal Base
44	0.14	189	Metal Base
45	0.14	189	Metal Base
46	0.135	204	Metal Base
47	0.14	189	Metal Base

Media	**223.5 Hv**

Se realizo un análisis utilizando la desviación estándar como herramienta estadística, con la finalidad de determinar un rango de valores normales en relación a la dureza media de la fundición gris. De esta manera con el indicador obtenido se descartan los valores que están por arriba del Límite superior (LS) y límite inferior (LI), figura 2.

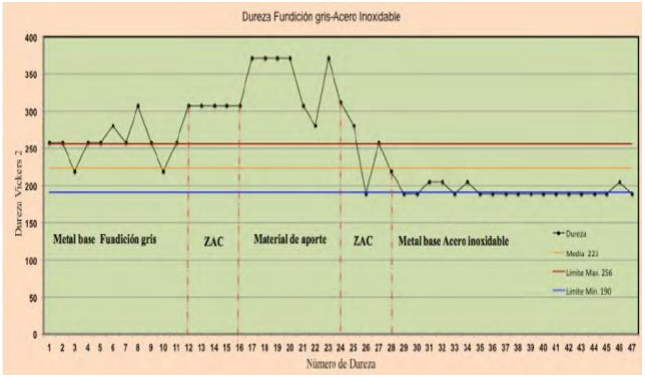


Figura 2. Grafica de durezas obtenidas de la soldadura disímil, indicando la desviación estándar

2.3. Ensayo de Tensión

Se prepararon tres probetas para el ensayo de tensión (figura 2), de acuerdo con el sentido transversal al cordón de soldadura de acuerdo con la norma ASTM E8. La tabla 3 presenta los resultados del ensayo de tensión, se evidencia que no existe una diferencia significativa en las propiedades tensiles de las uniones soldadas para las tres probetas evaluadas. En todos los casos la falla ocurrió en el metal base de la fundición lejos de la zona afectada por la temperatura, mostrando un comportamiento frágil. Estos

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

resultados indican que la mezcla en la zona de la unión no es homogénea.

Tabla 3. Resultados obtenidos del ensayo de tensión

Medidas de la probeta		
Datos	**Sistema Inglés**	**Sistema Métrico**
Ancho	0.3610 pulg.	9.169 mm
Espesor	0.2 pulg.	5.08 mm
Área	0.0722 pulg^2	46.5806 mm^2
Longitud de galga de la probeta	2 pulg/N	50.8 mm/N
Resultados obtenidos		
Carga máxima	3528.60 lbf	15.6906 kN
Resistencia a la tracción	45802.91 lb/pulg^2	315.80 Mpa
Módulo de Young	22901458.0 lbf/pulg^2	157900.0 Mpa
Área debajo de la curva	14.9803 ft*lb	20.3105 J

La probeta se alargó cierta distancia debido al esfuerzo generado por la maquina universal en la prueba de tensión, la probeta tenía una dimensión de 50.8 mm y terminada la prueba se determinó que la probeta creció 1.7 mm, por lo que el crecimiento de la misma es mínimo debido a que de acuerdo a la división de la dimensión final por la dimensión inicial 1.7 mm / 50.8 mm = 0.0334 mm/mm, esto nos indica que el crecimiento de la probeta es mínimo al ser sólo 33.4 milésimas de milímetro por lo que se puede determinar que la fundición gris en este espécimen se comporta como un material frágil.

La figura 3, muestra la gráfica esfuerzo- deformación, que se generó en el ensayo de tracción, esta gráfica nos indica cual fue el comportamiento del material bajo la carga a la cual fue sometido por cada posición en milímetros.

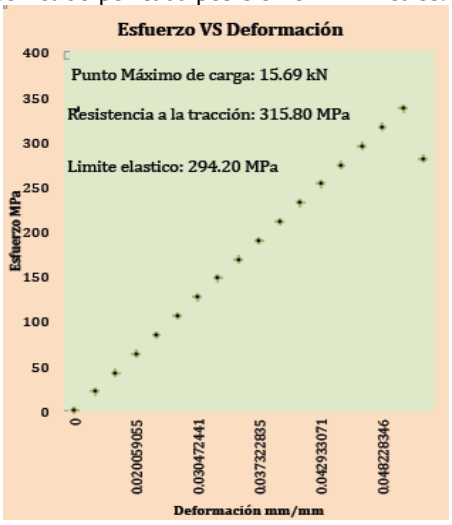


Figura 3. Diagrama de tracción realizado

2.4. Microscopía óptica

Las microestructuras obtenidas en el estudio metalográfico muestran fenómenos microestructurales, como cambios morfológicos de los componentes de la fundición gris en la zona afectada por el calor (ZAC), no así en la zona del acero inoxidable, la cual no tuvo cambios en la aplicación de la soldadura de níquel, de acuerdo a las microestructuras obtenidas.

En las micrografías de las figura 4, se observan desprendimientos de la fundición que quedan en el metal fundido de aporte, así como en la figura 5, el principio del desprendimiento de una porción de la fundición, también se observan cambios morfológicos del grafito de la fundición, como un gran nódulo de grafito, acompañado de una gran cantidad de barras de grafito en forma de láminas.



Figura 4. Microestructura de la zona de la fundición gris y metal de aporte a 50X



Figura 5. Microestructura de la fundición gris a 50X

En la figura 6 se muestran láminas de grafito y una posible fisura intercristalina, además de cristales de austenita en una matriz de perlita. La figura 7, muestra un cambio drástico en la morfología del grafito en una zona ligeramente más separada de la línea de fusión, ya que no son hojuelas de grafito.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

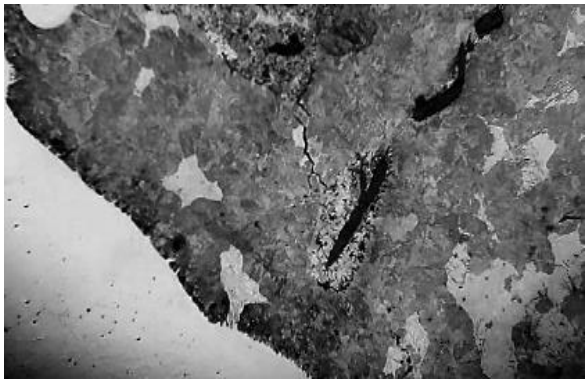


Figura 6. Microestructura de la fundición gris a 100X



Figura 7. Microestructura de la fundición gris a 100X

La micrografía de la figura 8, muestra una estructura austenítica en cuyo interior se está produciendo una transformación martensítica con una macla y nódulos de grafito.

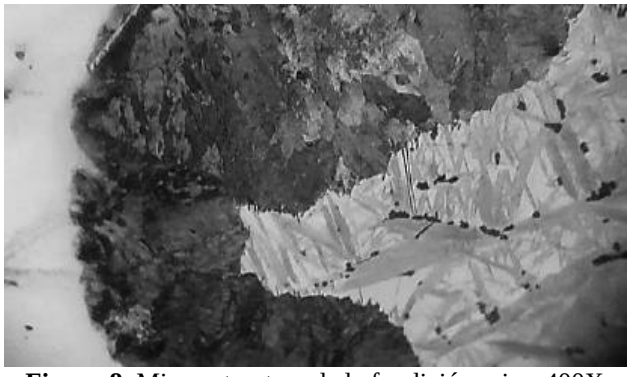


Figura 8. Microestructura de la fundición gris a 400X

En la figura 9 se observa una porción de la fundición separada del metal base en la que se observa una división que puede ser de un carburo, en una matriz perlítica con pequeños nódulos de grafito y en la figura 10, se muestra con mayor claridad la presencia del grafito en forma de arañas de grafito.

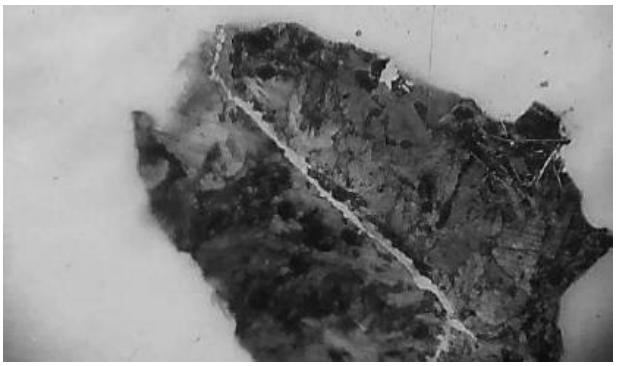


Figura 9. Microestructura de la fundición gris a 400X

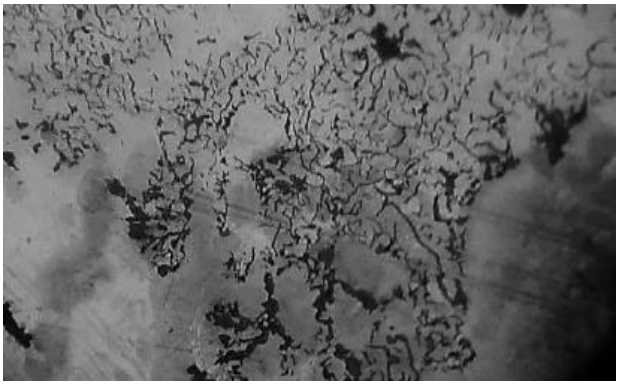


Figura 10. Microestructura de la fundición gris a 400X

Las microestructuras de la figura 11, muestran la presencia de grafito intercristalino, entre cristales de perlita y de austenita con transformación martensítica y lo que se pensaba que era una fisura es grafito. La figura 12 muestra en forma más definida una posible grieta en la fundición.



Figura 11. Microestructura de la fundición gris a 600X

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

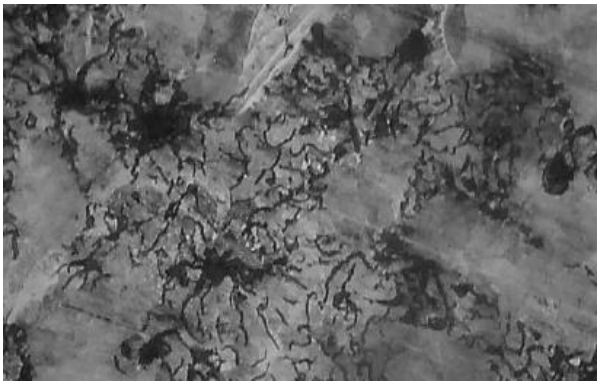


Figura 12. Microestructura de la fundición gris a 600X

En las microestructuras de la figura 13 se corrobora que la posible grieta intercristalina mostrada por los bajos aumentos no es tal, sino que es un grafito intercristalino, la figura 14 muestra la presencia de arañas de grafito lo cual representa una diferencia significativa de morfología del grafito

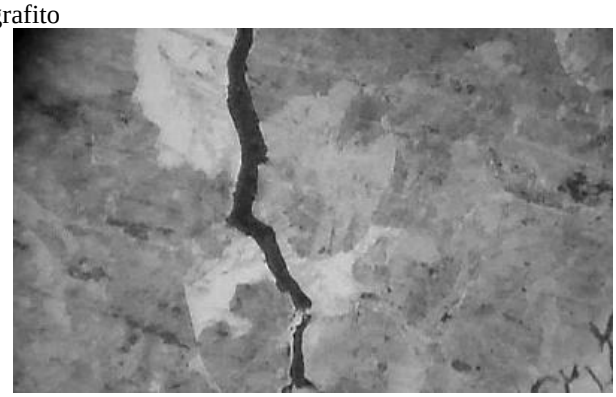


Figura 13. Microestructura de la fundición gris a 800X

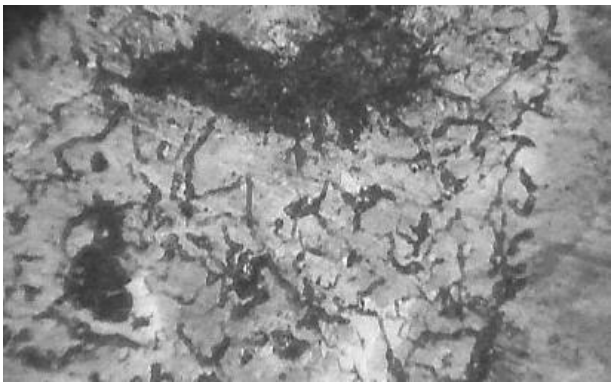


Figura 14. Microestructura de la fundición gris a 800X

.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

1) En los resultados de la dureza en la soldadura de los materiales disimiles de la fundición gris y acero inoxidable 304, soldado con electrodo de níquel con un enfriamiento a temperatura ambiente, se puede observar una variación en las durezas de la fundición gris más significativa que en el acero inoxidable, presentando una dureza más homogénea, esto se comprobó con las gráficas de la dureza contra el número de ensayo y con el cálculo de la desviación estándar de la durezas de ambos materiales y tomando como base la media de las durezas, existen más durezas fuera del máximo y el mínimo de la desviación estándar de la fundición gris que del acero inoxidable.
2) El cálculo de la desviación estándar de las durezas tomadas, desde el metal base de la fundición gris hasta el metal base del acero inoxidable 304 austenítico, muestran que las durezas de las zonas afectadas por el calor y el material de aporte están fuera de la dureza ideal de la unión de los materiales disimiles, la que se considera que ES la media de las durezas de ambos materiales.
3) Observamos que en la zona afectada por el calor y cerca de la línea de fusión de la fundición gris, mostro diferentes morfologías de las estructuras como es la presencia del grafito en forma de grandes nódulos. Hay que hacer notar que la soldadura cuando se realizó y posteriormente el enfriamiento se llevó a cabo a temperatura ambiente, el grafito tuvo otras formas como se observó en las microestructuras presentadas, forma de arañas, esféricas irregulares, en bordes de grano, también se presentó en el material de aporte en forma de pequeños nódulos. En la ZAC cerca de la línea de fusión el grafito en formas esféricas irregulares, en borde de grano también se presentó en el material de aporte en forma de pequeños nódulos. En la ZAC cerca de la línea de fusión el grafito en forma de hojuelas, prácticamente desaparecieron.
4) Hay que hacer notar que, en esta parte experimental de la soldadura a temperatura ambiente en aire, no se presentaron grietas, fisuras o microfisuras, lo cual es significativo.
5) En la ZAC también se encontró, por la velocidad de enfriamiento cristales de austenita con transformación martensítica o sea se encontró martensita. El metal base, fundición gris, sufrió varias condiciones como desprendimientos tipo islas que se conservaron en el material de aporte, en la línea de fusión la fundición gris fue rodeada por una banda blanca, probablemente de níquel y, por último, se observaron zonas en que la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

fundición gris se presentó como una dispersión de sus componentes en el material de aporte.

6) Los resultados del ensayo de tracción en la ZAC de la fundición, muestran que la resistencia a la tensión es semejante a la resistencia de la fundición gris en su límite superior. La fractura obtenida de este ensayo es del tipo frágil, la cual es una de las características de las fundiciones y por último la energía que se observó en el ensayo se podría considerar alta.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones que podemos mencionar, es que la dureza promedio se puede considerar como la dureza ideal en el proceso de soldadura a temperatura ambiente y se puede decir:

1) Todas las lecturas de dureza de las zonas afectadas por el calor, así como las lecturas del material de aporte están fuera de la lectura promedio de la fundición gris y del acero inoxidable austenítico 304.
2) En la zona afectada por el calor la microestructura que más predominó fue la perlita en la fundición gris.
3) El grafito cambio de morfología en la zona afectada por el calor al pasar de hojuelas a nódulos de diferentes tamaños en la ZAC.
4) Hay porciones de la fundición que no se funden en la línea de fusión, sino que se desprenden porciones que se quedan en el material de aporte solidificado del níquel.
5) La resistencia a la tracción a pesar de ser semejante a la de la fundición gris no sería confiable por la presencia de los cambios morfológicos de las microestructuras originales, principalmente la del grafito.
6) No existen discontinuidades de rupturas en ninguna de sus formas de la soldadura aplicada.
7) La deformación plástica en la zona afectada por el calor (ZAC) es significativamente pequeña.
8) Podemos concluir que un procedimiento de soldadura aplicada a temperatura ambiente (al aire), no es confiable para soldar fundiciones del tipo gris, ya que se producen cambios microestructurales muy significativos, como los del grafito en la zona afectada por el calor (ZAC) de la fundición gris y no sucede en el acero inoxidable 304.

5. REFERENCIAS

1. Albert Sadek (15 diciembre 2015), Dissimilar Materials Weld Concepts. EW1, PDF recuperado de:https://ewi.org/wp-content/uploads/2016/01/Dissimilar-Metal-WeldabiConcepts_Alber-Sadek.pdf
2. Webert H. W., Fabrication of HK-40 in the field, 1975, Metchem Meeting of American Society for Metals in Houston, Texas, pp. 939-943.
3. Pecker and Bernstein. Handbook of Stainless Steels, 1977, Editorial Mc GRAW-HILL., pag. 1-30.
4. Voelker, C. H. And Zeis, L. A., How to Repair HK -40, Furnace Tube, Hydrocarbon Processing, 1972, pp. 121-124.
5. Lo, K., Shek, C. y Lai, J. "Recent developments in stainless steels". Materials Science and Engineering.
6. Ju, S. "Characterization of bainitic microstructures in low carbon HSLA steels". International Journal of Modern Phisics B. 2008, vol. 22, nº 31, p. 5965 – 5970. ISSN 1793-6578.
7. Resistant Alloys Stainless Steel Castings, ASTM STP 756, V. G. Beahal and A. S. Melilli, Eds., ASTM., 1983, pp. 130-142.
8. Cox, G. J. and Jordan. D. E. The proprieties of cast 25% Cr-20% Ni austenitic Steels in relation to their use at elevated temperatures. In Materials Technology in Steam. Pergamon Pree., 1966, 121-141.
9. Samal, M., Balani, K., Seidenfuss, M., et al. "An experimental and numerical investigation of fracture resistance behaviour of a dissimilar metal welded joint". Journal of Mechanical Engineering Science. 2009, vol. 223, nº 34, p. 1502 - 1523. ISSN 0022-2542
10. Ricaurte Ospina López, Héctor Aguirre Corrales, Hernando Parral; Soldabilidad en aceros inoxidables y aceros disimiles; Universidad Tecnologica de Pereira, mayo, 2007.
11. Curiel-Reyna, E., Rojas-Rodríguez, I., Terán, J., Del Real, A., Lara Guevara, A. and Rodríguez-Garcia, M.E. (2014) Postcooling Treatment Impact on Mechanical Properties of Welded Hadfield Steel Pieces. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 5, 105-110. https://doi.org/10.1016/S0167-577X(99)00204-9
12. Díaz, F. (2007). Hierros Fundidos. Lecturas de Ingeniería. Laboratorio de Tecnología de Materiales. Departamento de Ingeniería. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli. 29 p.
13. Mena, E. (2012). Análisis de falla de discos de freno automotrices derivado del proyecto de investigación SIP 20090785. (Tesis de Pregrado). Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco. México. 99 p.
14. INDURA S.A. (marzo 2007). Manual de soldadura. Industria y Comercio. Recuperado de: http://www.indura.com.pe/doc/peru/manua_de_procesos_y_productos_de_soldadura_indura. pdf Kiser, S. &

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-01, pág.: 1 a la 8.

Northey, M. (2005). Welding Cast Iron. Canadian Welding Association. Canada.
15. Kobe Steel, LDT. (2011). Arc Welding of Specific Steel sand CastIrons. Fourth Edition. Kita-Shinagawa, Shinagawa-Ku, Tokyo. Japan.
16. Norma ASTM A 48/A 48M– 03 (2008). Standard Specification for Gray Iron Castings.
17. Norma ASTM E 407 – 99 (2007). Standard practice for microetching metals and Alloys.
18. Norma AWS 5.15-90 (2006). Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron.
19. ASM International. (2005). Welding Brazing and soldering. Metals Handbook, vol. 6. Metals Park. ASM International.
20. F. Cleber, Metalúrgia da soldagem, Basic Welding Filler Metal Technology – ESAB Welding and Cutting Products, 2004.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

M en I. Jesús García Lira, Ingeniero Metalúrgico, egresado de ESIQIE-IPN, Maestro en Ingeniería Metal-Mecánica, egresado de la División de Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM Unidad Campo 4, Académico de la Academia de Ciencias de los Materiales de ESIME- Azcapotzalco.

M en C. Martín Darío Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico, egresado de ESIME-IPN, Maestro en Ciencias de ESIME- Zacatenco SEPI, Profesor de la Academia de Ciencia de los Materiales de ESIME Azcapotzalco.

M en C Juan José Arenas Romero: Ingeniero Metalúrgico, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, Maestro en Ciencias con especialidad en Diseño Mecánico, egresado de la Sección de Estudios de posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Unidad Zacatenco) del IPN y catedrático de tiempo completo de la academia de Ciencia de Materiales de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco, del IPN.

Dr. Eduardo García Sotuyo: Ingeniero Mecatrónico egresado de UPVM, Maestro en Ciencias en Tecnología avanzada CIITEC IPN, Doctoro en Tecnología avanzada CIITEC IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-02, pág.: 1 a la 4.

Estudio de carburos en un acero inoxidable austenítico HK40 envejecido a 780°C

García Lira J[*], Castillo Sánchez M[**], Arena Romero J. J[*], García Sotuyo E[*]

RESUMEN

El acero HK40 es un acero que se trabaja hasta una temperatura de 1100°C. Si este acero está expuesto a altas temperaturas, tiene un proceso de disolución de carburos primarios que son propiciados por su alta temperatura y tiempo de trabajo. Con lo anterior, cambian sus propiedades mecánicas y el acero tiende a fallar. Este trabajo de investigación intenta explicar los cambios microestructurales del engrosamiento de los precipitados, así como el efecto sobre las propiedades mecánicas del acero HK40 envejecido a 780°C. La microestructura del acero HK40 se caracterizó por Microscopía Óptica. Las propiedades mecánicas fueron caracterizadas por pruebas de dureza Rockwell C. El cambio de los precipitados reduce las propiedades mecánicas del acero. El envejecimiento fue durante 300, 600, 900 y 1200 horas. Después de 300 horas los precipitados reducen la dureza (HRC) y muestran un endurecimiento de la matriz y los precipitados se suavizan por efecto del tiempo de envejecido.

ABSTRACT

HK40 steel is a steel that is worked up to a temperature of 1100°C. If this steel is exposed to high temperatures, it has a process of dissolution of primary carbides that are facilitated by its high temperature and working time. With the above, its mechanical properties change and the steel tends to fail. This research work attempts to explain the microstructural changes of the thickening of the precipitates, as well as the effect on the mechanical properties of HK40 steel aged at 780°C. The microstructure of the HK40 steel was characterized by Optical Microscopy. The mechanical properties were characterized by Rockwell C hardness tests. The change of the precipitates reduces the mechanical properties of the steel. Aging was for 300, 600, 900 and 1200 hours. After 300 hours the precipitates reduce the hardness (HRC) and show a hardening of the matrix and the precipitates soften due to the aging time.

Keywords: HK40 Stainless Steel, Carbides, Precipitates, Aging, Properties.

Keywords: HK40 Stainless Steel, Carbides, Precipitates, Aging, Properties

1. INTRODUCCIÓN

La importante producción de aceros fundidos resistentes al calor ha motivado a nivel mundial, en las últimas décadas, que se hayan realizado una gran variedad de trabajos de investigación orientados al estudio de las microestructuras y propiedades de estos aceros, con el propósito de optimizar sus procesos de fabricación, así como también el alcance de sus aplicaciones en la industria. De esta forma, los aceros refractarios son de un amplio uso en la industria metalúrgica, metal-mecánica, química, petroquímica y otras, debido a su buena resistencia mecánica en presencia de gases y líquidos corrosivos a temperaturas relativamente altas [1-3]. Dependiendo del contenido de cromo y níquel del acero fundido, la microestructura puede resultar totalmente ferrítica, austenítica o una fase de ambas, acompañada de una fina distribución de carburos y compuestos intermetálicos en la matriz [4].

Los aceros inoxidables se pueden obtener por fundición o conformado, los segundos son más difíciles de obtener que los fundidos, ya que para conformarlos deben tener una resistencia reducida y una ductilidad considerable a temperaturas de trabajo en caliente o en frío, lo cual no es necesario en la fundición.

Con las fundiciones se logra obtener materiales cuyas composiciones estructurales son difíciles de obtener por medios mecánicos; los aceros inoxidables fundidos tienen dos series distintas de aleaciones; la primera corresponden a aquellos que son usados generalmente para resistir medios corrosivos a temperaturas por debajo de 650°C y la segunda, de composiciones modificadas para proveer mayor resistencia a temperaturas elevadas, usadas para

[*]**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). Unidad profesional, AZCAPOTZALCO, Av. de las Granjas No. 682, Col. Santa. Catarina Azcapotzalco, C. P. 02550, México, D. F.

[**]**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME). Edificio 5. 2do Piso, Unidad Profesional Adolfo López Mateos "Zacatenco". Col. Lindavista, C. P. 07738, México, D. F. México.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-02, pág.: 1 a la 4.

componentes estructurales que pueden operar por arriba de 1200 °C [5].

Las aleaciones fundidas son generalmente clasificadas por el sistema de designación del Instituto de Fundición de Aleaciones (ACI), mientras que para el manejo de las aleaciones conformadas se encarga el Instituto Americano del Hierro y el acero (AISI).

La aleación HK, presenta una microestructura austenítica estable en cualquier rango de temperatura, como fundición contiene carburos masivos presentes como islas o redes dispersas. Después de un tiempo a temperatura de servicio, precipitan carburos granulares finos, dando a la aleación alta resistencia al deslizamiento [6]. Las composiciones pueden desequilibrase, teniendo como resultado ferrita, la cual puede transformarse en fase sigma si la austenita es retenida a 815ºC por un corto tiempo.

La aleación HK, presenta una microestructura austenítica estable en cualquier rango de temperatura, como fundición contiene carburos masivos presentes como islas o redes dispersas. Después de un tiempo a temperatura de servicio, precipitan carburos granulares finos, dando a la aleación alta resistencia al deslizamiento [6]. Las composiciones pueden desequilibrase, teniendo como resultado ferrita la cual puede transformarse en fase sigma si la austenita es retenida a 815ºC por un corto tiempo.

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1. Materiales y métodos

El material utilizado para la realización de la investigación en el precipitado de carburos, se utilizaron muestras de un acero HK40 austenítico en estado de colada. La tabla 1 presenta la composición química del acero. Este acero fue seccionado en muestras con dimensiones de 5 x 5 x 5 mm.

Tabla 1. Análisis químico del acero inoxidable HK-40 por vía húmeda

C %	Mn %	Si %	P %	Mo %	Cr %	Ni %	Fe %
0.40	1.22	1.46	0.015	0.048	24	18	Resto

Las probetas se trataron térmicamente a 780°C por intervalos de tiempo que van desde 300 a 1200 horas. La microestructura se analizó por medio de Microscopía óptica. Las propiedades mecánicas se caracterizaron usando dureza Vickers a través de un penetrador con punta de diamante y carga aplicada de 5 kilogramos en todas las muestras. Las medidas de la dureza se tomaron en diferentes partes de la muestra. La superficie de la muestra fue preparada a espejo, según la técnica de metalografía. La dureza fue tomada a las muestras en condición original y tratadas térmicamente. La tabla 2, presenta las durezas.

Tabla 2. Tiempos del tratamiento térmico de las muestras y promedios de durezas obtenidas

PROBETA	HV
Original	289.5
300 horas	260.0
600 horas	255.8
900 horas	262.8
1200 horas	261.7

2.2. Pruebas de tensión

En la figura 7 se presenta la Dureza HRc obtenida en las muestras de 800°C y 900°C, Se observa que a 800 °C la dureza alcanza un máximo y se mantiene constante debido al poco cambio en el radio de los precipitados y su distribución casi constante. A 900 °C la dureza presenta un máximo a 300 h, lo cual coincide con los cambios presentes en la cinética de precipitación.

Probeta	Carga Máxima (Lb)	Resistencia a la tensión (Lb/pulg^2)	Límite de cedencia (Lb/pulg^2)	Límite elástico (Lb/pulg^2)
Original	22,220	133,387	8,800	52,695
300 horas	12,350	75,056	6,000	36,474
600 horas	10,980	77,305	5,400	38,028
900 horas	10,040	75,614	5.200	39,162
1200 horas	12,580	72,500	8.600	49,563

2.3. Microscopia óptica

La figura 1 muestra la microestructura original de colada del acero inoxidable, donde se observa una estructura equiaxial de matriz austenítica de dendritas rodeada en forma de islas de carburos primarios $M_{23}C_6$.

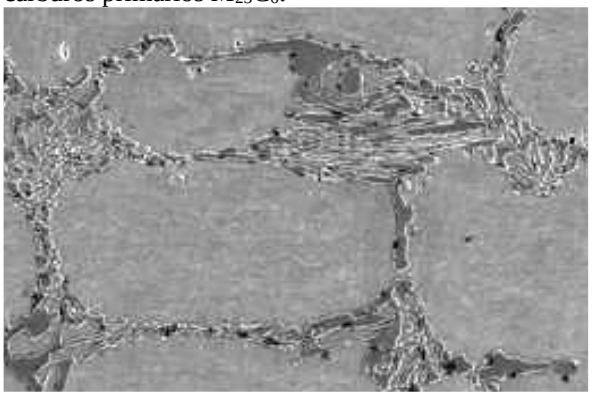


Figura 1. Microestructura de colada del acero HK40, a 1000X

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-02, pág.: 1 a la 4.

La microfotografía mostrada en la figura 2, muestra la exposición al tratamiento térmico a temperatura de780°C y tiempo de 300°C, la matriz austenítica presenta una precipitación en formas de placas.

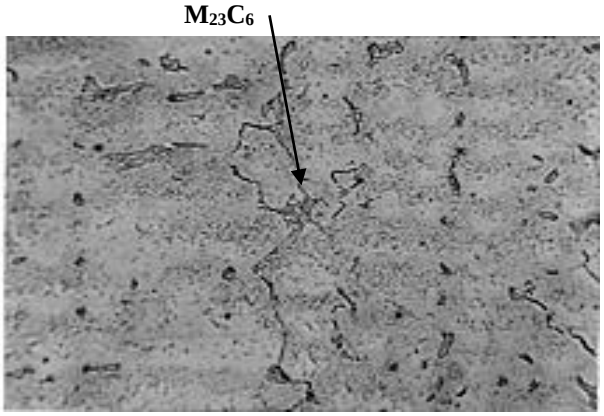


Figura 2. Microestructura tratada térmicamente a 780°C y 300 horas, observándose precipitación de carburos, A 100X.

En las microfotografías se observa el crecimiento de la austenita retenida, y el crecimiento de carburos, estos carburos emigran al borde de cristal, comenzando a diluirse y aparecen carburos en forma laminar, figura 3.

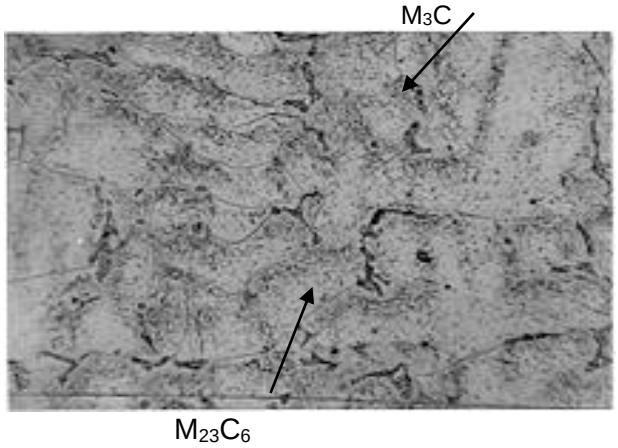


Figura 3. Microestructura tratada térmicamente a 780°C y 600 horas.

Estos carburos son del tipo M_3C y $M_{23}C_6$; la intensidad de esa precipitación depende de la temperatura y tiempo. Inicialmente, la precipitación de carburos secundarios ocurre junto a los contornos de células dendríticas, lo que evidencia una microsegregación en la superficie; con el aumento del tiempo la precipitación tiende a extenderse hacia el interior de la matriz, figura 4.

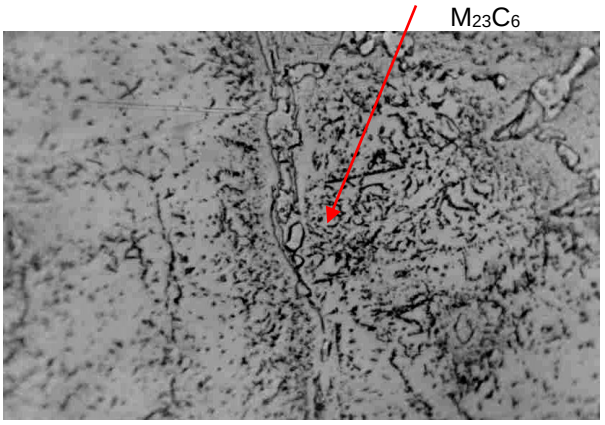


Figura 4. Micrografía obtenida de tratamiento a 780°C y 900°C

La precipitación en el acero HK40 se debe a la disolución de los carburos primarios. Esta disolución ocurre al desestabilizarse el C y el Cr contenido en estos microconstituyentes. El primer elemento en difundir hacia la matriz es el C, al sobresaturarse esa región, el Cr viaja de la zona interdendrítica hacia el centro de la matriz para buscar zonas ricas en C y formar precipitados de la forma $M_{23}C_6$.
Los precipitados formados tienen una estructura cristalina cúbica centrada en las caras, lo que hace de ellos coherentes con la matriz. Esta coherencia explica el por qué los precipitados presentan las formas antes descritas [8-9].
La austenita nuevamente sufre un cambio, observándose en la microestructura de la figura 5, vuelve aparecer el carburo del tipo $M_{23}C_6$, perjudicando a la resistencia a la corrosión

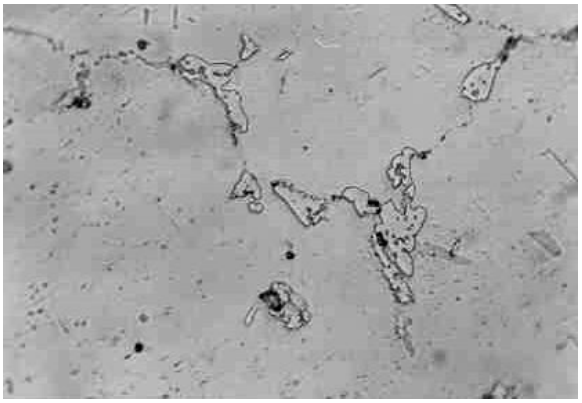


Figura 5. Microestructura a 780°C y 1200 horas

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

1) Los resultados de este trabajo nos permiten concluir algunos aspectos de carácter microestructural del

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-02, pág.: 1 a la 4.

material. En lo concerniente a la formación de fase sigma, el fenómeno ocurre claramente a temperaturas de 780°C, aumentando la cantidad relativa del compuesto con el tiempo de permanencia o de trabajo, hasta alcanzar una saturación a aproximadamente 300 horas de calentamiento.

2) Las microestructuras obtenidas se pueden observar, estas estructuras corresponden al fierro gamma o austenita y carburos del tipo M_3C, $M_{23}C_6$ y M_7C_3. Estas estructuras son las responsables del comportamiento mecánico del material, puesto que en la estructura se observa que el tamaño de grano del material se va diluyendo conforme aumenta el tiempo de permanencia del calentamiento de material.
3) La tenacidad de los carburos varía por efecto de la cinética de precipitación, haciendo a los precipitados más tenaces y por ello después de las 300 horas, la dureza del material cae.
4) La marcada aceleración de la cinética de precipitación de la fase sigma en aceros refractarios de la clase HK, bajo la presencia del carburo metaestable a temperatura ambiente, Cr7C3. Las aleaciones sin este compuesto en su microestructura y conteniendo carburos solamente del tipo Cr23C6, son menos susceptibles a la precipitación de la fase sigma. En efecto, de un tratamiento de homogeneización a 780°C por 1200 horas es suficiente para que esto suceda.

4. CONCLUSIONES

1) Cuando este acero se exponga a altas temperaturas, como se realizó en esta investigación, ocurre una precipitación de carburos secundarios en la matriz y contornos del grano, según las fotografías expuestas anteriormente.
2) La intensidad de esta precipitación de carburos depende de la temperatura y del tiempo de permanencia del material dentro del horno, lo cual nos da como resultado una reducción de la ductilidad del material. Esta ductilidad es importante para aleaciones que operan en equipos que están sujetos a súbitas variaciones de tensiones mecánicas y fatiga térmica.
3) La resistencia a la fluencia que se obtiene en este acero, tiene variaciones debido a la dilución de los carburos obtenidos y a los tiempos que se mantiene el material calentándose.

5. REFERENCIAS

1. J.R. Davies: “Heat resistant materials”; 1997, American Society for Metals Specialty Handbook.
2. J.R. Davies: “Stainless Steels”; 1994, American Society for Metals Specialty Handbook.
3. P.F. Wiefer: “Steel Casting Handbook”; 1980, Steel Founders’ Society of America.
4. B. Sasmal, “Mechanisms of formation of lamellar $M_{23}C_6$ at and near twin boundaries in austenitic stainless steels”; Metallurgical Material Transactions A, Vol. 30 (1999), p. 2791-2801.
5. Webert H. W., Fabrication of HK-40 in the field, 1975, Metchem Meeting of American Society for Metals in Houston, Texas, pp. 939-943.
6. Pecker and Bernstein. Handbook of Stainless Steels, 1977, Editorial Mc GRAW-HILL., pag. 1-30.
7. Cox, G. J. and Jordan. D. E. The proprieties of cast 25% Cr-20% Ni austenitic Steels in relation to their use at elevated temperatures. In Materials Technology in Steam. Pergamon Pree., 1966, 121-141.
8. S. J. Zhu, J. Zhao, and F. G. Wang., Creep Crack of HK-40 Steel. Microstructural Effects. 1990, pp. 2237-2241.
9. Voelker, C. H. And Zeis, L. A., How to Repair HK -40, Furnace Tube, Hydrocarbon Processing, 1972, pp. 121-124.
10. Kostorz, G. (2001). Phase Transformation in materials (Vol. 1). Berlin: Wiley.
11. Kegg, G., & Silcock, J. (1972). The shape of $M_{23}C_6$ particles. Scripta Metallurgica, 6, 1083-1086.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

M en I. Jesús García Lira, Ingeniero Metalúrgico, egresado de ESIQIE-IPN, Maestro en Ingeniería Metal-Mecánica, egresado de la División de Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM Unidad Campo 4, Académico de la Academia de Ciencias de los Materiales de ESIME- Azcapotzalco.

M en C. Martín Darío Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico, egresado de ESIME-IPN, Maestro en Ciencias de ESIME- Zacatenco SEPI, Profesor de la Academia de Ciencia de los Materiales de ESIME Azcapotzalco.

M en C Juan José Arenas Romero: Ingeniero Metalúrgico, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, Maestro en Ciencias con especialidad en Diseño Mecánico, egresado de la Sección de Estudios de posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Unidad Zacatenco) del IPN y catedrático de tiempo completo de la academia de Ciencia de Materiales de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco, del IPN.

Dr. Eduardo García Sotuyo: Ingeniero Mecatrónico egresado de UPVM, Maestro en Ciencias en Tecnología avanzada CIITEC IPN, Doctoro en Tecnología avanzada CIITEC IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-04, pág.: 1 a la 5.

Diseño de una pieza de plástico para un equipo de crioterapia

Juan José Arenas Romero*, José Alejandro Meza Ramos, Jesús García Lira, Martín Darío Castillo Sánchez

RESUMEN

El presente estudio aborda el diseño de una pieza de conexión, de una máquina de crioterapia, que sufre fracturas de forma recurrente. Las empresas que reparan éstas máquinas enfrentan la problemática de la inexistencia de piezas en el país, lo anterior hace necesario importar refacciones lo que eleva el costo y tiempo de reparación. La pieza plástica que se analiza en el presente artículo pertenece a una máquina de crioterapia de origen extranjero y tiene, en su superficie, espacios para la inserción de una manguera que transporta agua y aire y por causa de las múltiples veces en que la manguera se conecta y desconecta de la pieza, ésta comienza a presentar grietas en la superficie y posteriormente fractura. El estudio se realizó en el software SolidWorks, para un posterior análisis de fatiga de la pieza por elementos finitos. Una vez que se obtuvieron resultados satisfactorios se propone un diseño final para posterior impresión 3D.

Palabras claves:
Diseño, CAD, Impresión, FEA, Crioterapia, Fatiga.

ABSTRACT

The present study addresses the design of a connecting piece, of a cryotherapy machine, which suffers recurrent fractures. The companies that repair these machines face the problem of the lack of parts in the country, which makes it necessary to import spare parts, which raises the cost and time of repair. The plastic part analyzed in this article belongs to a cryotherapy machine of foreign origin and has, on its surface, spaces for the insertion of a hose that transports water and air and because of the multiple times in which the hose is connected and disconnected from the piece, it begins to present cracks on the surface and later fracture and repair time. The study was performed in SolidWorks software, for a subsequent finite element fatigue analysis of the part. Once satisfactory results were obtained, a final design is proposed for subsequent 3D printing.

Keyword:
Design, CAD, Impression, FEA, Cryotherapy, Fatigue.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de las industrias que trabajan con maquinaria o equipos de origen extranjero se enfrentan al problema de conseguir piezas en su localidad a precios accesibles para realizar reparaciones. Debido al desarrollo tecnológico del país y la falta de profesionales calificados, este tipo de materiales o piezas se tienen que importar, elevando los costos de producción y de mantenimiento. La pieza plástica que se analiza en el presente artículo pertenece a una máquina de crioterapia de origen norteamericano y se muestra en la figura 1. El objeto tiene en su superficie espacios para la inserción de una manguera que transporta agua y aire. Debido a las múltiples veces en las que la manguera se conecta y desconecta de la pieza esta última comienza a presentar grietas en la superficie y posteriormente fractura.



Figura 1.- Pieza a Analizar y Diseñar (fuente propia)

*Juan José Arenas Romero, Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencia por la SEPI Zacatenco, IPN, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco, Academia de Ciencia de los Materiales, jarenasr@ipn.mx.
José Alejandro Meza Ramos, Instituto Politécnico Nacional, Ingeniero Mecánico Egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco,
Jesús García Lira, Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ingeniería por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, de la Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco, Academia de Ciencia de los Materiales, jgarcialira@gmail.com.
Martín Darío Castillo Sánchez, Instituto Politécnico Nacional, Doctor en Ciencia por la SEPI Zacatenco, IPN, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Academia de Mecánica, avinfer@hotmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-04, pág.: 1 a la 5.

Para resolver la situación se planteó en primera instancia comprar máquinas de segunda mano o que no funcionaran y usar las partes como refacción para las máquinas que seguían en operación. Esta idea fue abandonada cuando se realizaron las cotizaciones de los equipos y se consideraron los costos de envió. La importancia de diseñar el elemento plástico se volvió evidente cuando se realizó la inspección a otros equipos y se observó la aparición de grietas en su superficie. Se notó que a pesar de que algunos equipos no operan por largos periodos de tiempo la situación de fugas se presenta, esto se atribuye al diseño interior del fragmento plástico. Se planteó entonces la idea de rediseñar la parte interior del material plástico y realizar ensayos computacionales (simulaciones) para observar su comportamiento y mejorarlo.

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

Para la solución del diseño de la pieza plástica se realizaron 2 prototipos con las medidas de la pieza hechas con un calibrador vernier digital. Los prototipos se dibujaron en SolidWorks y se realizaron análisis estáticos para poder observar en donde ocurren concentraciones de esfuerzos y proponer chaflanes y redondeos para eliminarlos. En caso de ser necesario de considerará aumentar el espesor de la pieza. El material plástico seleccionado, para el ensayo, será de Acrilo-Estiren-Butadieno (ABSPC).

Fatiga.

Cuando un elemento se expone a cargas variables con el tiempo, se dice que está expuesto a fatiga, existen diversas formas en las que se puede aplicar una carga, se enlistan las más frecuentes:

- Estática
- Repetida e invertida
- Fluctuante
- Choque o impacto
- Aleatoria

Considerando que en la máquina las personas ejercen distintas magnitudes de fuerza para conectar de forma correcta el equipo, se consideró que la pieza está sometida a cargas fluctuantes ya que siempre son en una misma dirección. Realmente la pieza se encuentra sometida a una carga aleatoria, pero para poder realizar simulaciones y evitar posteriores métodos estadísticos, se abordó el problema considerando cargas fluctuantes.

Determinación de esfuerzos.

Actualmente, existen estudios para las medidas corporales de la población latina, pero no se dispone información sobre la fuerza o el momento lineal que ejerce un golpe o un brazo humano. De acuerdo con Dr. Shirley Kindrick, el peso de un brazo humano es de aproximadamente 6.5 % del peso total. Si se considera el peso promedio del mexicano en 74 kg (según el INEGI) y que este se expone a la aceleración gravitacional, se tiene lo siguiente.

$$W = \left(9.81\frac{m}{s}\right)(0.06)(78kg) = 45.91\ N$$

A continuación, se determina el área expuesta a la carga mediante el siguiente modelo matemático y se utiliza el software SolidWorks.

Por lo tanto, el esfuerzo es:

$$\sigma_{max} = \frac{45.91N}{0.0014\ m^2} = 32{,}792.85\ {}^{N}/_{m^2}$$

Concentraciones de esfuerzos.

Otro factor para considerar es la concentración de esfuerzos presentes en la pieza plástica, ya que no se aprecian redondeos, nervios o chaflanes para disminuirlos.

En las ilustraciones se muestra de perfil la pieza y se aprecian variaciones abruptas de sección transversal.

Las concentraciones de esfuerzos se presentan cuando existen variaciones en la sección transversal de una pieza que está sometida a una carga. Las variaciones en la geometría de la pieza aumentan el valor del esfuerzo al que está sometida pieza, por un factor conocido como factor de concentración de esfuerzo. Debido a que la mayoría de las tablas para determinar el factor antes mencionado son para ejes de elementos giratorios, se considera un redondeo de 2 mm para eliminar los concentradores ya que este valor se emplea en ejemplos de la literatura de diseño de elementos mecánicos.

Desarrollo del prototipo 1.

Durante esta primera fase del desarrollo se realizaron bosquejos y se midió con detenimiento las partes importantes de la pieza. No se realizaron modificaciones a éstas y se mantuvo el dibujo CAD lo más fiel a la pieza real. Se realizaron análisis de elemento finito de la pieza sin modificaciones (Ver figuras 3 a 5, Fuente propia)

Desarrollo del prototipo 2.

El prototipo dos involucra modificaciones internas de la pieza para soportar los esfuerzos y se añaden en las partes importantes para la inserción de elementos electrónicos (Ver figuras 6 y 7, Fuente propia)

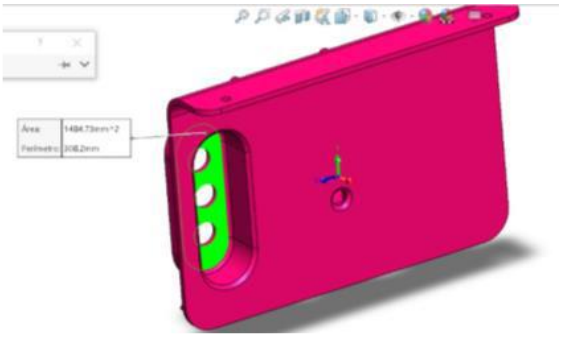


Figura 2.- Área expuesta a carga

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-04, pág.: 1 a la 5.

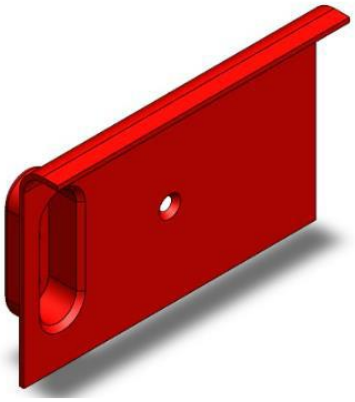


Figura 3.- Prototipo 1

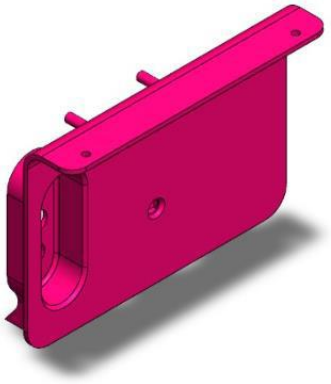


Figura 6.- Prototipo 2

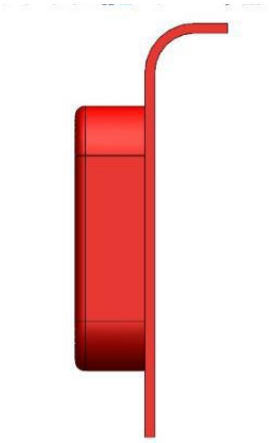


Figura 4.- Prototipo 1, vista lateral

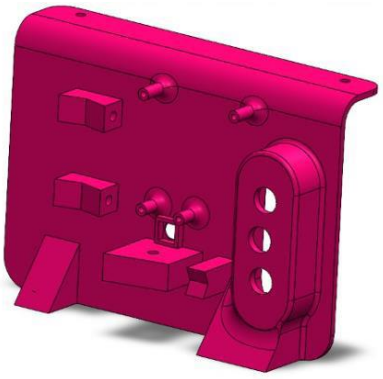


Figura 7.- Prototipo 2, vista posterior

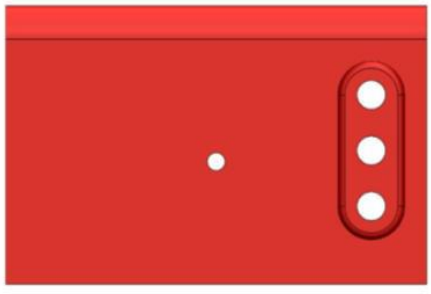


Figura 5.- Prototipo 1, vista posterior

Análisis de elementos finitos. Análisis estáticos

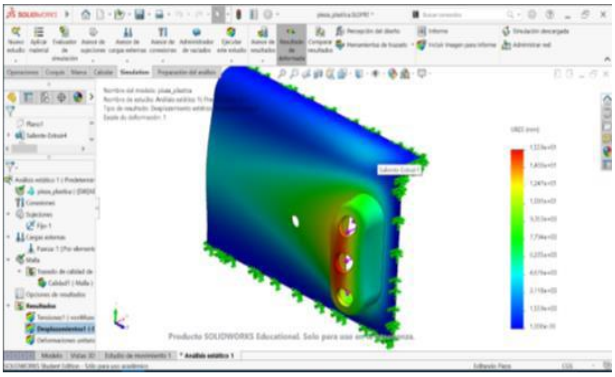


Figura 8.- Desplazamientos. Prototipo 1

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-04, pág.: 1 a la 5.

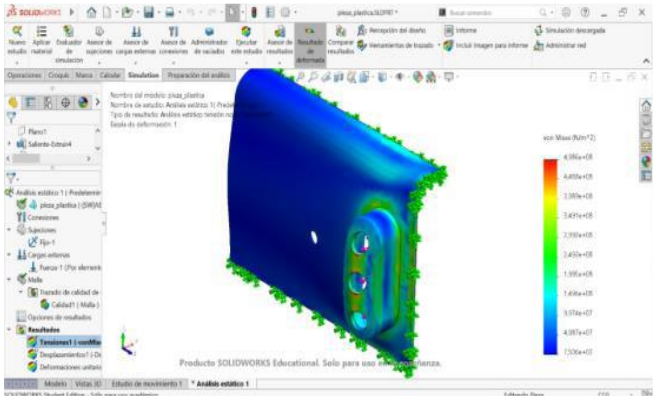


Figura 9.- Esfuerzos. Prototipo 1

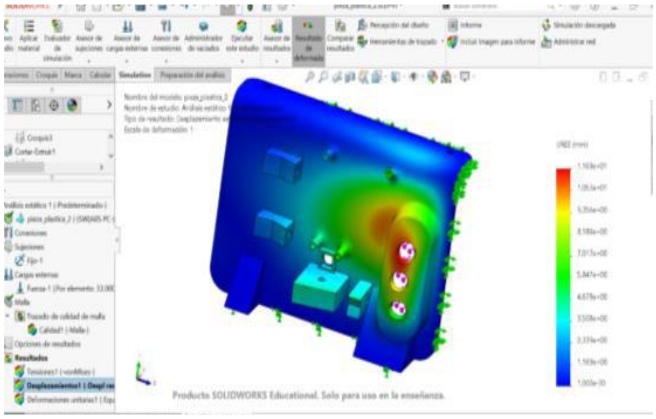


Figura 10.- Desplazamientos. Prototipo 2

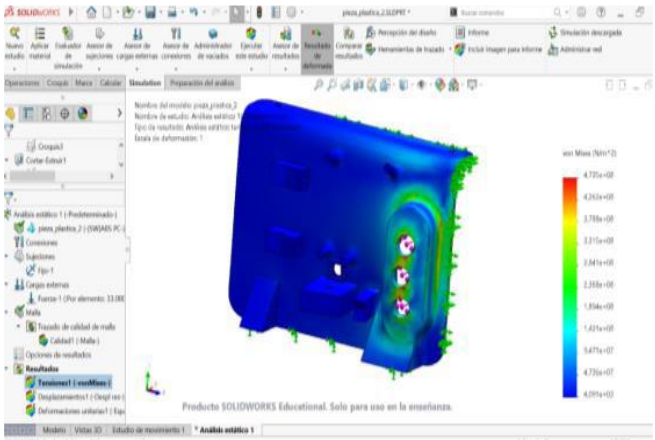


Figura 11.- Esfuerzos. Prototipo 2

NOMENCLATURA

Peso y Esfuerzo
W = Peso de la persona, N

Esfuerzo Máximo
σ_{max} = Esfuerzo máximo, N/m^2

RESULTADOS

Después de hacer los ensayos correspondientes se analizaron éstos, mostrados en la tabla 1

Tabla 1.- Resultados de los análisis de esfuerzos estáticos, en SolidWorks

	Desplazamientos (mm)	Esfuerzos (N/m^2)
Prototipo 1	1,559e+01	4,986e+08
Prototipo 2	1,169e+01	4,735e+08

CONCLUSIONES

De acuerdo con la tabla 1, se obtuvo una mejora en los desplazamientos y los esfuerzos obtenidos. Durante la realización de estos estudios se consideró una fuerza perpendicular a la superficie. Aunque la mejora es apreciable debe considerarse para ensayos futuros un análisis de fatiga por computadora y un ángulo entre la superficie la conexión y la fuerza aplicada, ya que ésta consideración permitiría en principio obtener mejores resultados por la descomposición de fuerzas. El ángulo anteriormente mencionado se debe a que la maquina opera al nivel del suelo y los usuarios al inclinarse a realizar la conexión, forman el ángulo con su mano.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas (4a. ed., 4a. reimp.). México: S.P.I.
cuanto-pesa-el-brazo-humano.https://es.411answers.com/a/cuanto-pesa-el-brazo-humano-promedio.html
shirley-kindrick.https://www.healthgrades.com/providers/shirley-kindrick-3g2tw
como-es-el-mexicano-promedio-via-el-pais.https://imco.org.mx/como-es-el-mexicano-promedio-via-el-pais/#:~:text=El%20mexicano%20promedio%20pesa%20entre,las%20mujeres%20tiene%202.3%20hijos.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Juan José Arenas Romero: Ingeniero Metalúrgico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, Maestro en Ciencias orientación Diseño Mecánico, egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Unidad Zacatenco, del IPN

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-04, pág.: 1 a la 5.

Alejandro Meza Ramos: Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco del IPN.
Jesús García Lira: Ingeniero Metalúrgico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN, Maestro en Ingeniería orientación Metal Mecánica egresado de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM
Martín Darío Castillo Sánchez: Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco del IPN, Doctor en Ciencias egresado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Unidad Zacatenco, del IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

Estudio y análisis de la zona afectada por calor en una unión disímil de acero inoxidable 304 y fundición de hierro gris con parte 308-16.

***Diego Sanchez García*, Héctor Enrique Curiel Reyna, Noe Alberto Cortes Guerrero, Raúl Dalí Cruz Morales, Gonzalo Hedain López Mera.**

RESUMEN

Cada día es más común que en el sector industrial, específicamente en el sector metalmecánico, se realicen uniones de materiales totalmente diferentes (materiales disimiles). Esto a menudo se justifica mediante la búsqueda de nuevos desarrollos, en los cuales se optimice el uso de materiales y el diseño, logrando con ello ahorros significativos de tiempo y dinero dentro de los procesos productivos del sector. En contraste, existe otra fuente de motivación para la realización de estas uniones, la cual surge de la imperativa necesidad de atender los requerimientos de mantenimiento de equipos y/o estructuras sin afectar la productividad de la empresa, lo anterior, obliga a los trabajadores de mantenimiento a realizar este tipo de uniones deliberadamente. Con una simple inspección visual de la unión podría parecer viable y aceptable. Sin embargo, se deben realizar estudios metalúrgicos pertinentes para evaluar lo que sucede en la unión y en los alrededores de los materiales base.

Dentro de este trabajo se estudió y analizó la zona afectada por calor (ZAC) de la unión por soldadura de arco entre una fundición de hierro gris y acero inoxidable 304, usando como material de aporte un electrodo 308-16. Ambos materiales base son empleados cotidianamente en diversos sectores de la industria. Se obtuvo una probeta unida por soldadura de arco eléctrico, la cual fue caracterizada mediante metalografía, fue sometida a un mapeo de dureza Vickers y fue ensayada bajo tracción. Los resultados revelan que hay evidencia de transformaciones de fase importantes en la zona adyacente a la línea de fusión y el material base de fundición de hierro gris. Dichas transformaciones afectan directamente el desempeño mecánico de la muestra. Se reveló que hay proliferación de transformaciones martensíticas y la formación de microgrietas entre nódulos de grafito, formados por la descomposición de las hojuelas de grafito, esto reduce la resistencia de la unión a la vez que puede dotar de cierto grado de ductilidad. La curva carga-desplazamiento presenta un comportamiento característico de un material frágil. Se obtuvo una resistencia a la tracción de 294.2 MPa equivalente a una carga de 16.6 KN. Con los resultados mostrados en este trabajo se demuestra que la realización y uso de soldadura en materiales disimiles debe considerar naturaleza de los materiales base, la interacción entre ellos y el material de aporte. Con el fin de evitar transformaciones adversas que puedan ocasionar una falla prematura del componente o estructura.

Palabras claves: acero austenítico, hierro gris, resistencia mecánica, transformaciones de fase, manufactura.

ABSTRACT

Nowadays it is usual that joints of totally different materials (dissimilar materials) are made in the industrial sector, especially in metalworking. This is often justified by the search for new developments, in which the use of materials and design are optimized, thereby achieving significant savings in time and money within the productive processes of this sector. On the other hand, there is another source of motivation for carrying out these types of joints, which arises from the imperative necessity to satisfy maintenance requirements of equipment or structures without affecting the company's productivity. This obliges the maintenance workers to do these joints deliberately. Only with a simple visual inspection of the joint, it could appear workable and acceptable. However, relevant metallurgical studies must be carried out to evaluate what happens at the junction and in the surroundings of the base materials.

Within this research work, the heat-affected zone (HAZ) of the arc welding joint between grey cast iron and 304 stainless steel was studied and analyzed, using a 308-16 electrode as filler material. Both base materials are used daily in various sectors of industry. A specimen joined by electric arc welding was obtained, characterized by metallography, subjected to Vickers hardness mapping, and tested in traction. The results reveal evidence of important phase transformations in the adjacent area to the fusion line and the gray iron cast base material. These transformations directly affect the mechanical performance of the sample. It was revealed that there is a proliferation of martensitic transformations and the formation of microcracks between graphite nodules, formed by the decomposition of graphite flakes, this reduces the strength of the joint while it can provide a certain degree of ductility. The load-displacement curve presents a characteristic behavior of a brittle material. A tensile strength of 294.2 MPa was obtained, equivalent to a load of 16.6 KN. The results shown in this work demonstrate that the performance and use of welding in dissimilar materials must consider the nature of the base materials, and the interaction between them and the filler material. To avoid adverse

* Institución, Escuela, Departamento, Correo electrónico. Información de adscripción, grados del autor y coautores del artículo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

transformations that could cause premature failure of the component or structure.
Keywords: austenitic stainless steel, gray iron, mechanical strength, phase transformations, manufacture.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el uso de las fundiciones de hierro ha tomado gran importancia en la industria automotriz debido a su relativa facilidad de producción en corporación con los aceros, Pouranvari, (2010) y Singhal *et al*., (2020). Por fundiciones de hierro o hierro colado comúnmente se hace referencia a aleaciones con matriz de hierro con adiciones de carbono > 2.0 % peso y de silicio principalmente. Sin embargo, es común en la práctica la adición de elementos de aleación que dotaran de mejores propiedades a estos materiales y que dependerá de la aplicación que se requiera. Dentro de los elementos de aleación adicionados comúnmente está el manganeso, fósforo, azufre, cromo, níquel entre otros. El Cr y el Ni son añadidos para obtener fundiciones de hierro de alta aleación con un contenido > 3% peso de elementos de aleación, Committee, (1990). La principal ventaja de procesamiento de las fundiciones de hierro frente a los aceros es la flexibilidad en la producción de estas aleaciones ya que las fundiciones no requieren de un control composicional estrecho como en los aceros. Otra ventaja de suma importancia es la temperatura de fusión de estos materiales. A causa del alto contenido de carbono, usualmente entre el 2 y el 4.26% peso de carbono, se puede observar del diagrama de fases metaestable Fe − Fe_3C que a composiciones cercanas al 4.26% de carbono se da la reacción invariante de tipo eutéctica, propiciando así la fusión de estas aleaciones a cientos de grados Celsius por debajo del punto de fusión de los aceros. Sin embargo, es importante tener claro que estas aleaciones también tienen contenidos de silicio considerables. Esto tiene implicaciones importantes en el uso de los diagramas de equilibrio. El efecto que tiene el silicio sobre el carbono y como ambos elementos modifican las reacciones invariantes se relacionan mediante la siguiente ecuación:

$$CE = \%C + \frac{1}{3}\%Si \quad (1)$$

donde *CE* es el carbono equivalente y contempla el efecto del silicio sobre los cambios en las líneas de transformación del diagrama fases estable Fe − C, si se tiene un valor de CE = 4.3 la aleación es eutéctica. Si CE < 4.3 es hipoeutéctica y si CE < 4.3 es hipereutéctica. La ecuación (1) puede ser modificada con el fin de contemplar el efecto del fósforo; un elemento que tiene implicaciones importantes en las fundiciones de hierro. En la ecuación (2) se muestra la relación entre el C, Si y P sobre el CE.

$$CE = \%C + \frac{\%Si+\%P}{3} \quad (2)$$

Dependiendo del potencial de grafitización y de la rapidez de enfriamiento las fundiciones de hierro se pueden clasificar en:

- Fundición gris.
- Fundición atruchadas o moteadas.
- Fundición blanca

Sin embargo, la clasificación presentada anteriormente puede tener subtipos en función de la morfología del grafito libre en el caso de las fundiciones grises y del tipo de microconstituyentes y fases presentes, Davis y Committee (1996).

Otro material de importancia en habito industrial y de las ingenierías son los aceros inoxidables, este tipo de aleaciones tiene resistencia elevada al manchado, decoloración y pérdida de masa debido a la corrosión, estas características son inherentes al contenido de Cr que tienen. El Cr propicia la formación de una capa pasivada de oxido en la superficie del material que aísla el material del sustrato de las atmósferas adversas, Bhadeshia y Honeycombe (2024). Dependiendo de la adición de elementos de aleación los aceros inoxidables pueden ser:

- Austeníticos (adición de Ni).
- Dúplex (mezcla de ferrita y austenita).
- Ferríticos (mayor cantidad de Cr).
- Martensíticos (mayores contenidos de carbono).
- Endurecibles por precipitación (PH).

El acero 304 corresponde al tipo autentico; es comúnmente empleado en la industria alimenticia, química y de producción de energía (reactores nucleares) principalmente. Este acero posee la característica de no ser magnético, lo cual también lo hace idóneo para aplicaciones donde hay campos presencia de campos electromagnéticos y para la industria médica, Committee (1990).

Debido a la gran importancia de estos dos materiales no es poco común encontrar interacción entre ellos dentro del ámbito industrial. Ya sea de forma intencional o no. Por tal razón, se deben tener consideraciones importantes al realizar uniones entre materiales de composición diferente (materiales disímiles) como es el caso de los dos materiales base contemplados en este trabajo.
A pesar de que la mayoría de los casos encontrados en la industria son de índole empírica, existen algunos estudios y trabajos de investigación que se enfocan en la interacción entre fundiciones de hierro gris y aceros inoxidables, Wijoyo *et al*., (2019). Por ejemplo, en el trabajo de Lichaei y Derakhshandeh-Haghighi (2023) se estudió la influencia del material de aporte de electrodos recubiertos y el efecto de los tratamientos térmicos posteriores a la soldadura en la reparación de tuberías de hierro colado como una alternativa al método de costura y bloqueo; determinaron que es necesario la realización de tratamientos térmicos posteriores a la soldadura para evitar grietas entre el material depositado y la Zona Afectada por Calor (ZAC).
En el artículo de Pouranvari (2010) se investigó el efecto de los tratamientos térmicos post-soldadura en la microestructura y dureza de las uniones. Se determinó el efecto benéfico de los postratamientos sobre la descomposición de las fases de hierro blanco y martensita en la zona de fundición y de la disolución de la martensita formada en la ZAC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

Hamilton *et al*., (2022) y Hamilton, *et al*., (2023) analizaron las relaciones entre propiedades-estructura y parámetros del proceso deposición para la realización de reparaciones en fundiciones de hierro gris usando acero inoxidable 316L utilizaron como alternativa a métodos convencionales de soldadura, el método de deposición por energía directa (método de manufactura aditiva) con este método se controla de mejor forma la entrada de energía térmica en comparación con los procesos de soldadura comunes, con ello se reduce la formación de porosidades y de fases frágiles. Determinaron que la dilución del material base y los esfuerzos residuales son altamente dependientes de los parámetros del proceso de deposición. Muestras con una alta energía volumétrica de entrada, es decir: una bajas velocidad de escaneo y alta rapidez de alimentación de polvo mostraron una mejor densidad (baja porosidad) y bajos esfuerzos residuales. Sin embargo, mostraron una baja dilución en el sustrato. La resistencia y la vida en fatiga de las reparaciones fue evaluada, determinando que la mejoría de estas dos propiedades de asocia con altas velocidades de escaneo y bajos gradientes térmicos. El estudio de las transformaciones fase y el efecto de los gradientes composicionales de los materiales debe ser evaluado para contemplar el efecto que tendrá la unión en las propiedades de los materiales base.

En el artículo de Li *et al*., (2023) se estudian capas de acero inoxidable 316L depositadas por medio de dos procesos, superficies de soldadura y revestimiento por láser sobre sustratos de acero 27SiMn se encontró que en ambos casos se presenta la formación de granos columnares, siendo ligeramente más grandes los granos de las superficies generadas por soldadura, en comparación con los revestimientos hechos con láser. El material depositado por el método láser presentó mejores propiedades de resistencia a la corrosión y al desgaste en comparación con el otro método, esto se debió a la rapidez de enfriamiento y a las entradas de energía térmica suministradas por cada método.

Heider *et al*., (2020) estudiaron la microestructura y la resistencia a la corrosión de capas de aceros dúplex adicionadas por medio soldadura GMA-SW y PTA-SW sobre componentes de bombas de fundición de hierro gris. Encontraron que entradas de calor elevadas con bajas rapideces de enfriamiento promueven la formación de carburos; que al mismo tiempo tienen un efecto adverso sobre la resistencia a la corrosión en solución salina. Revelaron mediante pruebas de polarización potenciodinámica que hay corrosión selectiva en la intercara entre los carburos de Cr y la austenita empobrecida de Cr.

La soldadura de los aceros inoxidables debe realizarse de manera consciente con el fin de evitar la formación de fases no deseables que contribuyan a la falla prematura de los componentes de acero inoxidable como ferrita delta Choi *et al*., (2024).

La reparación de componentes fabricados con fundiciones de hiero gris comúnmente se realiza con electrodos de Ni ya que presentan buena soldabilidad y reducen la presencia de fase duras y frágiles en la línea de fundición, Sommer *et al*., (2021).

Finalmente, y con base a lo presentado en líneas anteriores, se establece la motivación del presente trabajo de investigación, el cual busca contribuir en el estudio de la unión disímil de estos dos materiales, ya que se requiere de investigación sólida y contundente que ayude a optimizar el desarrollo microestructural logrando propiedades mecánicas adecuadas en las uniones realizadas; que no afecten en gran medida la naturaleza conceptual de los materiales base.

METODOLOGÍA

Para la realización de esta investigación se utilizó el proceso de soldadura de arco eléctrico utilizando como materiales base una fundición de hierro gris perlítica y acero inoxidable 304. Como material de aporte se empleó un electrodo recubierto E 308-16. En la Tabla 1 se muestra la composición nominal de los tres materiales utilizados. Se elaboraron probetas de unión ente la fundición gris y de acero inoxidable 304 a partir de placas de 120.0x150.0x4.0 mm para la unión se empleó una máquina Infra Modelo MI2-300 CA/CD-AF en corriente directa PI de 70 A. Inmediatamente después del proceso de unión las probetas se sometieron enfriamiento rápido en agua fría, esto con el fin de analizar los efectos en la ZAC.

La placa unidad fue seccionada, con ayuda de un disco abrasivo con refrigeración líquida, para la obtención de tres probetas a las cuales fueron utilizadas para las siguientes pruebas: Mapeo de dureza Vickers-2 cada 0.0125” (0.317mm) realizando un total de 101 indentaciones en un durómetro Otto Wolper Modelo Dial Testor 2 Rc (probeta 1), estudio metalográfico de la zona de unión mediante microscopia óptica usando un microscopio Meiji Techno Modelo IM700 (probeta 2) y ensayo de tracción de acuerdo con la norma ASTM E8 en una máquina universal de ensayos marca Instron Modelo 600DX (Probeta 3).

La particular complejidad de llevar a cabo la unión entre estos materiales se debe a que sus procedimientos de soldadura son diferentes en cuanto a su velocidad de enfriamiento, ya que para la fundición de hierro la temperatura debe permanecer en el metal, con el fin de que se favorezcan la formación de sus componentes microestructurales, que son la ferrita, perlita y grafito por medio de la difusión. En caso del acero 304, la velocidad de enfriamiento debe ser rápida para evitar que se formen componentes que dañe sus propiedades de resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas como son carburos de cromo y fase sigma que se precipitan en la zona intercristalina entre 400°C y 800°C.

Tabla 1.- Composición nominal de materiales base y material de aporte.

Material	% C	%Si	%Mn	%S	%P	%Ni	%Cr
Hierro Gris	2.43	1.35	0.62	0.15	0.25	-	-
304	≤ 0.08	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.030	≤ 0.045	18-20	8.0-10.5
308-16 (aporte)	≤ 0.04	≤ 1.0	0.5-2.5	≤ 0.030	≤ 0.045	9-11	18-21

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

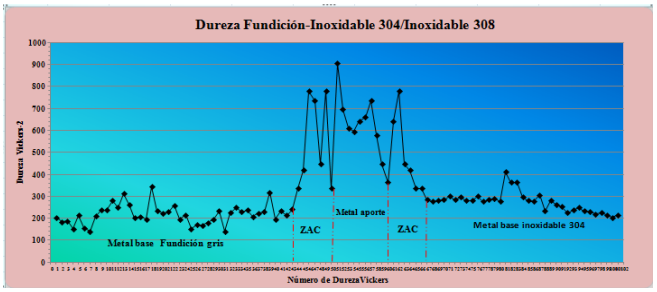


Figura 1.- Mapeo de dureza Vickers (HV-2) de la unión disímil Hierro gris y acero inoxidable 304. Fuente: Diseño propio del autor.

Tabla 3.-Resultados del ensayo de tracción. Fuente: Diseño propio del autor.

Resultados del Ensayo		
Datos	**Sistema Inglés**	**Sistema Métrico**
Ancho	0.4085 in	10.375 mm
Espesor	0.1925 in	0.48895 mm
Área	0.07863 in^2	50.733 mm^2
Resistencia a la tracción	42670.03 lb/in^2	294.1995 MPa
Punto máximo Carga	3752.48 lbf	16.6419 KN
Longitud de galga de la probeta	2 in	50.8 mm
Módulo de Young	481.385 N/in	12227.18 N/mm
Área debajo de la curva	14.767 ft*lb	20.0227 J
Carga en el punto de rotura	8.8125 lbf	0.0392 KN

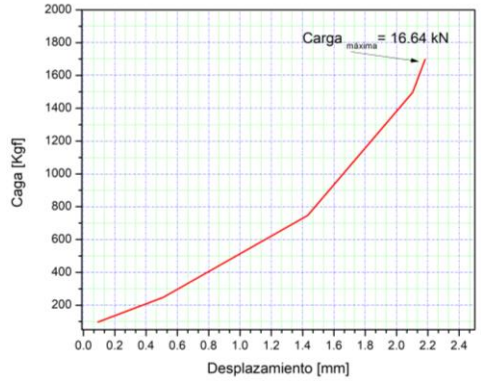


Figura 2.- Curva carga-desplazamiento de la unión disímil. Fuente: Diseño propio del autor

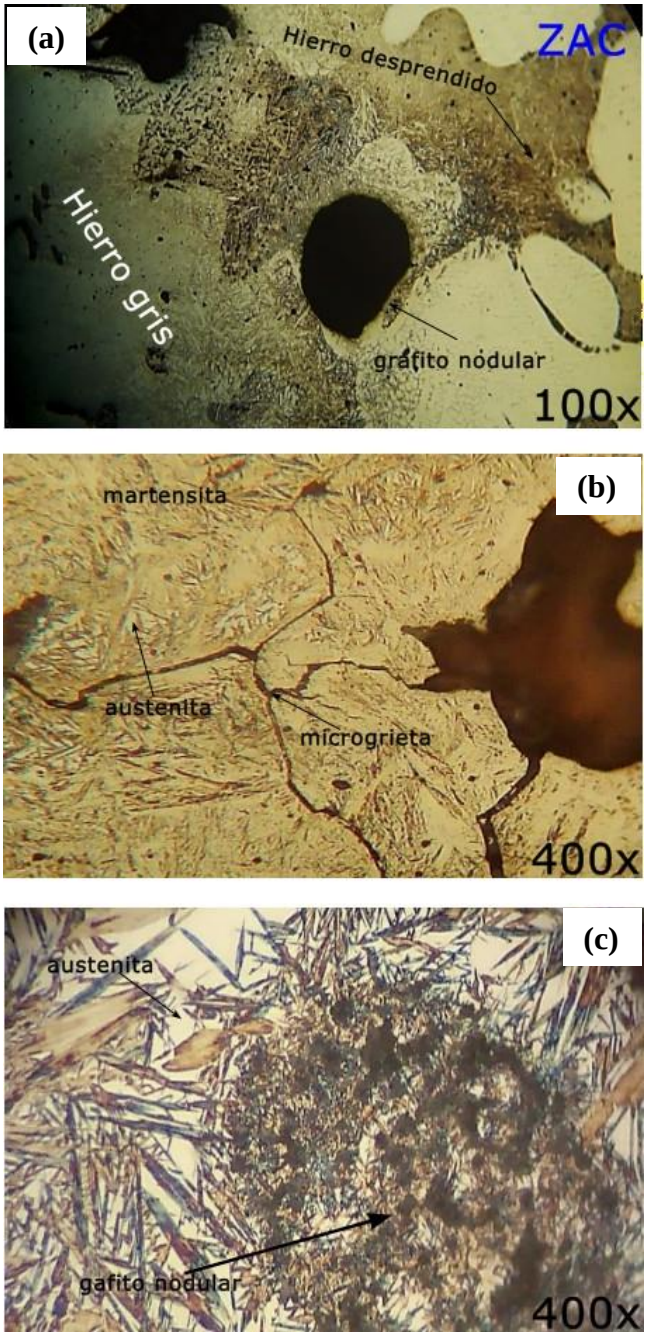


Figura 3.- Micrografías de la intercara entre el hierro gris y la zona fundición del metal de aporte a diferentes aumentos. Ataque químico con Nital al 2%. Fuente: Diseño propio del autor

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

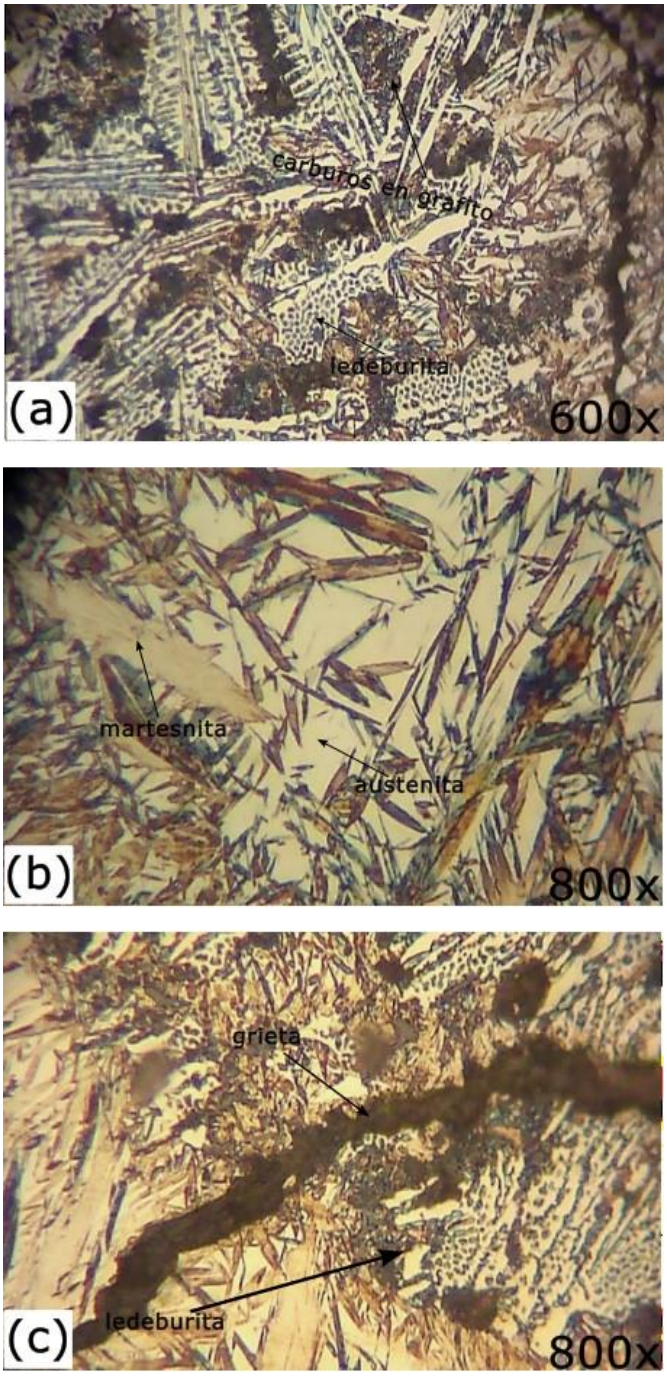


Figura 4.- Micrografías de la intercara entre el hierro gris y la zona fundición del metal de aporte a mayores aumentos que la figura 3. Ataque químico con Nital al 2%. Fuente: Diseño propio del autor

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Figura 1 se puede apreciar un cambio significativo en la dureza en ambas zonas afectadas por el calor y principalmente en el área de material de aporte. La dureza de los metales base se muestra dentro de un rango 202 de dureza Vickers. Es evidente que el cambio en la dureza de los metales base es muy distinto a la dureza que se presenta en las Zonas Afectadas por el Calor en ambas partes.

En la Figura 5 se muestra un análisis estadístico realizado con las 101 lecturas realizadas en el durómetro, se obtuvo un análisis estadístico para poder obtener los valores máximos y mínimos de dureza y la media que representa un valor de dureza ideal de la probeta.

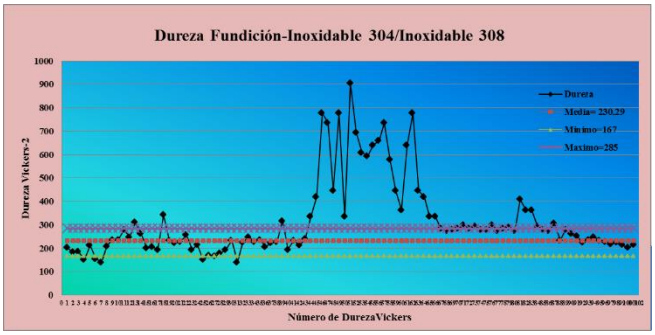


Figura 3.- Análisis estadístico del Mapeo de dureza HV-2 de la unión disímil Hierro gris y acero inoxidable 304. Fuente: Diseño propio del autor.

En la Tabla 2 se resumen los valores de la media, desviación estándar, el valor de dureza mínimo y máximo respectivamente.

Tabla 2.- Medidas del análisis estadístico. Fuente: Diseño propio del autor.

Análisis estadístico	
Medida	**Valor**
Media	230.29
Desviación estándar	30.19
Mínimo	167
Máximo	285

En la Figura 5 se representa con una línea roja el valor medio de las durezas, este valor de acuerdo con el análisis estadístico corresponde al valor de 230.29 HV-2, este valor representa la dureza ideal del material estudiado. De forma análoga, de los resultados de dureza se puede observar una variación significativa en los valores correspondientes a la fundición gris en comparación con los valores reportados para el acero inoxidable, esto se comprueba al obtener la desviación estándar de las durezas de ambos materiales; tomando

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ID-06, pág.: 1 a la 7.

como base la media de las durezas, existen un mayor número de lecturas fuera del máximo y el mínimo de la desviación estándar en la fundición gris, esto se debe a la presencia de mezcla de fases y a las láminas de grafito propias de este material.

Las observaciones realizadas en la ZAC, sobre y cerca de la línea de fusión de la fundición gris, mostraron una variedad de estructuras de diferentes morfologías, tales como la presencia de martensita, ledeburita, grafito en hojuelas y nodular, austenita retenida, carburos globalizados, fisuras y grietas. Se debe hacer notar que la unión de los materiales se hizo de acuerdo con el procedimiento de la soldadura de los aceros inoxidables austeníticos, por lo que después de realizar la soldadura se debe enfriar rápidamente, esto explica porque la presencia de la martensita, las fisuras y grietas presentes. Sin embargo, la presencia de ledeburita, grafito en la ledeburita, fisuras y grietas que corren de nódulo a nódulo de grafito, así como el desprendimiento de porciones de la fundición gris en el metal de aporte con la característica de islas de fundición en el material solidificado del acero inoxidable del electrodo tipo 308, es una condición inédita de la forma de la soldadura como se conoce hasta en este momento.
Los resultados del ensayo de tracción en la ZAC de la fundición muestran que la resistencia a la tensión es ligeramente superior a la resistencia de la fundición gris en su límite superior. La resistencia máxima de carga en el punto de ruptura permite que con el módulo de Young se pueda determinar el alargamiento de la fundición gris en la ZAC. La cual es significativamente pequeña, derivado de este hecho se puede inferir que su fractura es del tipo frágil, y por último la energía que absorbida hasta la fractura puede ser considerada como alta.

CONCLUSIONES

La fundición gris muestra una variedad de microestructuras en la zona afectada por el calor, provocadas por el enfriamiento brusco inherente al procedimiento de soldadura que se utilizó. El cual fue preferente para salvaguardar las propiedades de resistencia a la corrosión del acero 304.
Todas las lecturas de dureza de las zonas afectadas por el calor, así como las lecturas del material de aporte esta fuera de la dureza promedio de la fundición gris y del acero inoxidable 304 debido a las transformaciones ahí ocurridas como la formación martensita y de carburos verificadas mediante el estudio metalográfico.
En la zona afectada por el calor la microestructura predominante fue la martensita; dada su naturaleza cristalina se puede considerar como la promotora de las microfisuras, fisuras y grietas que se revelaron.
La propagación y coalescencia de las fisuras se llevó a cabo a través del grafito. También se presentó un cambio en la morfología del grafito, este pasó de hojuelas a glóbulos en la ZAC.

Se encontraron porciones de la fundición de hierro que no alcanzaron la temperatura liquidus en la línea de fusión, sino que se desprenden porciones que se quedan en el material de aporte solidificado.
La presencia de ledeburita en la ZAC de la fundición gris es una estructura totalmente anómala.
La resistencia a la tensión a pesar de ser elevada no sería confiable por la presencia de fisuras y microfisuras en la ZAC.
La deformación plástica en la ZAC es significativamente pequeña.
Por la presencia de la martensita en la ZAC la energía necesaria para producir la fractura del ensayo de tensión es significativamente alta.

Finalmente, como conclusión general se puede considerar que el procedimiento empleado para soldar acero inoxidable austenítico, que es un enfriamiento brusco después de soldarse la unión, con el fin de evitar la sensitización del acero, no es válido para soldar fundiciones del tipo gris, ya que se producen cambios estructurales significativos. Ya que de una estructura perlítica pasa a una estructura martensítica, que provoca un estrellamiento por la presencia de fracturas en la fundición gris.

AGRADECIMINTOS

Los autores agradecen al proyecto CI2446 y al Laboratorio de Tecnologías de Materiales del Departamento de Ingeniería de la FES-Cuautitlán por el apoyo y facilidades brindadas para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

H. K. Bhadeshia y R. W. Honeycombe (Eds.), *Steels (fifth edition)* (Fifth Edition ed., p. 347-381). Butterworth-Heinemann. Descargado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443184918000186 doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-44-318491-8.000186

Choi, D., Nam, J., Moon, B., Saha, S. K., Yoo, J., Park,J. M., Kang, N. (2024). Effect of ferrite and strain-induced martensite on hydrogen embrittlement of sts 308l and sts 316l all-weld metals. CorrosionScience,231,111977.
doi:10.1016/J.CORSCI.2024.111977

Committee, A. H. (1990). Properties and Selection: Irons, Steels, and High- Performance Alloys. ASM International. Descargado de https://doi.org/10.31399/asm.hb.v01.9781627081610
doi: 10.31399/asm.hb.v01.9781627081610

Davis, J., y Committee, A. (1996). ASM specialty handbook: Cast irons. ASM International.

Hamilton, J. D., Sorondo, S., Greeley, A., Zhang, X., Cormier, D., Li, B., Rivero, I. V. (2022, 9). Property-structure-process relationships in dissi- milar material repair with directed energy deposition: Repairing gray cast iron using stainless steel 316l. Journal of Manufacturing Processes, 81, 27-34.
doi: 10.1016/J.JMAPRO.2022.06.015

Hamilton, J. D., Sorondo, S., Li, B., Qin, H., y Rivero, I. V. (2023). Mechanical behavior of bimetallic stainless steel and gray cast iron

repairs via direc- ted energy deposition additive manufacturing. Journal of Manufacturing Processes, 85.
doi: 10.1016/j.jmapro.2022.12.029

Heider, B., Oechsner, M., Reisgen, U., Ellermeier, J., Engler, T., Andersohn, G., Zokoll, E. (2020). Corrosion resistance and microstructure of welded duplex stainless steel surface layers on gray cast iron. Journal of Thermal Spray Technology , 29.
doi: 10.1007/s11666-020-01003-y

Li, Z., Chai, L., Tang, Y., Zhang, C., Qi, L., Zhang, K., & Huang, C. (2023, 3). 316l stainless steel repaired layers by weld surfacing and laser cladding on a 27simn steel: A comparative study of microstructures, corrosion, hardness and wear performances. Journal of Materials Research and Technology, 23, 2043-2053.
doi: 10.1016/J.JMRT.2023.01.162

Lichaei, M. N., y Derakhshandeh-Haghighi, R. (2023). Repair welding of broken gray cast iron pipes instead of applying lock-stitching method. Metallography, Microstructure, and Analysis, 12, 742-754. doi: 10.1007/ s13632-023-00994-8

Pouranvari, M. (2010). On the weldability of grey cast iron using nickel based filler metal. Materials and Design, 31.
doi: 10.1016/j.matdes.2010.02.034

Singhal, P., y Saxena, K. K. (2020, 1). Effect of silicon addition on microstruc- ture and mechanical properties of grey cast iron: An overview. Materials Today: Proceedings, 26, 1393-1401. doi: 10.1016/J.MATPR.2020.02.281

Sommer, N., Lehto, J. M., V¨olkers, S., y B¨ohm, S. (2021). Laser welding of grey cast iron with spheroidal graphite-influence of process parameters on crack formation and hardness. Metals, 11 . doi: 10.3390/met11040532

Wijoyo, W., Mujahid, M., Nurhidayat, A., Surjadi, E., y Saefuloh, I. (2021). The effect of current strength on tensile strength and impact toughness of cast iron welded joints. Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi , 17 . doi: 10.36055/tjst.v17i2.11216

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Diego Sánchez García: Ingeniero Metalúrgico egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro en Ingeniería Mecánica campo de conocimiento en Metalmecánica egresado de la UNAM. Actualmente es académico en la FES-Cuautitlán de la UNAM.

Héctor Enrique Curiel Reyna: Ingeniero Químico Metalúrgico egresado de la Facultad de Química de la UNAM, Maestro en Ingeniería Mecánica campo de conocimiento en Metalmecánica egresado de la UNAM y Doctor en Ingeniería Experimental por la UAQ. Actualmente es académico en la FES-Cuautitlán de la UNAM.

Noe Alberto Cortes Guerrero: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Ingeniería Mecánica campo de conocimiento en Metalmecánica egresado de la UNAM. Actualmente es académico en la FES-Cuautitlán de la UNAM.

Gonzalo Hedain López Mera: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones egresado de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Maestro en Ingeniería Eléctrica opción Mecatrónica egresado del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente es académico en la FES-Cuautitlán de la UNAM.

Raúl Dalí Cruz Morales: Ingeniero en robótica industrial egresado de ESIME-IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica egresado del CINVESTAV y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, especialidad Mecatrónica egresado del CINVESTAV. Actualmente es académico en la FES-Cuautitlán de la UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-01, pág.: 1 a la 5.

Generación eléctrica por medio de una planta mini hidroeléctrica para el poblado de Santo Domingo Tehuantepec, en Oaxaca

Juan Daniel Rivas Martínez, **Martin Darío Castillo Sánchez***

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación el objetivo fue el calcular y seleccionar una planta minihidráulica como una alternativa de generación eléctrica para el poblado de Santo Domingo Tehuantepec, en el estado de Oaxaca. Se calculó la demanda total de energía requerida por la población, se realizó un análisis de la geografía del lugar, se obtuvieron los datos meteorológicos de la precipitación promedio mensual y anual de la zona, para determinar la captación, acumulación y distribución del agua, se investigó y proporciono información relacionada con los diferentes componentes de una turbina y un generador eléctrico, así como la descripción para su instalación. Los cálculos financieros demuestran que el proyecto es viable y puede generar un mayor desarrollo económico en la zona.

ABSTRACT

In the present research work, the objective was to calculate and select a mini-hydraulic plant as an alternative for electrical generation for the town of Santo Domingo Tehuantepec, in the state of Oaxaca. The total energy demand required by the population was calculated, an analysis of the geography of the place was carried out, meteorological data of the average monthly and annual precipitation of the area were obtained, to determine the collection, accumulation and distribution of water, investigated and provided information related to the different components of a turbine and an electrical generator, as well as the description for their installation. Financial calculations show that the project is viable and can generate greater economic development in the área.

Palabras claves: Minihidráulica, turbina, Generador eléctrico, Afluente.

INTRODUCCIÓN

Una Central Mini hidroeléctrica es utilizada para la generación de energía eléctrica en pequeña escala, a partir de la energía potencial o cinética del agua, la cual es transformada en energía mecánica mediante una turbina, para posteriormente ser transformada en electricidad mediante un generador eléctrico. Las plantas minihidráulicas se consideran dentro de las fuentes de energía renovable por lo tanto están dentro de la regulación jurídica asociada a estas energías. Las minicentrales han sido muy utilizadas a lo largo del tiempo debido a su pequeño tamaño, bajo costo inicial, y facilidad de instalación. Existen dos tipos diferentes de centrales minihidráulicas: Las centrales de "agua fluyente", en las que se desvía el agua de un río por un canal y tuberías hasta alcanzar una turbina, la cual genera electricidad. Posteriormente el agua es devuelta a su cauce, y Las centrales "a pie de presa", basan su funcionamiento en el almacenamiento del agua en un embalse; vaciándose por una tubería ubicada en la base de la presa, que va a desembocar en una turbina. De acuerdo con la ESHA (Asociación Europea de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas), no existe un límite aceptado globalmente para el cual una planta hidroeléctrica se defina como minihidráulica. Este límite se considera igual a 10 MW de potencia instalada. La potencia instalada de una central minihidráulica está en función del flujo del agua turbinada y la altura de la caída de está. (Penche, & Celso, 1998),

METODOLOGIA o DESARROLLO

Selección del lugar de emplazamiento para la central minihidráulica.

Para poder seleccionar adecuadamente el lugar del emplazamiento se deben tomar en cuenta diversos factores como son: un estudio económico del lugar, la demanda eléctrica, la ubicación geográfica.

Ubicación geográfica:

Entre los paralelos 15°57’ y 16°56’ de latitud norte; los meridianos 95°09’ y 95°38’ de longitud oeste; altitud entre 0 y 1 400 m. (INEGI, 2010)

Colindancias:

El municipio de Santo Domingo Tehuantepec colinda al norte con los municipios de Magdalena Tequisistlán, Santa María Jalapa del Marqués, Santa María Mixtequilla y San Pedro Comitancillo, al este con los municipios de San BIas Atempa y Salina Cruz, al sur con el Golfo de Tehuantepec y Santiago Astata y al oeste con los municipios de San Pedro Huamelula, San Miguel Tenango y Magdalena Tequisistlán. (INEGI, 2010)

* Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco, Ingeniería Eléctrica, drivas-sigmatron@hotmail.con. Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”, Colonia Lindavista. C.P. 07738, Alcaldía Gustavo A. Madero, CDMX, M. en C. Juan Daniel Rivas Martínez, Dr. Martin Darío Castillo Sánchez.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-01, pág.: 1 a la 5.

Clima:
Rango de temperatura: 20 – 30°C

Rango de precipitación: 700 – 1 000 mm

Ocupa el 1.28% de la superficie del estado. Cuenta con 78 localidades y una población total de 67,739 habitantes. (INEGI, 2010)

Selección de una central mini-hidroeléctrica para la generación de energía eléctrica. (Coz, 1995)

Es necesario seguir las siguientes recomendaciones.

Determinación de la Capacidad de la Central Minihidráulica.

En el poblado de Santo Domingo Tehuantepec hay un total de 15924 viviendas, de las cuales 15236 cuentan con el servicio de energía eléctrica, por lo tanto, hay 688 viviendas que carecen del servicio. Considerando un promedio de 5 personas por vivienda, se puede determinar que hay un total de 3340 habitantes del poblado que no cuentan con energía eléctrica. Se calcula que por vivienda se tiene un consumo de energía eléctrica por día de 4,897.5 Wh/día. Por lo tanto, se tiene un consumo de energía anual de 1, 787,587.5 Wh/año. Ver Tabla 1. (Mataix, 1974).

La Tabla 1, contiene los datos del consumo promedio por vivienda, haciendo uso de este valor podemos determinar la **potencia** requerida para cada vivienda, con la Ec. (1). (Nava, 2013).

Tabla 1. Consumo de energía eléctrica por aparatos electrodomésticos.

Aparatos Electrodomésticos	Potencia W	Cantidad	Potencia total W	Tiempo de uso hr/día	Consumo de energía Wh/dia
Alumbrado	25	4	100	5	500
Lavadora	400	1	400	0.57	228
Licuadora	350	1	350	0.17	59.5
Plancha	1000	1	1000	0.43	430
Radio	15	1	15	60	900
Refrigerador	250	1	250	8	2,000
Televisor	50	1	50	6	300
Ventilador	60	1	60	8	480
Totales					4,897.5

$$P\ vivienda = CDEE / NHAÑO \qquad (1)$$

Donde:

P vivienda = Potencia por vivienda

CDEE = Consumo de energía por año en KWh

NHAÑO = Número de horas por año.

P vivienda= 1, 787,587.5 Wh / (365 días) (24 Horas)

P vivienda = 204.0625 W

Dado que en el poblado de Santo Domingo Tehuantepec hay 688 viviendas sin energía eléctrica, la potencia requerida para todo el poblado será el producto de la potencia por vivienda por el número total de viviendas. Ec (2).

$$P\ Total = P\ vivienda\ (No.\ Casas) \qquad (2)$$

P Total = (204.0625 W) (688 casas) = 140,395W

P Total = 140.395 KW Potencia neta.

De acuerdo con el crecimiento que tendría la población en los próximos 40 años se toma un valor de Potencia de 200 kW

Determinación del Caudal Necesario.

Una vez que se ha obtenido la potencia neta del sistema se procede a determinar el caudal del fluido necesario para generar dicha potencia. Para esto se calcula la potencia neta. Ec. (3). (Coz, 1995) (Penche 1998),

$$P\ neta = (Q)\ (H) / 75 \qquad (3)$$

Dónde:
Q = caudal (l/s)

H = altura o salto (m)

Cabe mencionar que la potencia resultante estará dada en caballos de potencia (HP). Realizando un despeje en la Ec. (3), podemos determinar el caudal usando la potencia**.** Ec. (4)

$$Q = (P\ neta)\ (75) / H \qquad (4)$$

$Q = (200000W / 746)\ (75) / 3 = 6{,}702.41 m^3/s$

Cálculo de la Potencia Real de la Planta.

Con el objeto de obtener un valor más próximo de potencia al que la minihidráulica realmente entregará al final del proceso de generación considerando la aceleración de la gravedad y la eficiencia de la turbina, se utiliza la Ec. (5). (Coz, 1995)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-01, pág.: 1 a la 5.

$$P = WQH\eta g\ (10^{-3}) \qquad (5).$$

Dónde:

P= Potencia Real de la Planta (kW)

W = Densidad del agua (kg/m^3)

Q = Caudal (m^3/s)

H = Salto (m)

η = eficiencia

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Una vez que se ha obtenido la potencia neta del sistema se procede a determinar el caudal del fluido necesario para generar dicha potencia. Para esto se requiere de la ecuación de la potencia neta.

El valor de la eficiencia de la planta depende directamente de la turbina. A continuación, en la Tabla 2 se muestran las eficiencias características de los diferentes tipos de turbinas.

La turbina seleccionada será una Kaplan de regulación simple, por ahora bastará con indicarlo para explicar la selección de un valor específico de eficiencia a partir de la Tabla 2.

Tabla 2. Eficiencias típicas de los diferentes tipos de turbinas.

Tipo de Turbina	Mayor Eficiencia
Kaplan de regulación simple	0.91
Kaplan de regulación doble	0.93
Francis	0.94
Pelton de "n" boquillas	0.90
Pelton de una boquilla	0.89
Turgo	0.85

Dado que ya se han establecido los valores de eficiencia, caudal y salto previamente, ahora nos es posible determinar la potencia real de la central minihidráulica. Ec. (5). (Coz, 1995).

$$P = (1000\ kg/m^3)\ (6.702\ m^3/s)\ (3m)\ (0.91)\ (9.81\ m/s^2)\ (10^{-3})$$

P = 179.48 kW

Considerando esta potencia activa en el sistema y que el factor de potencia mínimo para evitar una sanción por parte de CFE es de 0.9, podemos determinar la potencia aparente mínima para generar la potencia necesaria. Ec. (6). (Coz, 1995)

$$S = P / F.P \qquad (6)$$

S = 179.48 KW / 0.9 = 199.42 KVA Ø ≅ 200 KVA.

RESULTADOS.

Selección de la Turbina

El primer criterio para considerar en la selección de la turbina es el salto neto. La Tabla 3, muestra los intervalos de saltos a los que cada tipo de turbina puede operar. Cabe mencionar que puede haber más de un tipo de turbina adecuado para un mismo salto. (Mataix, 1974).

Se ha propuesto un salto pequeño de 3 m, para el cual la Tabla 2, indica una turbina Kaplan o de hélice.

Tabla 3 Intervalos de saltos para los tipos de turbinas.

Tipo de Turbina	Intervalo de salto (m)
Kaplan y hélice	2 < Hn < 40
Francis	25 < Hn < 350
Pelton	50 < Hn < 1300
Banki-Michell	5 < Hn < 200
Turgo	50 < Hn < 250

Selección del Generador.

El factor de la velocidad específica también debe ser considerado para la selección de una turbina ya que este factor constituye un criterio confiable para la selección, así mismo sirve para establecer los datos del Generador a utilizar.
Para la selección del Generador utilizaremos la Ec. (7) la cual nos sirve para calcular la velocidad específica, la cual depende directamente del caudal, la energía hidráulica específica de la máquina y la velocidad rotacional de la turbina. (Mataix, 1974).

$$N_{QE} = (Q)^{1/n} / (E)^{3/4} \qquad (7)$$

Dónde:

N_{QE} = Velocidad específica (rev)

Q = Caudal (m^3/s)

E = Energía hidráulica específica (J/kg)

n = Velocidad rotacional de la turbina (rev/s)

Para esta clase de cálculos, se utiliza las Tablas 4 y 5, que indican el intervalo de velocidad específica aceptable para cada tipo de turbina, así como la velocidad rotacional de los generadores para un determinado número de polos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-01, pág.: 1 a la 5.

Para obtener la velocidad rotacional en revoluciones por minuto (RPM), se aplica la Ec. (8)

$$n = 120(f) / \text{No. Polos.} \quad (8)$$

Tabla 4. Intervalos de velocidad específica para cada tipo de Turbina.

Turbina	Intervalo de velocidad específica
Pelton de una boquilla	$0.005 < N_{QE} < 0.025$
Pelton de "n" boquillas	$0.005*n0.5 < N_{QE} < 0.025*n0.5$
Francis	$0.05 < N_{QE} < 0.33$
Kaplan, hélice y a bulbo	$0.19 < N_{QE} < 1.55$

Tabla 5. Velocidad rotacional de acuerdo con el número de polos del Generador.

No. De Polos	Velocidad Rotacional (RPM)	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
14	428	540
16	375	450
18	333	400
20	300	360
22	272	327
24	250	300
26	231	277
28	214	257

Para el caso actual, debido a que los 2 criterios anteriores coinciden en la selección de una turbina Kaplan, se ha decidido realizar el cálculo para este tipo de turbina con el objeto de determinar qué clase de generador sería necesario adquirir. Para esto se utilizará el valor de n_{QE} máximo para una turbina Kaplan de acuerdo con la Tabla 4 que es de 1.55.

Calculando la velocidad rotacional

$$n = N_{QE} (E^{3/4}) / (Q)^{1/2} \quad (9)$$

$$n = [(1.55) (9.81x\ 3)^{3/4}] / (6.702)^{1/2}$$

n = 7.56 rev/s = 453.91 rpm.

De acuerdo con la Tabla 5, el valor inferior inmediato a 453.91 rpm es el correspondiente a un generador de 16 polos de 450 rpm (7.5 rev/s), por lo que será este el valor que tomemos. Una vez realizado este cálculo, podemos proseguir a determinar la velocidad específica Ec. (7), para el valor elegido de velocidad rotacional.

$$N_{QE} = [(7.5) (6.702)^{1/2}] / [3 \text{ x } 9.81]^{3/4}$$

$N_{QE} = 1.53$ rev.

Podemos concluir que, utilizando un Generador de 16 polos con una velocidad rotacional de 450 rpm, y con una turbina Kaplan tendrá un funcionamiento correcto. En conclusión, se requerirá de un alternador síncrono de 16 polos y de 225 kVA de capacidad, con una tensión de salida de 13.8 kV a una velocidad rotativa de 450 rpm.

Selección del transformador.

Durante el desarrollo del proyecto, solo será necesario seleccionar los transformadores de distribución para permitir la transmisión de la energía desde las líneas de media tensión hasta los circuitos de baja tensión. La tensión de 13.8 kV, presente a la salida del Generador, se encuentra entre las tensiones normalizadas en el país, por lo que lo adecuado será asignar un valor semejante a la entrada del transformador de distribución, mientras que a la salida deberá haber un nivel de baja tensión de 220/127 V. Por lo tanto, la relación de transformación será de 13.8 kV-220/127 V.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se hace la propuesta de generar energía eléctrica por medio de una central minihidráulica, con capacidad de 200 KW para abastecer a 688 viviendas en el poblado de Santo Domingo Tehuantepec en el estado de Oaxaca. Para de esta forma poder sustituir las plantas generadoras que requieren combustibles fósiles para su funcionamiento.
Dadas las características geográficas y sociales del poblado, al seleccionar la Central minihidráulica se llegó a la conclusión que era la mejor alternativa ya que estás tienen menores repercusiones negativas tanto en el ambiente como en la sociedad, y como tal son la opción ideal para el suministro en zonas que aún carecen del servicio eléctrico.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Coz, Federico. (1995), Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas: Una Guía para el Desarrollo de Proyectos, Lima: ITDG.
- Verding, Alber. (2010), Elementos Principales de una Central Hidroeléctrica, Ecovive,
- Mataix, C. (1974). Turbomáquinas Hidráulicas, Editorial ICAI, 1974.
- De Paredes, J. L (1966). Máquinas Hidráulicas, México.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-01, pág.: 1 a la 5.

- Penche, Celso (1998), Guidebook on how to develop a small hydro site, (Thematic Network on Small hydropower).
- Granjera, John, (1996), Análisis de sistemas de potencia, Editorial McGraw Hill, Primera edición.
- González David, (2014). Cálculo y selección de una micro central hidroeléctrica empleando como fluido de trabajo un sistema de riego, Tesis (Ingeniería eléctrica), Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco, México.
- Nava Arturo, (2013). Selección y dimensionamiento de turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas, Tesis (Ingeniería eléctrica), Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México.
- INEGI, (2010), Compendio de información geográfica municipal, Santo Domingo Tehuantepec, Estado de Oaxaca, Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos geográficos/20/20515.pdf

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Juan Daniel Rivas Martínez: Ingeniero Mecánico, especialidad en Manufactura y Administración, egresado de la ESIME, IPN. Maestro en Mecánica. Profesor de tiempo completo y exclusivo.
Martin Darío Castillo Sánchez: Ingeniero Mecánico, egresado de la ESIME, IPN. Dr. El Ingeniería Mecánica egresado de SEPI. Profesor Investigador de tiempo completo y exclusivo.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Propuesta de un micro central hidroeléctrica en la zona ganadera la Mezquitera, municipio de Tlaltizapán, estado de Morelos

Juan Daniel Rivas Martínez*, Martin Darío Castillo Sánchez

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se propuso una alternativa de generación eléctrica para el municipio de Tlaltizapán, en el estado de Morelos en la zona agrícola y ganadera "La Mezquitera", donde se llevó a cabo el estudio de generación mediante la micro generación hidroeléctrica. Se calculó la demanda total de energía eléctrica requerida por la población, se realizó un análisis de la geografía del lugar, se obtuvieron los datos meteorológicos de la precipitación promedio mensual y anual de la zona, para determinar la captación, acumulación y distribución del agua, se investigó y proporciono información relacionada con los diferentes componentes de una turbina y un generador eléctrico, así como la descripción para su instalación. Los cálculos financieros demuestran que el proyecto es viable y puede generar un mayor desarrollo económico en la zona.

ABSTRACT

In the present research work, an alternative for electrical generation was proposed for the municipality of Tlaltizapán, in the state of Morelos in the agricultural and livestock area "La Mezquitera", where the generation study was carried out through micro hydroelectric generation. The total demand for electrical energy required by the population was calculated, an analysis of the geography of the place was carried out, meteorological data of the average monthly and annual precipitation of the area were obtained, to determine the collection, accumulation and distribution of water, Information related to the different components of a turbine and an electrical generator was investigated and provided, as well as the description for its installation. Financial calculations show that the project is viable and can generate greater economic development in the area.

Palabras claves: hidroeléctrica, Generación, Turbina, Generador, Energía Eléctrica.

INTRODUCCIÓN

Las centrales hidroeléctricas son infraestructuras en las que se utiliza energía hidráulica para generar grandes cantidades de energía eléctrica. Estas infraestructuras poseen componentes que están diseñadas y distribuidas de tal manera que se aprovecha la fuerza con que impacta una corriente de agua sobre una turbina haciéndola girar a gran velocidad, el movimiento de giro es transmitida mediante mecanismos para que un generador eléctrico aproveche dicho movimiento de rotación y genere energía eléctrica. **[1]**

Se denomina minicentrales hidroeléctricas a las centrales hidroeléctricas de pequeña potencia, menores de 10 MW, y se tratan aparte porque tienen un ordenamiento administrativo y económico llamado de Régimen Especial, distinto al de las centrales hidroeléctricas clásicas de mayor potencia. **[1]**

Por un lado, el objetivo de disminuir la dependencia energética, reduciendo, en especial, el uso de combustibles importados para la producción de electricidad aconseja la mayor utilización posible de los recursos energéticos nacionales, entre los cuales se encuentran estas centrales de muy pequeña potencia. Por otro, los objetivos de preservación del medio ambiente y de eficiencia energética impulsan la utilización de las llamadas nuevas fuentes energéticas renovables, entre las cuales y junto a la solar, la eólica o la biomasa, fundamentalmente, se ha acordado incluir, a nivel internacional, la energía hidráulica, aprovechable en base a minicentrales. **[1]**

La alternativa de desarrollar pequeñas centrales hidroeléctricas permite abatir costos y mejorar las condiciones eléctricas de la red en baja tensión. Se podrían desarrollar 200 a 500 MW. La tecnología de estas plantas es madura y por su parecido a los sistemas de bombeo, no se prevén dificultades para la capacitación de personal para su diseño, construcción, operación y mantenimiento. **[2]**

Estas centrales también tienen un impacto positivo en las comunidades locales, ya que generan empleo y promueven el desarrollo económico y social en áreas rurales y remotas donde suelen estar ubicadas. Además, las hidroeléctricas pueden proporcionar beneficios adicionales, como el control de inundaciones, el riego agrícola y la recreación.

ANTECEDENTES

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) ahora Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) publicó en 1994 la primera estimación del potencial de pequeñas centrales hidroeléctricas en México. La cifra estimada fue de 3,250

* Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco, Ingeniería Eléctrica, drivas-sigmatron@hotmail.con. Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Colonia Lindavista. C.P. 07738, Alcaldía Gustavo A. Madero, CDMX, M. en C. Juan Daniel Rivas Martínez, Dr. Martin Darío Castillo Sánchez.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

MW. Esta cifra es similar a la que se obtiene cuando se analiza el documento elaborado por CFE Potencial Hidroeléctrico Nacional y se toman en cuenta solo aquellas centrales con potencias < 50 MW. Ver Tabla 1. (CONUEE, 1994)

Tabla 1. Diseño preliminar de minicentrales hidroeléctricas.

Región	No. de sitios	Potencia media MW	MW/central
Golfo	42	303	7.2
Papaloapan	35	390	11.1
Grijalva	26	428	16.4
Costa Oaxaca y Guerrero	36	550	15.2
Costa Michoacán y Jalisco	53	750	14.1
Costa Nayarit y Santiago	22	390	17.7
Pacifico Norte	38	642	17.0
Total	252	3,453	13.7

DESARROLLO DEL TEMA

Calculo y Selección de una minicentral hidroeléctricas

Ubicación.
Tlaltizapan es un municipio del estado de Morelos, se encuentra ubicado a una latitud de 18.70495° 41' N, longitud de 18.70495° 41' N y a una altitud de 950 msnm. **[3]**

Características
El municipio de Tlaltizapán tiene una superficie de 238.06 km^2, cifra que representa el 4.77% del total del estado y ocupa por su extensión territorial el quinto lugar. Tiene una población de 48,881 habitantes. **[3]**

Clima
El municipio tiene un clima subtropical y húmedo caluroso con invierno poco definido, con la mayor sequía al final del otoño, invierno y principios de primavera. La temperatura media anual es de 23.5°C con una precipitación pluvial de 840 milímetros anuales y el periodo de lluvias es de junio a octubre. **[3]**

Hidrografía
El municipio es atravesado por el río Yautepec, que llega hasta el pueblo de Bonifacio García y de ahí en adelante toma el nombre de Río Verde recogiendo las aguas de los manantiales de las Estacas, este río recibe las aguas del río Dulce, por la parte baja del municipio el río Salado de Temilpa es pequeño en extensión, pues apenas cuenta con dos kilómetros de recorrido, pero es muy grande su caudal. **[3]**

Servicio eléctrico del municipio de Tlaltizapan.

La Comisión Federal de Electricidad es la compañía encarga de suministrar energía eléctrica al estado de Morelos y sus municipios. El servicio eléctrico en el municipio de Tlaltizapan, en viviendas particulares es un 80%, y un 20% carece de este servicio

La Mezquitera

La Mezquitera es una zona ganadera rural, está situada en el Municipio de Tlaltizapán, Esta zona se encuentra a 942 metros de altitud, y a una distancia de a 1.5 Km de la zona más urbanizada del municipio de Tlaltizapan. El rio Yautepec de cauce natural, y un canal de riego principalmente, es el que abastece de agua para el riego de los cultivos. La zona no cuenta con los servicios de alumbrado público, y suministro eléctrico, los caminos son de terracería, la mayor parte de la superficie es utilizada para la agricultura.

Medición del caudal del canal de riego.

Para el cálculo del caudal en el canal de riego se midieron los parámetros de velocidad y el área transversal. La velocidad del canal se puede determinar con la Ec. 1.

$$V = d / t \qquad (1)$$

Donde:

V = Es la velocidad (m/s)
d = Es el desplazamiento (m)
t = Es el tiempo del desplazamiento (s)

En la Tabla 2, se registraron los valores de las mediciones de tiempo, de un objeto que se utilizó como indicador de desplazamiento a una cierta distancia.

Tabla 2. Medición del tiempo para el cálculo de la velocidad del caudal.

Medición	Tiempo (s)
T1	11
T2	10
T3	11
T4	10
T5	10
T6	11
T7	10
T8	11
T9	10
T10	10

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

En la Tabla 3 se registró los valores obtenidos del promedio del tiempo obtenido y la distancia que recorrió el indicador de desplazamiento.

Tabla 3. Datos obtenidos del canal de riego para el cálculo de la velocidad del caudal.

Tiempo	Distancia
10.4 s	7.47 m

Sustituyendo los valores de la Tabla 3, en la Ec. 1. Se tiene que la velocidad del canal de riego es:

$$V = 7.47 \text{ m} / 10.4 \text{ s} = 0.71 \text{ m/s}$$

Para calcular el área transversal del canal de riego se tomaron en cuenta los parámetros del ancho y alto del canal. El área del canal de riego se determinó con la Ec. 2.

$$A = b\,(h_1 + h_2 + \ldots\ldots h_n) / n \qquad (2)$$

Donde:

A = Es el área transversal (m^2)
b = Es la longitud horizontal de la base del canal (m)
h = Es la profundidad del canal (m)

En la Tabla 4, se registró el resultado de las medidas obtenidas del canal de riego.

Tabla 4. Medición del ancho del canal de riego.

Medición	Longitud (m)
B	6
h_1	1.70
h_2	1.70
h_3	1.70

Sustituyendo los valores obtenidos de la Tabla 4, en la Ec.2, se calculó el área transversal del canal de riego.

$$A = (6 \text{ m})\,(1.70 \text{ m} + 1.70 \text{ m} + 1.70 \text{ m}) / 3 = 10.2 \text{ m}^2$$

Cálculo del caudal del canal de riego.

Para el cálculo del caudal del canal de riego se utilizan los datos obtenidos de la velocidad y del área transversal registrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos obtenidos del canal de riego.

Velocidad	Área
0.71 m/s	10.2 m^2

El caudal del canal de riego se puede calcular con la Ec. 3.

$$Q = v\,A \qquad (3)$$

Dónde:
Q = Es el caudal (m^3/s)
v = Es la velocidad de la corriente del agua (m/s)
A = Es la sección que es atravesada por la misma (m)

Sustituyendo valores obtenidos de la Tabla 5.

$$Q = (0.71 \text{ m/s})\,(10.2 \text{ m}^2) = 7.242 \text{ m}^3/\text{s} = 7242 \text{ l/s}$$

El resultado del caudal es solo un parámetro que se toma como dato informativo de la capacidad hidráulica del canal de riego, ya que no usa todo el caudal para esta propuesta.

Medición de la altura neta

Para la medición de la altura neta se utilizó el método del carpintero. Utilizando el método del carpintero se obtuvieron cuatro distintas alturas en el lugar, debido a la topografía del lugar, las cuales se registraron en la Tabla 6.

Tabla 6. Medición de la altura neta por el método del carpintero.

H1	Longitudes (m)	H2	Longitudes (m)
1	1.88	1	1.71
2	2.2	2	2.8
3	2.2	3	2.9
Total	6.18	Total	7.41

Tomando como altura útil 13.59 m, considerando como referencia el punto donde se concentrará el agua que es el pequeño deposito, hasta donde se ubicará la casa de máquinas.

Ubicación de las viviendas.

Tomando en cuenta el punto donde se propone instalar la micro central, se realizó un estimado de las distancias de tal punto hasta donde se encuentran ubicadas las viviendas; estas distancias están registradas en la Tabla 7.

Tabla 7. Distancia entre el punto propuesto Y las viviendas.

Vivienda	Distancia (m)
1	152
2	140
3	111
4	189
5	280

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Estudio de Cargas. El estudio de cargas se realizó por medio de una estimación con base en un estándar de vivienda típica de nivel socioeconómico tipo "E". Dado que la zona "La Mezquitera" no cuenta con el suministro eléctrico, por lo que en las viviendas no se cuenta con instalaciones eléctricas, ni aparatos que utilicen este servicio.

Consumo de energía eléctrica estimado de una vivienda

En la Tabla 8, se enlistaron los tipos de aparatos eléctricos que son usados por el tipo de nivel socioeconómico al que pertenece esta zona. Dependiendo de cada aparato estimado le corresponde un consumo de energía eléctrica expresado en kilo watts (kW).

Tabla 8. Carga estimada instalada en una vivienda.

Tipo de carga	Cantidad	Potencia (kW)	Tiempo de uso HR/día	Consumo de energía (kWh/día)
Refrigerador	1	0.25	12	3
Televisor	1	0.05	6	0.3
Plancha	1	1.0	0.5	0.5
Lavadora	1	0.375	0.57	0.214
ventilador	1	0.06	8	0.48
focos	6	0.3	5	1.5
Total		2,035		5.994

Tomando en cuenta los tipos de aparatos eléctricos podemos realizar un estimado del uso de la carga en 24 horas. Se obtuvo un total de 5.99 kWh consumidos en un día, y un total de 2.1 MWh consumidos en un periodo de un año de una vivienda.

Cálculo de la potencia del generador eléctrico

Para calcular la potencia del generador que suministrará energía eléctrica a las cargas estimadas por vivienda, se deben de sumar la cantidad de potencia en kW consumida por cada aparato, considerando la potencia de arranque de algunos aparatos eléctricos que necesitan por un instante de tiempo, más energía que la energía nominal a la que trabajan, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Consumo de energía eléctrica considerando la potencia de arranque.

Tipo carga	Cantidad	Potencia (KW)	Factor	Potencia Total (KW)
Refrigerador	1	0.25	2	0.5
Televisor	1	0.05	1	0.05
Plancha	1	1.0	1	1.0
Lavadora	1	0.375	2	0.75
ventilador	1	0.06	1	0.06
focos	6	0.3	1	1.8

Se calculo el consumo de energía eléctrica para 10 viviendas, ver Tabla 10.

Tabla 10. Consumo de energía eléctrica estimado por cantidad de vivienda.

Número de casas	Consumo (KW)	Consumo P.A (KW)
1	2.035	4.16
2	4.07	8.32
3	6.105	12.48
4	8.14	16.64
5	10.175	20.8
6	12.21	24.96
7	14.245	24.99
8	16.28	33.28
9	18.315	37.44
10	20.35	41.6

Cálculo del caudal requerido

Para el cálculo de la potencia generada en una micro central hidroeléctrica se deben conocer los parámetros básicos de salto neto, caudal, y la eficiencia de la turbina.

La potencia para generar se puede calcular con la Ec. 4

$$P = \rho Q H g \qquad (4)$$

Dónde:

ρ = es la densidad del agua (1000 kg/m^3)
g = es la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2)
Q = es el caudal de agua que se descarga en las turbinas (m^3 /s)
H = es el salto o altura neto (m)

Tomando en cuenta la cantidad de potencia eléctrica requerida en el estudio de cargas. Se calculará el caudal requerido para generar la potencia proyectada para 10 viviendas.

Despejando Q de la Ec. 4, podemos calcular el caudal con la Ec. 5.

$$Q = P / \rho Hg \qquad (5)$$

Sustituyendo los valores de la tabla 10 en la Ec. 5, se determina la cantidad de caudal para cada vivienda, Tabla 11.

$Q = 41600 / (1000)\ (13.59)\ (9.8) = 0.03124$ m^3 / s

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Tabla 11. Resultados del cálculo de caudales para cada vivienda.

No. casas	Caudal m^3/s	Caudal l/s
1	0.03124	31.24
2	0.06248	62.48
3	0.09372	93.72
4	0.12496	124.96
5	0.162	162
6	0.18744	187.44
7	0.21868	218.68
8	0.24992	249.92
9	0.28116	281.16
10	0.3124	312.4

Cálculo del diámetro de la tubería.

Obteniendo los parámetros del caudal y la altura procedemos a calcular la magnitud del diámetro de la tubería.

El diámetro de la tubería se puede calcular con la Ec. 6.

$$D = 1.13 \left[\sqrt{Q/H} \right] \qquad (6)$$

Dónde:

D = Es el diámetro interior de la tubería (m)
Q = Es el caudal utilizado (m^3 /s)
H = Es la altura neta medida (m)

Considerando los valores obtenidos de los caudales requeridos de la Tabla 11, y la altura útil de 13.59 m, se sustituyen en la Ec. 6 para el cálculo del diámetro de la tubería.

$$D = 1.13 \left[\sqrt{0.03124 / 13.59} \right] = 0.054 \text{ m}$$

En la Tabla 12 se registraron los resultados del cálculo del caudal requerido para 10 viviendas.

Tabla 12. Resultado del cálculo del diámetro interior de la tubería.

No. casas	Caudal (m^3/s)	Altura Neta (m)	Diámetro (m)	Diámetro (pulg)
1	0.03124	13.59	0.0542	2.1339
2	0.06248	13.59	0.0766	3.0157
10	0.3124	13.59	0.1713	6.7835

Selección de la turbina.

La selección de la turbina depende de la altura obtenida en el lugar donde se propone instalar la micro central y el caudal requerido por la carga estimada. En la Figura 1, se muestra con una línea azul el resultado de la altura medida y el caudal calculado.

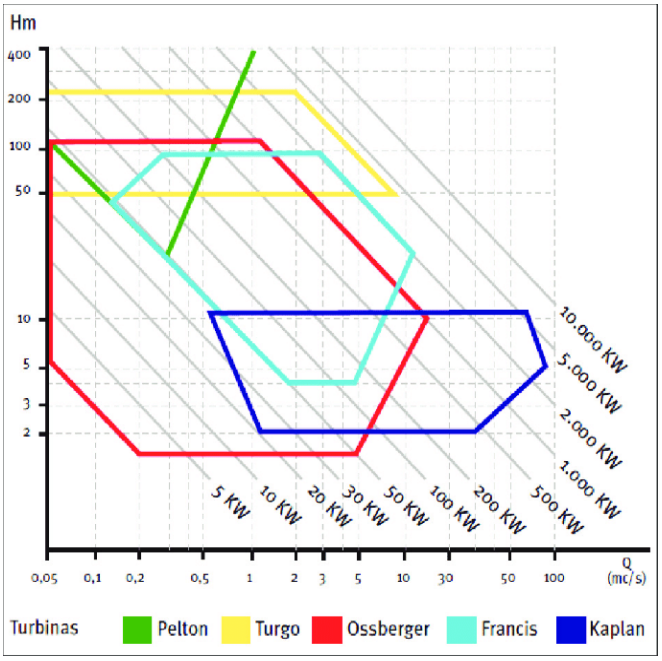


Figura 1. Campo de aplicación de las turbinas, en función del caudal y la altura. (Castro, 2005)

Para la selección de la turbina tomaremos en cuenta del rango de caída en la que trabaja cada turbina, mostrados en la Tabla 13.

Tabla. 13. Características principales de turbinas. [16]

Tipo	Turbina	Caída (m)	n (rpm)	Q	n% (<50 kW)
Acción	Pelton	50<H<1300	30	0.05-50	58-65
Acción	Turgo	50<H<250	60-200	0.025-10	
Acción	Michel Banki	3<H<250	40-160	0.025-5	54-64
Reacción	Francis	10<H<350	150-250	1-500	54-65
Reacción	Kaplan	2<H<40	230-400	1000	58-66

Para la selección de la turbina solo se tomarán en cuenta las turbinas Michell-Banki, Francis, y Kaplan, debido a que las mediciones obtenidas del salto útil están dentro del rango de éstas.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Tomando la eficiencia de la Tabla 13, de las turbinas Michell-Banki, Francis, y Kaplan; se realizó el cálculo del número específico de revoluciones por caudal, el cual se puede calcular con la Ec. 7. **[16]**

$$Nq = N (\sqrt{Q} / H^{3/4}) \eta \qquad (7)$$

Dónde:

Nq = Es el número específico de revoluciones por caudal (rpm)
N = Es la velocidad de sincronismo (rpm)
H = Es el salto neto medido (m)
Q = Es el caudal calculado (m^3/s)
η = Es la eficiencia de la turbina (%)

Teniendo los siguientes datos:

N=1800 rpm
H=13.59 m
Q= 0.2680 m^3/s

Sustituyendo los datos en la Ec. 7.

$$Nq = 1800 (\sqrt{0.2680} / (13.59)^{3/4}) \eta$$

Se tiene que:

$$Nq = (131.65 \text{ m}) \eta$$

En la Tabla 14, se muestran los resultados del número específico de revoluciones por caudal.

Tabla 14. Número específico de revoluciones.

Turbina	n	Nq	Ns(rpm)
Michell-Banky	0.64	131.65	84.25
Francis	0.65	131.65	84.92
Kaplan	0.66	131.65	86.88

De acuerdo con la Tabla 15, la turbina Michell-Banki constituye una solución recomendable, debido a que las turbinas Francis y Kaplan exceden el límite de N.

Dimensiones de una turbina Michell-Banki.

La velocidad del chorro se puede calcular con la Ec.8.

$$C = \varphi \sqrt{2gH} \qquad (8)$$

Dónde:

C = es la velocidad del chorro (m/s)
φ = es el coeficiente de velocidad (0.95)
g = es la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2)
H = es el salto neto medido (m)

Sustituyendo los datos en la Ec. 8.

$$C = 0.65 \sqrt{2 (9.81) (13.59)} = 15 \text{ m/s}$$

El diámetro externo se puede calcular con la Ec. 9.

$$D_2 = (37 \text{ a } 39) [\sqrt{H} / N] \qquad (9)$$

Dónde:

D_2 = Es el diámetro externo del rodete de la turbina (mm)
H = Es la altura medida (m)
N = Es la velocidad de sincronismo (rpm)

Sustituyendo los datos en la Ec. 9 se tiene que:

$$D_2 = (39) [\sqrt{13.59} / 1800] = 0.798 \text{ m}$$

$$D_2 = 798 \cong 800 \text{ mm}$$

El diámetro interno se puede calcular con la Ec. 10.

$$D_1 = 0.66 D_2 \qquad (10)$$

Dónde:

D_1 = Es el diámetro interno del rodete de la turbina (mm)
D_2 = Es el diámetro externo del rodete de la turbina (mm)

Sustituyendo los datos en la Ec. 10.

$$D_1 = 0.66 (800) = 528 \cong 530 \text{ mm}$$

El espesor del chorro se puede calcular con la Ec. 11.

$$\alpha = Ka D_2 \qquad (11)$$

Dónde:

Ka = Es un coeficiente que depende del ángulo del inyector α
D_2 = Es el diámetro externo del rodete de la turbina (mm)

Para α=16° se pueden tomar los valores de la Tabla 15.

Tabla 15. Valores Ka.

0°	60°	90°	120°
Ka	0.1443	0.2164	0.2886

Sustituyendo los 3 diferentes valores de Ka en la Ec. 12, se obtuvieron los siguientes valores, mostrados en la Tabla 16.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Tabla 16. Resultados del espesor del chorro.

D2 (mm)	Ka	a (mm)
800	0.14143	115.44
800	0.2164	173.12
800	0.2886	230.88

El ancho del rodete se puede calcular con la Ec. 12.

$$B = 98.8 [Q / D_2 \sqrt{H}] [1 / \Theta] \quad (12)$$

Dónde:

B = Es el ancho del rodete (m)
H = Es el salto neto (m)
Q = Es el caudal calculado (m^3/s)
D_2 es el diámetro externo del rodete de la turbina (mm)
θ = es el ángulo de admisión (40°)

Sustituyendo los datos antes utilizados en la Ec. 12.

$$B = 98.8 [0.3124 / (0.800 \sqrt{13.59})] [1 / 45°] = 0.199 \text{ m}$$

$$B = 19.95 \text{ cm} \cong 20 \text{ cm}$$

Una vez obtenidos los valores del diámetro externo, diámetro interno, ancho del rodete, el espesor del chorro. Se puede realizar el grafico de la turbina Michell-Banki.
Dónde:

D1= 530 mm
D2= 800 mm
B= 20 cm

Selección del generador.

La capacidad del generador depende de la carga a instalar estimada en el estudio de cargas de la Tabla 10. Para la selección del generador se recurrió a los catálogos de Plantas a diesel comerciales, las cuales utilizan generadores síncronos, con excitación de sin escobilla, bobina auxiliar, frecuencia de 60 Hz, 4 polos, 12 terminales y voltaje 220/127 V.

Cálculo de la corriente nominal

La Corriente nominal se puede calcular con la Ec. 13.

$$I_n = S / \sqrt{3} (VL) \quad (13)$$

Dónde:

In = es la corriente nominal del generador (A)
S = es la potencia del generador (kVA)
VL = es el voltaje de línea del generador (V)

Tomando los valores nominales del generador seleccionado se sustituyen en la Ec. 13.

$$I_n = 51000 / \sqrt{3} (220) = 133.84 \text{ A}$$

Se obtuvo que el valor de la corriente nominal del generador es de 133.84 A.

Protección del generador.

De acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012 los generadores deben contar con una protección contra sobrecarga y contra sobre corriente.

Cálculo de interruptor contra cortocircuito.

El cálculo del interruptor se calcula con la Ec. 14.

$$Xeq = [X\% / 100\%] [S_{Base} / S_G] \quad (14)$$

Donde:

Xeq = Es el equivalente de la reactancia (p.u.)
X% = Es el porciento de reactancia que establece el fabricante
100% = Es constante de formula
S_{Base} = Es la potencia aparente (kVA)
S_G = Es la potencia aparente del generado (kVA)

Sustituyendo los valores en la Ec. 15.

$$Xeq = [20.08\% / 100\%] [58.2 / 51] = 0.229 \text{ p.u.}$$

Cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica

El cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica se puede calcular con la Ec. 16.

$$Icc = S_G / [\sqrt{3} (VL) (Xeq)] \quad (16)$$

Dónde:

Icc = Es la corriente de corto circuito trifásica simétrica (A)
S_G = Potencia del generador (kVA)
VL = Volteje de línea del transformador (V)
Xeq = Es la reactancia equivalente (p.u.)

Sustituyendo los valores en la Ec. 16.

$$Icc = 51 / [\sqrt{3} (220) (0.229)] = 124.10 \text{ A} = 0.124 \text{ kA.}$$

La capacidad del interruptor debe ser menor a 124 A

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

Cálculo de conductor.

Para calcular la corriente de fase se utilizará Ec. 17.

$$I_F = I_n / \sqrt{3} \qquad (17)$$

Dónde:

IF = Es la corriente que circula en cada fase(A)
In = Es la corriente nominal calculada (A)

Tomando en cuenta la corriente nominal del generador ya antes calculada, se tiene que:

I_n = 133.84 A

Sustituyendo los valores en la Ec. 17, tenemos que:

I_F = 133.84 A / $\sqrt{3}$ = 77.27 A

Consultando la Tabla 310-15(b) (16) de la norma NOM-001-SEDE-2012, para una capacidad de 77.27 A corresponde un conductor 3 AWG.

Comprobación por caída de tensión.

Con la Ec. 18, se comprueba el porcentaje de caída de tensión.

$$E\% = [\ 2\ (1.7320)\ (L)\ (I_n) / 5\ (VL)\ ] \qquad (18)$$

Dónde:

L = Es la longitud que tendrá el cable (m)
In o IF = Es la corriente nominal que suministra el generador por fase (A)
S = Es el área del conductor (mm^2)
VL = Es la tensión de línea suministrada (V)

La corriente de fase que se tomó en cuenta para este cálculo es la corriente que requieren tres viviendas, esto debido a que el sistema debe de tener una carga balanceada. Se considera 2.6 kW por una vivienda y aplicando un factor de demanda del 75%, según la NOM-001-SEDE-2012, Art 220-17, se obtuvo un total de 1.96 kW por vivienda. Para obtener la corriente que demanda esta potencia se puede utilizar la Ec. 19.

$$I = P / V \qquad (19)$$

Donde:

P = Es la potencia que demanda las viviendas (kW)
V = Es el voltaje de fase que requieren las viviendas (V)

Sustituyendo en la Ec. 19, con una carga de tres viviendas igual a 5.8 kW:

I = 5800 / 120 = 49.12 A

Sustituyendo los datos correspondientes en la Ec. 18. Para una longitud de 100 m, la caída de tensión es:

E% = [2 (1.7320) (150) (49.12)] / [(26.7) (220)]= 4.3%

Para una longitud de 189 m la caída de tensión es:
E% = [2 (1.7320) (189) (49.12)] / [(26.7) (220)]= 5.4%

La norma oficial mexicana NOM 001 SEDE 2012, establece un máximo del 3% por circuito y un máximo del 5% desde el origen de la fuente de tensión hasta el último dispositivo que utiliza la energía. Tomando en cuenta los resultados de la caída de tensión que son mayores del 5% permitido por la NOM 001 SEDE 2012, se debe considerar un calibre de cable mayor para disminuir la caída de tensión o solo proporcionar energía eléctrica a viviendas que se encuentren a una distancia no mayor de 189 m

RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con los cálculos obtenidos para la generación de energía eléctrica para el poblado de la Mezquitera, en el estado de Morelos, se seleccionó una Turbina Michell-Banki con una potencia de 40 kW con las siguientes características, ver Tabla 17.

Tabla 17. Características Turbina Michell-Banki, con una potencia de 40kW.

Modelo R313	Rango de Operación	Magnitudes
	Potencia	20 a 100 KW
	Altura	20 a 200 m
	Caudal	20 a 700 L/s

Así mismo se seleccionó un Generador síncronos de la marca Weg. Modelo: GTA201AIHS, en la Tabla 18, se muestran las características eléctricas.

Tabla 18. Características eléctricas del Generador, marca WEG. Modelo: GTA201AIHS.

No. fases	Trifasico			
Voltaje Nominal	127 V	254 V	220 V	440 V
Conexión	Δ Δ	Δ	YY	Y
Frecuencia	60 Hz			
Potencia	125°c	51.0 kVA		
Potencia	150°c	55.8 kVA		
Potencia	163°c	58.2 kVA		
Eficiencia	25%	50%	75%	100%
FP = 0.8	85.5	87.6	86.3	84.0
X´d Reactancia Transitoria del eje directo.	25.22%			

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó un estudio del costo aproximado del proyecto, mostrado en la Tabla 19.
Precio de un dólar americano $16.65 con respecto a pesos mexicanos al día 22/05/2024.

Tabla 19. Costos de equipo.

Descripcion	Costo unitario USD	Cantidad	Costo Total (MXN)
Grupo Electromecánico modelo R313, para 40 kW (Turbina Michell Banki y generador)	$39,500.00	1pieza	$657,675.00
Cable calibre 4 AWG	$ $2,799.58	400 metros	$186,452.00
Interruptor Termo magnético 3 x 50	$1,700.00	1 pieza	$28,305.00
Volmetro de 220v	$279.00	3 piezas	$13,936.05
Ampermetro de 50 A	$298.00	3 piezas	$14,885.10

Para realizar el costo de la casa de máquinas se tomó en cuenta un área de 25 m^2. En la Tabla 20 se encuentran los montos de equipos. Materiales, obra civil.

Tabla 20. Costo total del proyecto.

Costos	totales
Equipos	$690,333.10
Materiales	$6,606.37
Obra civil	$57,960.00
Total	$754.899.47

CONCLUSIONES

La implementación de una microcentral hidroeléctrica en un canal de riego es una fuente de generación alterna, la cual es limpia y no depende de los combustibles fósiles para su funcionamiento. Esta propuesta fue realizada con base en el estudio del medio ambiente, estudio hidrológico del canal de riego y el estudio de la demanda de energía eléctrica de tipo vivienda. La eficiencia de la turbina Michell-Banki está en función del porcentaje del caudal para la que fue diseñada. Puesto que la eficiencia de la turbina es de un 85% cuando el caudal requerido es el máximo, la eficiencia disminuye de acuerdo con la cantidad de caudal, estando esta eficiencia por debajo del 85% para casos como micro centrales. Con el cálculo obtenido de las dimensiones básicas de una turbina Michell-Banki, se puede fabricar con materiales comerciales y con mano de obra local, reduciendo el costo de ésta. La carga eléctrica calculada para 10 viviendas fue de 20.35 kW, y de 41.6 kW tomando en cuenta la potencia de arranque de cargas que la requieren. El cálculo de la carga instalada en una vivienda fue de 2.0.35 kW, tomando en cuenta solo cargas tales como electrodoméstico. El caudal medido del canal de riego fue de 7 242 l/s, el cual representa la capacidad hidráulica del canal de riego. Con base en el estudio de la carga instalada de las viviendas se calculó el caudal requerido para generar energía eléctrica que requiere una vivienda, el cual fue de 31.24 l/s. El cálculo del caudal requerido para un conjunto de 10 viviendas fue de 312.4 l/s, este caudal representa el 4.03% del caudal del canal de riego.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] DESQBRE Fundación, (2024). ¿Que son las minicentrales hidroeléctricas? Disponible https://deingenierias.com/hidroelectricas/las-hidroelectricas-de-mexico/
[2] Linares F & Ghislen H. (2024). Seminario Metodología para lograr eficiencia energética y todo lo referente a las energías renovables. Disponible https://capac.org/eventos/seminario-metodologia-para-lograr-eficiencia-energetica-y-todo-lo-referente-a-las-energias-renovables/
[3]Anuario Estadistico y Geografico de Morelos, INEGI, 2012.
[4] Ramiro Ortiz Flórez, "Pequeñas centrales Hidroeléctricas", Editorial MacGaw Hill, Ediciones de la U. Colombia, 2002.
[5] Centrales de energías renovables, José Antonio Carta González, Roque Calero Pérez, Antonio Colmenar Santos, Manuel Alonso Castro Gil, Eduardo Collado Fernández. Editorial Pearson, 2ª edición, 2013.
[6] Federico Coz, Sánchez Bruno, Viari Bruno, Segura Jorge, Rodríguez Luis, Miranda Homero, Castromonte Eusebio, Guerra Jaime, Quiroz Luis, Gaitán José, Moreno Luis y Muñoz Ismael, Manual de Mini y Microcentrales Hidraulicas, Intermediate Technology Development, ITDG Peru, 1995.
[7] Eduardo Briceño, Rafael Escobar, Saúl Ramírez. "Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas" Lima: Soluciones Prácticas-ITDG; 2008
[8] Stephen J. Chapman, Maquinas eléctricas, Quinta edición, Editorial MacGaw Hill, 2012.
[9] Enriquez Harper, El abc de las energías renovables en los sistemas eléctricos, editorial LIMUSA.
[10] Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión, Servicios CONDUMEX S.A. de C.V., octava edición.
[11] Estevez Tapia, Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, editorial LIMUSA, 2012.
[12] Henryk Niedzielski, Características del manantial "Las Estacas" en Morelos, México, Geofísica Internacional, vol. 33 Núm. 2, 1994.
[13]Harry Mileaf, Electricidad, editorial LIMUSA, serie 1-7, 2006.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-03, pág.: 1 a la 10.

[14] Las Hidroelectricas de Mexico, (2024). Fuentes de Energía Renovable y Desarrollo
Disponible https://deingenierias.com/hidroelectricas/las-hidroelectricas-de-mexico/
[15] Linares F & Ghislen H. (2024). Seminario Metodología para lograr eficiencia energética y todo lo referente a las energías renovables. Disponible https://capac.org/eventos/seminario-metodologia-para-lograr-eficiencia-energetica-y-todo-lo-referente-a-las-energias-renovables/
[16] Nava A. (2014). Selección y dimensionamiento de Turbinas Hidráulicas para centrales Hidroeléctricas.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Juan Daniel Rivas Martínez: Ingeniero Mecánico, especialidad en Manufactura y Administración, egresado de la ESIME, IPN. Maestro en Mecánica. Profesor de tiempo completo y exclusivo.
Martin Darío Castillo Sánchez: Ingeniero Mecánico, egresado de la ESIME, IPN. Dr. El Ingeniería Mecánica egresado de SEPI. Profesor Investigador de tiempo completo y exclusivo.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

La IA: Asistente esencial en tareas laborales, ¿Aliada o riesgo ante nuestra dependencia?

Julio Cesar Tapia Durán*, **Juan Carlos Rodríguez Campos, Mariana Rico Chagollán**

RESUMEN

Este artículo aborda la relación entre la tecnología, en particular la inteligencia artificial (IA), y la evolución de la conciencia humana, enfatizando la importancia de un uso adecuado de la IA en la educación y en la sociedad en general. Se plantea la inquietud de que la creciente dependencia de la tecnología, como los asistentes virtuales y sistemas de IA, pueda llevar a una "extinción" metafórica de nuestra capacidad de razonar y tomar decisiones de manera independiente. Aunque la tecnología tiene el potencial de mejorar nuestras vidas, también plantea desafíos éticos y filosóficos significativos.

Se destaca la capacidad de la IA para realizar tareas complejas, desde la resolución de problemas hasta la predicción de resultados médicos, lo que podría transformar la forma en que enfrentamos desafíos globales. Es crucial ser conscientes de cómo utilizamos la tecnología y encontrar un equilibrio entre aprovechar sus beneficios y preservar nuestra capacidad de razonamiento y toma de decisiones. El futuro de la conciencia humana y su relación con la IA es un tema fundamental que requiere una exploración continua y una preparación para los inevitables cambios en la forma en que interactuamos con la tecnología.

En resumen, este artículo plantea una reflexión profunda sobre la intersección entre la tecnología, la conciencia humana y la IA, sin olvidar la parte educativa, y su importancia en esta relación con cuidado y cautela, ya que puede influir significativamente en nuestra evolución y forma de vida.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Conciencia humana, cambios tecnológicos.

ABSTRACT

This article addresses the relationship between technology, particularly artificial intelligence (AI), and the evolution of human consciousness, emphasizing the importance of responsible use of AI in education and society as a whole. It raises concerns that the growing dependence on technology, such as virtual assistants and AI systems, may lead to a metaphorical "extinction" of our ability to reason and make independent decisions. While technology has the potential to enhance our lives, it also poses significant ethical and philosophical challenges.

The article highlights AI's ability to perform complex tasks, from problem-solving to predicting medical outcomes, which could transform how we tackle global challenges. It is crucial to be mindful of how we use technology and strike a balance between reaping its benefits and preserving our capacity for reasoning and decision-making. The future of human consciousness and its relationship with AI is a fundamental topic that requires ongoing exploration and preparation for inevitable changes in how we interact with technology.

In summary, this article presents a deep reflection on the intersection of technology, human consciousness, and AI, without overlooking the educational aspect, and underscores the importance of approaching this relationship with care and caution, as it can significantly influence our evolution and way of life.

Keywords: Artificial Intelligence, Human Consciousness, Technological Changes.

INTRODUCCIÓN

En la era actual, marcada por avances tecnológicos sin precedentes, nos encontramos en un momento de reflexión crítica sobre el impacto de la tecnología, especialmente en el ámbito educativo, y cómo puede influir en la evolución del ser humano. Este artículo explora una pregunta intrigante y profunda: ¿podría la tecnología llevarnos hacia una forma de "extinción", no necesariamente física, sino más bien una extinción de nuestra capacidad de razonar y tomar decisiones de manera independiente, particularmente en el ámbito educativo?

A través de un análisis que combina teorías apocalípticas, desarrollos en inteligencia artificial y nuestra creciente dependencia tecnológica, examinaremos cómo nuestro futuro podría estar entrelazado con las creaciones que hemos forjado. Además, exploraremos si esta relación trabajará a nuestro favor o si podría marcar un cambio irreversible en la forma en que concebimos la humanidad, especialmente en el contexto educativo.

Inteligencia Artificial

La IA es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. [1]

*Universidad Interactiva y a Distancia del Estado de Guanajuato /UNIDEG julio_tapiaduran@hotmail.com. Consultor de Taller Core bancario.
Tecnológico Nacional de México/ ITESI. juan.rc@irapuato.tecnm.mx Profesor de tiempo completo.
Tecnológico Nacional de México/ITESI. mariana.rc@ irapuato.tecnm.mx Profesor de tiempo completo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

Redes Neuronales
Una red neuronal artificial es un modelo computacional, inspirado en las redes neuronales humanas, que se utiliza para resolver una amplia variedad de tareas que son difíciles para la denominada "programación estructurada". [2]

Entrenamiento IA
Entrenar un modelo de inteligencia artificial (IA) es un proceso complejo que involucra varios pasos. Ofrecemos a continuación una descripción general de cómo se entrena habitualmente un modelo de IA utilizando un enfoque basado en aprendizaje automático. [3]

Machine Learning
Es un componente importante del creciente campo de la ciencia de datos. Mediante el uso de métodos estadísticos, se entrenan algoritmos para hacer clasificaciones o predicciones, y para descubrir insights clave dentro de los proyectos de minería de datos. [4]

Algoritmos
En el campo de la programación informática, los algoritmos son conjuntos de reglas que indican al ordenador cómo ejecutar una tarea. En realidad, un programa informático es un algoritmo que indica al ordenador qué pasos debe realizar y en qué orden para llevar a cabo una tarea específica. Se escriben utilizando un lenguaje de programación. [5]

Algoritmo Regresión Lineal o Logística
La regresión lineal o logística se utiliza cuando las variables dependientes son binarias. Otro tipo de algoritmo de regresión llamado máquina de vectores de soporte es pertinente cuando las variables dependientes son más difíciles de clasificar. Sería, por ejemplo, para predecir las ventas anuales de un comercial en función de su nivel de estudios o de experiencia. [6]

Lenguaje de Programación
Un lenguaje de programación es una herramienta que permite desarrollar software o programas para computadora. Los lenguajes de programación son empleados para diseñar e implementar programas encargados de definir y administrar el comportamiento de los dispositivos físicos y lógicos de una computadora. [7]

Educación
Es la formación práctica y metodológica que se le da a una persona en vías de desarrollo y crecimiento. Es un proceso mediante el cual al individuo se le suministran herramientas y conocimientos esenciales para ponerlos en práctica en la vida cotidiana. El aprendizaje de una persona comienza desde su infancia, al ingresar en institutos llamados escuelas o colegios en donde una persona previamente estudiada y educada implantará en el pequeño identidades, valores éticos y culturales para hacer una persona de bien en el futuro. [8]

Tecnología
La tecnología es el conjunto de nociones y conocimientos científicos que el ser humano utiliza para lograr un objetivo preciso, que puede ser la solución de un problema específico del individuo o la satisfacción de alguna de sus necesidades. Es un concepto amplio que abarca una gran variedad de aspectos y disciplinas dentro de la electrónica, el arte o la medicina. Por ejemplo: La generación de robots para la automatización de tareas repetitivas o la clonación animal. [9]

Industria
Es el conjunto de las actividades humanas capaces de transformar la materia prima en productos elaborados o semielaborados, a través de la realización de un trabajo mediante herramientas o maquinaria, recursos humanos, y el consumo de energía. [10]

METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló para generar conciencia sobre el uso adecuado de la IA, la idea de que la IA algún día adquiera conciencia plantea un escenario complejo y emocionante. A medida que los avances tecnológicos continúan, algunos teóricos sostienen que la combinación de capacidades cognitivas avanzadas y el desarrollo de sistemas más complejos podrían conducir a la emergencia de una forma de conciencia artificial. Sin embargo, este concepto se encuentra en la frontera de la especulación, ya que hasta ahora no existe un consenso claro sobre cómo o si esto ocurrirá. La exploración de este tema genera profundas reflexiones éticas y morales sobre el futuro de la relación entre humanos y máquinas.

Con el vertiginoso avance de la Inteligencia Artificial (IA), surgen preguntas fascinantes y, a su vez, inquietantes sobre el futuro de esta tecnología. Uno de los debates más profundos gira en torno a la posibilidad de que la IA, en algún punto, desarrolle conciencia, generando interrogantes éticos y filosóficos sobre el impacto de dicha evolución tecnológica.

Conocer la IA

Para comprender el funcionamiento de la IA, es esencial entender los pasos fundamentales en su programación. Aunque hay varios, destacamos algunos especialmente útiles para comprender y aplicar la programación en el campo de la IA.

1. Aprender los fundamentos de programación: Antes de adentrarte en IA, es crucial entender conceptos básicos de programación, como variables, estructuras de control, funciones, y estructuras de datos.

2. Estudiar matemáticas y estadísticas: La IA se basa en principios matemáticos y estadísticos. Es necesario tener conocimientos de álgebra, cálculo, probabilidad y estadística para comprender algoritmos y modelos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

3. Conocer los tipos de IA: Aprende sobre los diferentes tipos de IA, como IA basada en reglas, aprendizaje supervisado, no supervisado, y por refuerzo, entre otros. Esto te ayudará a entender qué enfoque es más adecuado para tu proyecto.

4. Elegir un lenguaje de programación: Python es una elección popular para programar IA debido a su legibilidad y la cantidad de bibliotecas disponibles para machine learning y IA, como TensorFlow, PyTorch y scikit-learn.

5. Estudiar machine learning y deep learning: Son subcampos de la IA. El machine learning se enfoca en hacer que las máquinas aprendan a partir de datos, mientras que el deep learning se centra en algoritmos basados en redes neuronales artificiales.

6. Practicar con proyectos pequeños: Comienza con proyectos simples para aplicar lo que has aprendido. Por ejemplo, implementar un clasificador de imágenes.

7. Explorar recursos educativos: Hay muchos cursos en línea, libros y tutoriales disponibles que te pueden ayudar a entender mejor los conceptos y las herramientas necesarias para programar IA.

8. Participar en comunidades y competencias: Únete a comunidades en línea, foros o participa en competiciones como Kaggle para aprender de otros y enfrentarte a desafíos reales.

9. Experimentar y seguir aprendiendo: La IA es un campo en constante evolución, así que es importante seguir aprendiendo y experimentando con nuevos enfoques y tecnologías.

10. Ética y responsabilidad: A medida que explores y desarrolles IA, considera siempre las implicaciones éticas y sociales de tus proyectos para asegurarte de una tecnología responsable y ética.

Lenguajes

Comenzar en el mundo de la programación de IA puede ser desafiante, pero con paciencia, práctica y dedicación, puedes avanzar y establecer soluciones innovadoras. Existen lenguajes de programación como Python y R que son dos de los lenguajes más populares para trabajar en el campo de la inteligencia artificial y el análisis de datos, pero no son los únicos. Hay otros lenguajes que también se utilizan en el contexto de la IA:

1. Java: Aunque es conocido principalmente por su uso en desarrollo de software, Java tiene bibliotecas y herramientas para machine learning y procesamiento de datos.

2. C++: Es un lenguaje de programación de bajo nivel que se usa en aplicaciones que requieren alta eficiencia, como procesamiento de imágenes, juegos y algunas implementaciones de algoritmos de aprendizaje automático.

3. JavaScript: Principalmente conocido por su uso en desarrollo web, JavaScript tiene bibliotecas como TensorFlow.js que permiten ejecutar modelos de IA directamente en el navegador.

4. Julia: Es un lenguaje relativamente nuevo diseñado específicamente para computación científica y análisis de datos. Tiene un rendimiento similar a C++ y Python, pero con una sintaxis más amigable para el análisis numérico.

Aunque Python y R son altamente populares debido a su facilidad de uso, flexibilidad y la amplia gama de bibliotecas especializadas, la elección del lenguaje puede depender de varios factores, como las preferencias personales, el tipo de problema que se está abordando, la disponibilidad de herramientas y las necesidades específicas del proyecto de IA.

Python ofrece capacidades poderosas para el análisis de datos, manipulación de datos, visualización y también tiene una gran cantidad de bibliotecas dedicadas al aprendizaje automático e inteligencia artificial, como Pandas, NumPy, SciPy, Scikit-Learn y TensorFlow.

Python se destaca por su sintaxis clara y legible, lo que lo hace ideal tanto para principiantes como para usuarios avanzados en el campo de la ciencia de datos y análisis estadístico. Su versatilidad y amplia adopción en el campo de la ciencia de datos lo convierten en una opción muy popular, ofreciendo una gama extensa de herramientas y librerías que pueden ser empleadas para una amplia variedad de aplicaciones.

1.- Pandas. - Excelente para trabajar con datos tabulares. Aquí hay un ejemplo que carga un archivo CSV y muestra las primeras filas de datos, como se muestra Figura 1.

```
import pandas as pd

# Cargar datos desde un archivo CSV
datos = pd.read_csv('archivo.csv')

# Mostrar las primeras filas de datos
print(datos.head())
```

Figura 1.- Librería Pandas

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

2.- Numpy. - Es muy útil para trabajar con matrices y operaciones numéricas eficientes. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo declarar y utilizar una matriz para realizar operaciones básicas. Figura 2:

```python
import numpy as np

# Crear una matriz
matriz = np.array([[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]])

# Calcular la suma de los elementos de la matriz
suma = np.sum(matriz)

# Mostrar la matriz y la suma
print("Matriz:")
print(matriz)
print("Suma de la matriz:", suma)
```

Figura 2.- Ejemplo de Numpy

3.- Scipy. - Proporciona funciones para cálculos científicos y matemáticos avanzados. Aquí tienes un ejemplo de integración numérica usando SciPy, como se muestra en la Figura 3

```python
from scipy import integrate

# Definir la función a integrar
def funcion_a_integrar(x):
    return x**2

# Realizar la integración numérica de la función
resultado, error = integrate.quad(funcion_a_integrar, 0, 4)

# Mostrar el resultado de la integración
print("Resultado de la integración:", resultado)
```

Figura 3.- Ejercicio de librería Scipy

```python
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import numpy as np

# Datos de ejemplo
X = np.array([[1], [2], [3], [4]])
y = np.array([2, 4, 6, 8])

# Crear un modelo de regresión lineal
modelo = LinearRegression()

# Entrenar el modelo
modelo.fit(X, y)

# Hacer predicciones
predicciones = modelo.predict([[5]])
# Mostrar las predicciones
print("Predicción para x = 5:", predicciones)
```

4.- Scikit-Learn. - En la Figura 4 se muestra una biblioteca de aprendizaje automático. Aquí hay un ejemplo simple de entrenar un modelo de regresión lineal, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.- Librería Scikit-Learn

5.- TensorFlow. - Es una biblioteca popular para aprendizaje profundo. Habitualmente se utiliza para entrenar una red neuronal simple, como se muestra en la Figura 5.

```python
import tensorflow as tf
import numpy as np

# Datos de ejemplo
X = np.array([[0, 0], [0, 1], [1, 0], [1, 1]])
y = np.array([[0], [1], [1], [0]])

# Definir el modelo de red neuronal
modelo = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Dense(4, input_dim=2, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(1, activation='sigmoid')
])

# Compilar el modelo
modelo.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

# Entrenar el modelo
modelo.fit(X, y, epochs=1000, verbose=0)

# Evaluar el modelo
puntuacion = modelo.evaluate(X, y)
print("Precisión del modelo:", puntuacion[1])
```

Figura 5.- Ejemplo de TensorFlow

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

RESULTADOS

En los resultados, se expondrán los variados impactos que la IA ha generado en campos diversos como la educación, tecnología, medicina, biotecnología e industria. Se abordará tanto su uso positivo como aquellos aspectos negativos o problemáticos, resaltando la importancia de comprender las implicaciones éticas. Además, se destacarán los beneficios que la IA aporta en diversas áreas tecnológicas y laborales, mostrando cómo estos impactos han mejorado significativamente distintos sectores.

Ventajas (Buenas Prácticas)

Salud o Medicina

La IA ya ha demostrado su utilidad en la comunidad científica y médica porque cuenta con ventajas y beneficios como los siguientes:

- Mejorar la calidad de vida de las personas dependientes y mayores.
- Ofrecer un diagnóstico preciso y más rápido.
- Agilizar los tiempos de investigación para el desarrollo de nuevos fármacos y sobre determinadas enfermedades.
- Mejorar el control y el seguimiento de pacientes crónicos mediante dispositivos electrónicos y “wearables”.
- Aliviar la carga de trabajo a profesionales médicos.

Turismo

La inteligencia artificial (IA) es una auténtica revolución que se puede situar a la altura de la electricidad debido al impacto que tiene en todos los sectores y a su sencilla implantación. Las empresas que no quieren perder competitividad ya la han implantado o están en proceso de hacerlo. Aunque lo cierto es que todavía se está en una fase de inicio, ya que el verdadero desarrollo se producirá en los siguientes años. Por ejemplo, para 2025 ya se habla de los conserjes virtuales.

Algunas de las aplicaciones que ya se están comenzando a utilizar son las siguientes:

- Chatbots
- Traductores automáticos
- Fijación de precios
- Guía turístico
- Asistentes virtuales

En resumen, se puede decir que los beneficios de aplicar la inteligencia artificial en el turismo son detectar tendencias y comportamientos tras conocer a los clientes. [11] (Figura 6)



Figura 6.- Detectar tendencias

Marketing

Las capacidades de la inteligencia artificial tienen un impacto significativo en el área del marketing digital, ofreciendo ventajas y mejoras en diversas facetas de esta disciplina. Algunas de las capacidades más relevantes de la IA para el marketing digital incluyen:

- La IA actualmente te permite generar personalizadas, ajustando el contenido, las recomendaciones de productos y los mensajes según las preferencias e historial de cada usuario.
- La capacidad de procesar y analizar grandes cantidades de datos permite a los profesionales de marketing comprender mejor las tendencias del mercado, el comportamiento del consumidor y la efectividad de las campañas.
- La IA puede automatizar tareas repetitivas como el email marketing, la publicación en redes sociales, y el manejo de campañas publicitarias, lo que aumenta la eficiencia y reduce los costos.
- La IA puede analizar rápidamente el rendimiento de las campañas publicitarias y hacer ajustes en tiempo real para mejorar el ROI (retorno sobre la inversión). Esto incluye la optimización de pujas en publicidad de pago por clic (PPC) y la segmentación de audiencia.
- Los chatbots impulsados por IA ofrecen asistencia al cliente en tiempo real, mejorando la experiencia del usuario y proporcionando ideas valiosas sobre las necesidades y preguntas de los clientes.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

- La IA puede analizar el sentimiento y las tendencias en las redes sociales, proporcionando información valiosa sobre la percepción de la marca y la respuesta del público a las campañas de marketing. [12]

Educación

La inteligencia artificial (IA) está comenzando a tener un impacto significativo en el ámbito educativo y se está utilizando en una amplia variedad de aplicaciones, como la evaluación del rendimiento, el apoyo a la enseñanza y el aprendizaje personalizado. Algunas de las principales ventajas del uso de la IA en la educación son las siguientes:

- Evaluación del rendimiento: La IA puede utilizarse para evaluar el rendimiento de los estudiantes de manera más eficiente y precisa. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas de inteligencia artificial para evaluar el rendimiento de los estudiantes en exámenes y evaluaciones y proporcionar retroalimentación y consejos personalizados para mejorar el rendimiento.
- Apoyo a la enseñanza: La IA puede utilizarse para proporcionar apoyo a la enseñanza y mejorar la eficiencia de los docentes. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas de inteligencia artificial para proporcionar materiales de enseñanza personalizados y para evaluar el progreso y el rendimiento de los estudiantes.
- Aprendizaje personalizado: La IA puede utilizarse para proporcionar aprendizaje personalizado y adaptativo a los estudiantes. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas de inteligencia artificial para adaptar el contenido y el ritmo de aprendizaje a las necesidades y el estilo de aprendizaje individuales de cada estudiante.

En general, el uso de la IA en la educación puede tener un impacto positivo y mejorar la eficiencia y la efectividad de la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de la IA en la educación debe ser responsable y ético y debe abordarse de manera adecuada para garantizar que se beneficien todos los estudiantes y docentes. [13]

Desventajas (Malas Prácticas)

Chat GPT.

La preocupación en el sector educativo no pasa desapercibida. Los docentes se sienten alarmados por el uso que le dan los estudiantes a la IA, delegándoles la elaboración de trabajos académicos como ensayos o proyectos. Si bien la IA puede ser una herramienta útil para la investigación y el análisis de datos, su uso indebido podría ser considerado como plagio o fraude académico.
La única solución, por los momentos que han encontrado las instituciones educativas es regular el uso de las IA a los alumnos.

Algunos colegios y universidades en todo el mundo, incluyendo Estados Unidos, Australia, India, Francia y España, han prohibido Chat GPT al considerar ilegítimo su uso por parte de los estudiantes.

En Nueva York se prohibió el uso de Chat GPT en todas las escuelas públicas. Por otro lado, el medio de comunicación The Guardian, expuso que las ocho principales universidades australianas, asociadas en el denominado Group of Eight (Grupo de las Ocho), se han visto obligadas a modificar sus métodos de evaluación para evitar que sus estudiantes utilicen la IA para obtener calificaciones sobresalientes.

FakeNew's

Uno de los casos más famosos fue (y sigue siendo) las imágenes manipuladas del Papa Francisco con diversos atuendos modernos. La más popular fue una en la que se le veía utilizando un abrigo de estilo Balenciaga, que dio varias vueltas por las redes antes de que se descubriera que la obra era fruto de una IA.

También se hicieron famosas las imágenes del presidente de Francia, Emmanuel Macron en medio de una manifestación, y al ex presidente estadounidense Donald Trump siendo arrestado, ambas situaciones que nunca han sucedido.

Suplantación de identidad para robos y fraudes

La IA también ha abierto las posibilidades a que algunas personas cometan suplantación de identidades. Con la tecnología de deepfakes que mencionamos anteriormente se puede llegar a suplantar identidades debido al gran detalle que se logra al momento de generar imágenes. Los delincuentes pueden utilizar deepfakes para hacer perfiles falsos en las redes sociales, hacer phishing o realizar ataques cibernéticos.

Un caso real sobre este riesgo es el de una compañía británica que recibió una llamada de quien era supuestamente el CEO de la empresa ordenando transferir casi 240.000 dólares (220.000 euros) a un banco húngaro. La llamada fue creíble debido a que la voz era idéntica al CEO, algo que se logró por medio de un análisis de horas hechas por una IA, que se dedicó a estudiar a detalles grabaciones de voz de la persona para poder replicarla perfectamente.

Los rasgos físicos también pueden recrearse. Según una investigación hecha por la Escuela de Informática Blavatnik y la Escuela de Ingeniería Eléctrica, apenas unas 9 caras generadas por IA observando los patrones más comunes de amplios bancos de imágenes bastan para suplantar la identidad de entre el 42% y el 64% de la gente. «La autenticación basada en el rostro es extremadamente vulnerable, incluso si no hay información sobre la identidad del objetivo», señala el informe. [14] (Figura 7)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.



Figura 5.- Suplantación de Identidad

Manipulación de la información: Se puede usar IA para acceder y difundir información falsa o desinformación a gran escala, lo que puede influir en opiniones públicas.

Vigilancia y privacidad: Sistemas de IA pueden ser empleados para vigilancia masiva sin consentimiento, invadiendo la privacidad de las personas y llevando a un seguimiento excesivo y no ético.

Armas autónomas: La IA aplicada en sistemas de armamento autónomo plantea preocupaciones éticas y de seguridad, ya que puede tomar decisiones letales sin intervención humana directa.

Desplazamiento laboral: La automatización impulsada por IA puede llevar a la pérdida de empleos en ciertas industrias, lo que podría generar desigualdades económicas y sociales si no se aborda adecuadamente.

Adicción y manipulación en redes sociales: Los algoritmos de IA en plataformas de redes sociales pueden manipular el comportamiento humano para aumentar la adicción, la polarización y el tiempo de pantalla, a veces sin considerar el bienestar de los usuarios.

CONCLUSIÓN

En conclusión, la intersección entre la tecnología y la conciencia humana es un territorio fascinante y complejo que merece una atención cuidadosa. Si bien la inteligencia artificial y la tecnología tienen el potencial de mejorar nuestra calidad de vida y resolver problemas globales, también plantean desafíos significativos para nuestra capacidad de razonar y tomar decisiones de manera independiente.

Es esencial que, a medida que avanzamos hacia un futuro cada vez más tecnológico, estemos conscientes en el uso de la IA como herramienta, para asegurarnos de que la tecnología beneficie a la humanidad sin comprometer nuestra esencia como seres pensantes y conscientes.

En última instancia, el camino hacia la coexistencia armoniosa entre la tecnología y la conciencia humana dependerá de cómo enfrentamos estos desafíos y cómo utilizamos la tecnología para potenciar, en lugar de remplazar, nuestra capacidad única de comprender, analizar y tomar decisiones en este mundo en constante evolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] L Rouhiainen (2018)- INTELIGENCIA ARTIFICIAL; Madrid: Alienta Editorial.
[2] R Fernández, J Costa, M Oviedo (2021) - Aprendizaje Estadístico, R-Markdown disponible en el Github.
[3] 1MillionBot, 9 de agosto 2023; Madrid España; https://1millionbot.com/como-se-entrena-un-modelo-de-ia/
[4]IBM;2023;https://www.ibm.com/mx-es/topics/machine-learning
[5] DataScientest; 9 de junio 2023;https://datascientest.com/es/que-es-un-algoritmo
[6] DataScientest; 19 de abril del 2022; https://datascientest.com/es/machine-learning-definicion-funcionamiento-usos
[7]. Ceballos, F. (2004). Enciclopedia del lenguaje. México: Alfaomega/Rama
[8] ConceptoDefinicion; Sánchez, Adriana; 27 de junio de 2023; https://conceptodefinicion.de/educacion/
[9] "Tecnología". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Concepto de; Última edición: 12 de agosto de 2022; Disponible en: https://concepto.de/tecnologia/
[10] "Industria". Autor: Equipo editorial, Etecé. De: Argentina. Para: Concepto de; Última edición: 3 de agosto de 2020; Disponible en: https://concepto.de/industria/
[11] APD (Asociación para el Progreso de la Dirección); publicado el 24 de enero del 2020; https://www.apd.es/inteligencia-artificial-turismo-aplicaciones/
[12] Hayas marketing natural: Agencia de Marketing Digital en Madrid; Ruben Reyero: 14 de octubre 2021; https://www.hayasmarketing.com/blog/la-inteligencia-artificial-ia-y-su-aplicacion-en-marketing
[13] Innovación educativa; UPC; julio del 2018; https://innovacioneducativa.upc.edu.pe/category/actualidad/inteligencia-artificial/
[14] Daniela Carrasco para Creative Commons 3.0; publicado el 5 de abril del 2023; https://marketing4ecommerce.net/usos-inesperados-e-indebidos-de-la-ia-que-generan-polemica/

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Julio Cesar Tapia Durán: Ingeniería en Sistemas Computacionales egresado de Universidad Interactiva y a Distancia del Estado de Guanajuato (UNIDEG).

Juan Carlos Rodríguez Campos: Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico Superior de

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-04, pág.: 1 a la 8.

Irapuato, Maestro en Ciencias de la Educación egresado CAJEME, Sonora, Doctorado en Educación egresado UNICLA.

Mariana Rico Chagollán: Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Maestro en Educación egresado de la Universidad Virtual de Guanajuato.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

Análisis de Eficiencia Térmica Y Generación de Energía Eléctrica de Concentradores Solares Con Motores Stirling

Pablo Yair Domínguez Zamora*, Omar Olvera García**, Omar Armando Cornejo Becerra***, Víctor Hugo Hernández Gómez*****

RESUMEN

Se presenta el diseño y desarrollo de prototipos sobre concentradores solares parabólicos en el cual uno de ellos será estático y otro será automatizado con motores a pasos programados para dar un seguimiento solar más eficiente tanto diario como anual (solsticios y equinoccios), esto con el propósito de aumentar su eficiencia de captación de radiación en el punto focal así como los registros de temperatura que se realizarán, de igual forma ambos concentradores se desarrollarán con motores Stirling los cuales serán una fuente de generación de voltaje para el total aprovechamiento de la radiación solar captada, finalmente se llevarán a cabo registros de temperatura con ayuda de termopares para su estudio y comparación de eficiencias térmicas.

ABSTRACT

We present the design and development of prototypes on parabolic solar concentrators in which one of them will be static and the other will be automated with stepper motors programmed to give a more efficient solar tracking both daily and annual (solstices and equinoxes), this in order to increase its efficiency of radiation capture at the focal point as well as the temperature records to be made, Likewise, both concentrators will be developed with Stirling engines which will be a source of voltage generation for the total use of the solar radiation captured, finally, temperature records will be carried out with the help of thermocouples for their study and comparison of thermal efficiencies.

Palabras claves: Concentrador Solar, parábola, Seguimiento solar, Motor Stirling.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha sido drástico en los últimos años y con ello ha traído consecuencias severas para varias actividades cotidianas de la humanidad así como también la metodología de la obtención de recursos, los cambios drásticos de temperatura y los incrementos de la contaminación atmosférica han sido las principales causas que han orillado al ser humano a recurrir a los procesos más limpios posibles en los que destaca la generación de energía siendo uno de los cambios más importantes por la obtención de esta a través de recursos naturales y renovables tal como el aprovechamiento de la captación y radiación solar, en el cual el presente proyecto se involucra por medio de la elaboración de un estudio y análisis de las eficiencias térmicas en prototipos de concentradores solares parabólicos ya sea automatizados o estáticos, así como también la eficiencia de generación de energía eléctrica por medio de motores Stirling.

Por otro lado, se llevarán a cabo registros de temperatura y radiación para analizar de una mejor forma las eficiencias térmicas y sus cambios en relación al comportamiento del calendario solar, solsticios y equinoccios.

ANTECEDENTES

Energía Solar

La energía solar es una fuente abundante, renovable e ilimitada de la cual los humanos han estado realizando estudios y proponiendo proyectos de las cuales podrían aprovechar cada vez de una mejor manera la conversión de radiación electromagnética en calor.

La principal fuente de aprovechamiento de la energía solar desarrollada hasta ahora se da en la creación de energía eléctrica de las celdas fotovoltaicas.

La producción de energía solar térmica (o termo solar), es una forma de aprovechamiento de la energía del sol para producir calor con diferentes fines tales como la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico (agua caliente sanitaria, calefacción), la producción de energía mecánica y a partir de ella energía eléctrica, y otras aplicaciones.

La radiación solar en la superficie terrestre posee una densidad (kW/m2).

Existe una gran variedad de alternativas tecnológicas que se han desarrollado para diversos segmentos de mercado y que están en diversos niveles de la madurez. Las tecnologías más avanzadas son las Centrales de Concentradores Cilindro-Parabólicos (CCP), las torres solares, los sistemas de Discos Parabólicos y los concentradores de Fresnel lineales. Estos dispositivos varían según los métodos de concentración y de conversión de energía, y las opciones de acumulación. [1]

Actualmente los sistemas de generación de potencia eléctrica mediante energía solar con motor Stirling esta encaminadas a la

* Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli. pablo7yair@gmail.com

** Laboratorio de Investigación en Energías Renovables, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. omar.olvera@cuautitlan.unam.mx

*** Laboratorio de Investigación en Energías Renovables, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. ing.omarcornejo@gmail.com

**** Laboratorio de Investigación en Energías Renovables, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. vichugo@unam.mx

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

producción a gran escala, lo que las hace costosas, voluminosas y de baja eficiencia, no obstante, hay una creciente tendencia hacia una mayor utilización de estas alternativas de generación con energías limpias. [2]

Concentradores Solares

Los concentradores solares son dispositivos diseñados para capturar y concentrar la radiación solar, convirtiéndola en energía térmica o eléctrica [3]. Su función principal es aumentar la eficiencia de la conversión de energía solar al dirigir la luz hacia un receptor, que puede ser una celda solar o un motor Stirling, aumentando así la temperatura del fluido que se utiliza para generar energía [4]. Estos sistemas son cruciales en la generación de electricidad, ya que permiten aprovechar al máximo la energía solar disponible, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos renovables y una reducción en la dependencia de fuentes de energía no sostenibles.

Existen diversos tipos de concentradores solares, siendo los más destacados los parabólicos, los de Fresnel y los concentradores parabólicos. [5] Los concentradores parabólicos, por ejemplo, emplean una forma de espejo curvado que enfoca la luz solar en un punto focal donde se ubica el receptor [4]. Por otro lado, los concentradores de Fresnel utilizan una serie de espejos planos que concentran la luz solar en una línea, lo que permite una construcción más ligera y menos costosa [3]. La elección del tipo de concentrador depende de factores como la ubicación geográfica, el costo y la aplicación deseada, cada uno de ellos ofreciendo diferentes ventajas en términos de eficiencia y costo de implementación.

Seguidores Solares

Un seguidor solar es un componente mecánico cuya función es adecuarse en un posicionamiento optimo en el cual obtendrá más aprovechamiento de la radiación del sol ya que al estar en un ángulo de mayor incidencia de fotones este obtendrá una mayor eficiencia.

Tipos de seguidores según su tipo de seguimiento:

• Seguidores a un eje: Presentan un grado de libertad en su movimiento. La rotación de la superficie de captación se hace sobre un solo eje, este puede ser horizontal, vertical u oblicuo.

• Seguidores a dos ejes: Poseen dos grados de libertad, capaces de hacer un seguimiento solar más preciso. Este tipo de seguidor está en capacidad de realizar un seguimiento total del Sol, tanto en altura como en azimut.

Tipos de seguidores según su algoritmo de seguimiento:

• Seguidores por punto luminoso: Poseen un sensor que les indica cual es el punto del cielo más luminoso y al que deben apuntar. El algoritmo de este tipo de seguidor basa su funcionamiento en la señal integrada por uno o varios sensores, dependiendo de dicha señal se envía un comando de control a uno o varios motores para que se posicionen en el punto más adecuado de luminosidad.

• Seguidores con programación astronómica: Estos mediante un programa conocen en qué punto debería estar el Sol a cada hora y apuntan a dicha posición. Presenta una total independencia de las condiciones climáticas ya que su algoritmo no requiere de sensores que indiquen cual es el punto más luminoso. El seguimiento en este caso depende únicamente de una serie de ecuaciones que predicen la ubicación del Sol en cualquier momento. [6]

El seguimiento solar desempeña un papel fundamental en la mejora de la eficiencia de los concentradores solares [7]. Al ajustar la posición del concentrador para seguir el trayecto del sol a lo largo del día, se maximiza la captación de radiación solar, lo que se traduce en un aumento significativo en la generación de energía [8]. Los sistemas de seguimiento pueden aumentar la eficiencia de conversión solar a eléctrica en un 25-30% en comparación con sistemas fijos [7]. Este incremento en la eficiencia es crucial para maximizar la producción de energía en aplicaciones comerciales y residenciales, haciendo que el uso de tecnología de seguimiento solar sea una inversión valiosa en la generación de energía limpia y sostenible.

Parábolas

Una parábola es una curva perpendicular dada en relación con un mismo eje de simetría, cuya importancia dentro de la física ha influido en el desarrollo de nuevos aprovechamientos y novedades dentro de la ciencia como tal es el caso de un concentrador solar que debido a las propiedades de la parábola han desarrollado concentradores que son sumamente eficientes.

Propiedades de la parábola:

• Foco: Es el punto fijo.
• Vértice: Es el punto de intersección de la parábola con su eje.
• Eje de simetría (focal): Es la recta perpendicular a la directriz que pasa por el foco.
• Directriz: Es la recta fija perpendicular al eje de simetría (focal).
• Parámetro: Es la distancia del foco a la directriz.
• Eje de simetría (focal): Es la recta perpendicular a la directriz que pasa por el foco.
• Lado recto: Es el segmento de recta comprendido por la parábola, que pasa por el foco y es paralelo a la directriz. [4]

Dichas propiedades se presentan en la figura 1.

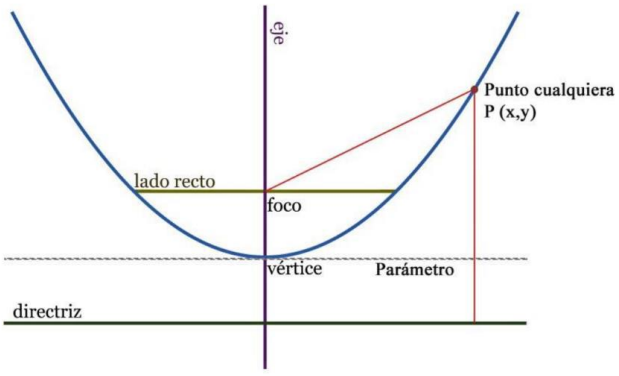


Figura 1- Propiedades de la Parábola [10]

Conjunto constituido por un concentrador en forma de paraboloide en cuyo foco se localiza el receptor solar: un motor Stirling (Dish Stirling) o una micro-turbina de vapor. El objetivo es concentrar la radiación solar en el foco para hacer llegar la mayor cantidad

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

posible de calor al recibidor, y a través de él, calentar el fluido de trabajo para la realización del ciclo termodinámico correspondiente. La energía mecánica generada se transmite a un alternador para transformarla en eléctrica (Solar Paces). Un sistema de seguimiento a doble eje le permite captar la radiación normal directa (DNI), garantizando la máxima absorción de energía solar instantánea. [9]

Metales Ligeros

Un material ligero es aquel que con relación a su volumen, masa y densidad son menores debido a su estructura ya sea natural o compuesta para poder emplearse en diversos ámbitos de construcción, mecanismos, etc.

-Convencionalmente se consideran metales ligeros a aquellos cuya densidad relativa es menor a 4.5. Entre ellos los de mayor importancia técnica son las aleaciones de Aluminio, Magnesio, Titanio y Berilio. [11]

Los materiales se clasifican en metales y aleaciones, cerámicas, vidrios y vidrios-cerámicos, compuestos, polímeros y semiconductores.

Las propiedades de los materiales de ingeniería dependen de la composición, estructura, síntesis y procesamiento de estos. Un índice importante de desempeño de los materiales o dispositivos es su razón desempeño/costo.

La estructura de un material se refiere al arreglo de los átomos o iones que constituyen el material. [7]

Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio es un filamento continuo o discontinuo, obtenido mediante estiramiento de vidrio fundido, el cual se mezcla con distintos materiales haciéndolos más resistentes. La fibra de vidrio puede ser añadida a varillas, láminas, perfiles de estructura, tubos, mallas y otros proyectos industriales. Entre otros materiales, la fibra de vidrio se destaca por ser:

• Resistente: La fibra de vidrio es un material de alta resistencia mecánica mayor que el acero.

• Anticorrosiva: Cuenta con amplia resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes costeros y húmedos, mayormente en en proyectos industriales.

• Resistencia química: La fibra de vidrio tiene mayor resistencia a ácidos, mucho mayor que otros materiales.

• Aislamiento eléctrico: Incluso con un bajo volumen, logra brindar tal beneficio a cualquier producto que lo contenga.

• Conductividad térmica: la fibra de vidrio tiene baja conductividad térmica, por lo cual es uno de los productos con mayor demanda en la industria de la construcción.

• Resistente a la humedad: La fibra de vidrio causa un efecto impermeable, por lo cual puede tomarse en cuenta en proyectos expuestos a la intemperie.

• No propaga el fuego: La fibra de vidrio ayuda a no propagar el fuego al entrar en contacto con una fuente de calor

• Peso ligero: A diferencia de otros materiales de construcción, la fibra de vidrio es ligera y fácil de manipular, ayudando a mantener el mismo volumen de peso en los productos con los que se mezcla.

La fibra de vidrio brinda ventajas inigualables, alargando la vida útil en cualquier manufactura, proporcionando grandes ventajas a comparación de otros que no la tengan. La fibra de vidrio cuenta con menor costo de mantenimiento del mercado. [12] Materiales Reflejantes Un material reflejante es aquel que como principal propiedad es que tiene la capacidad de devolver la luz que incide en el material a múltiples direcciones.

La reflectancia es el fenómeno en que un espectro de la luz es reflejado por la superficie de un objeto. El grado en que esto sucede depende del material del objeto pues determinados elementos absorben cierto espectro del rango luminoso mientras reflejan otro. [13]

Dentro de los materiales calificados como buenos reflectantes, se debe de tener en cuenta la uniformidad de su superficie, para predecir la dirección que van a tomar las ondas incidentes.

Papel de Aluminio

El papel de aluminio o papel de plata es una de las primeras y más comunes posibilidades que se pueden encontrar ya que sin duda esta opción va a ser la más económica y sencilla de utilizar, ya que su uso estandarizado hace de él un material de fácil obtención y manejabilidad y, sobre todo, aporta una alta reflexión de las ondas incidentes (más del 90% de la radiación visible se ve reflectada). Todo esto, junto a su capacidad de soportar temperaturas muy altas, hace que sea un material idóneo. [14]

Concentradores Solares

El aspecto clave de un sistema concentrador es que produzca la mayor concentración de radiación posible sobre el entorno focal. Esto dependerá, además del buen seguimiento solar, de dos cuestiones fundamentalmente:

• La reflectividad del material elegido.

• La fidelidad a la forma parabólica lograda.

La mayor reflectividad se logra con espejos de alta calidad (float). Estos presentan dos problemas a superar: su deformabilidad y la dificultad para su construcción precisa en formas parabólicas. Este último problema se resuelve con concentradores facetados que siguen la forma parabólica en modo aproximado a través de muchos pequeños espejos (facetas) La cual se muestra en la figura 2. [15]

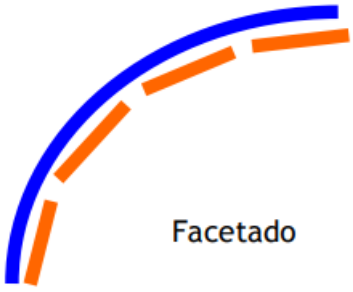


Figura 2- Método Facetado [15]

Hardware

El Hardware es todo conjunto de dispositivos electrónicos que conforman el proyecto dentro del sector mecánico involucrado.

Hardware Base del Prototipo de Concentrador Solar

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

Este proyecto consiste en planear, diseñar, construir y poner en funcionamiento un sistema de control de seguimiento solar para un prototipo de concentrador solar parabólico el cual como parte del hardware conlleva su parte mecánica y su parte electrónica.
En la parte mecánica de la construcción de este prototipo se propone al Hierro (Fe) como principal opción en la parte superior de la estructura ya que el objetivo de este prototipo es el seguimiento de la trayectoria solar y/o el ajuste al mejor posicionamiento con respecto a este y no la generación de energía eléctrica a partir del calor generado por la captación de la radiación solar. Por otra parte, se optó por un mecanismo de seguimiento solar conformado por motores programados pues a comparación de un sensor por punto luminoso este mecanismo no tendría desviaciones y/o alteraciones producidas por sombras. Otros factores dentro del apartado mecánico son los componentes como lo son la plataforma y ángulo de apoyo, la parábola del concentrador en ajuste con su punto focal, así como también el material reflectante ya sean espejos o aluminio que son las principales opciones por tomar en cuenta de acuerdo a dicha función.
• Regulador de voltaje.
• Controlador de motores.
• Motores a pasos bipolar nema 23.
• Resistores.
• Capacitores.
• Cables conectores.
• Arduino Uno R3.
• Motor Stirling tipo Alpha.
Son los principales componentes de Hardware en cuanto al mecanismo de seguimiento solar.

Motores Stirling
Los motores Stirling operan bajo principios de mecánica que se basan en la expansión y contracción de un gas a diferentes temperaturas[3]. Este ciclo termodinámico permite que el motor convierta la energía térmica en energía mecánica a medida que el gas se calienta y se enfría. Durante la fase de calentamiento, el gas se expande, impulsando un pistón que genera movimiento mecánico. A su vez, en la fase de enfriamiento, el gas se contrae, lo que permite que el pistón regrese a su posición original. Este proceso cíclico es altamente eficiente, especialmente en configuraciones donde se puede aprovechar al máximo la radiación solar, haciendo que los motores Stirling sean una opción viable para aplicaciones de energía renovable.
La integración de motores Stirling con concentradores solares, como los espejos parabólicos, maximiza la conversión de energía solar en electricidad [4]. El concentrador solar dirige la radiación solar hacia un punto focal, donde el motor Stirling convierte el calor acumulado en energía mecánica. Este método permite alcanzar eficiencias de conversión de energía solar a eléctrica que oscilan entre el 25% y el 30% en condiciones óptimas [7]. El diseño cuidadoso de los sistemas disco-Stirling no solo mejora la captación de energía, sino que también asegura un rendimiento óptimo, aumentando la viabilidad de estos sistemas para la generación eléctrica a gran escala en regiones soleadas.

Las ventajas de los motores Stirling para la conversión de energía solar son notables en términos de eficiencia y sostenibilidad [5]. Al operar con una alta eficiencia térmica, estos motores pueden generar energía eléctrica de manera efectiva, incluso en condiciones de baja radiación solar. Además, su capacidad para utilizar diversas fuentes de calor, no solo la solar, amplía su aplicabilidad en diferentes contextos energéticos. Entre los beneficios adicionales se encuentran: - Bajas emisiones de gases contaminantes. - Menor ruido en comparación con otros sistemas de generación eléctrica. - Posibilidad de almacenamiento de energía térmica. Estos aspectos hacen que los motores Stirling sean una opción prometedora para contribuir a un futuro energético más limpio y eficiente.
El Modelo Adiabático Ideal es uno de los más sencillos, pero a diferencia del modelo isotérmico permite estimar en forma preliminar la transferencia de calor en los distintos componentes. Por lo general a todas las configuraciones de motores Stirling se los puede analizar dividiéndolos en 5 zonas conectadas en forma lineal, estas zonas se muestran en la figura 3.

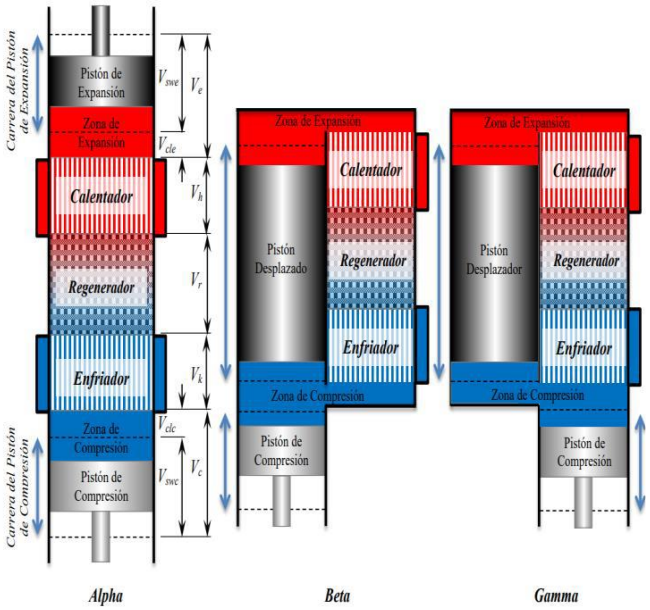


Figura 3: Tipo de Configuraciones de Motores Stirling. [16]

Modelo Simple.
La transferencia de calor por convección forzada es fundamental para el funcionamiento del motor Stirling. El calor se transfiere desde la fuente de calor externa hacia el fluido de trabajo en la sección del calefactor, se almacena y recupera cíclicamente en el regenerador, y finalmente expulsado por el fluido de trabajo hacia el disipador de calor externo en la sección más fría. Todo esto se hace en los intercambiadores de calor compactos (gran área mojada en relación al volumen) a fin de limitar el "espacio muerto" a un valor aceptable y por lo tanto permitir una salida razonable de

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

potencia específica del motor. Este modelo es presentado en la figura 3. [16]

Software

Existen diversos Software enfocados en la programación unos más complejos que otros e incluso con fines diferentes. El Software que se busca utilizar en este proyecto se necesita que sea compatible con diversos componentes del Hardware
para que no existan percances, algunos de los Software de programación más comunes son los siguientes:

- Python.
- C++
- PHP
- Java
- SQL
- C#
- JavaScript
- Swift
- Go
- Ruby

En base al tipo de proyecto que se quiere proponer y con los elementos mencionados anteriormente se ha determinado por que el Software que se utilizará será C++.
C++ es la versión mejorada de C y uno de los lenguajes de programación más populares en informática. Además, su versatilidad hace de C++ el mejor lenguaje de programación para aprender.
Su naturaleza rápida y potente permite a los desarrolladores crear aplicaciones con un rendimiento excelente, como videojuegos, software gráfico y navegadores web.
Combina las características de un lenguaje de bajo y alto nivel, lo que lo hace excelente para la programación de sistemas al tiempo que permite la abstracción para proyectos más pequeños. Además, C++ es un lenguaje de codificación multiparadigma, que admite la programación OOP, genérica e imperativa. [17]

Análisis y propuesta.

Una vez realizada la búsqueda de antecedentes, se plantea la elaboración de un par de prototipos de concentración solar, los cuales, uno de ellos al ser automatizado se buscará diseñar y emplear un mecanismo altamente eficiente el cual se llevará a cabo mediante programación para el ajuste óptimo de seguimiento diario, así como para las trayectorias en solsticios y equinoccios, horarios óptimos de trabajo y reajuste automático una vez finalizado cada ciclo de trabajo. Esto con el fin de poder compararlo con el otro prototipo estático y relacionar su eficiencia de captación de fotones, así como también comparar la máxima temperatura que pueden llegar a obtener y en qué tiempo lo conseguirían para después determinar en conceptos generales si es más rentable a largo plazo y escalar la producción a niveles industriales de un concentrador solar programado o de uno estático.

DESARROLLO

El diseño presentado para la elaboración del prototipo fue inspirado de diversos tipos de concentradores estáticos buscando optimizar el uso y adecuarlo a la automatización para la que se tenía planeada. Cabe recalcar que conforme se fue dando seguimiento y avance al proyecto se encontraron puntos cruciales de oportunidades de mejora y/o implementaciones de propósito como los fue el cambio de diseño por reacondicionamiento de movimiento de la parábola y la implementación de un motor Stirling en medio de la misma referencia de trabajo con el punto focal con el objetivo de generar energía eléctrica en acompañamiento con termopares para llevar un registro continuo de temperaturas en ambos dispositivos.

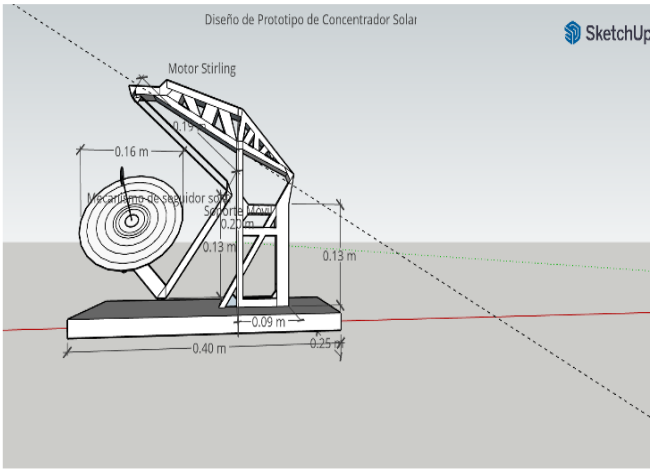


Figura 4: Primer diseño realizado (diseño propio)

Primero, se presentó la una propuesta de diseño, mostrada en la Figura 4 con el software Sketch up, la cual consistía en una base muy estructurada que con la ayuda del brazo posterior de la estructura apoyada con un sistema de cierre ajustable en relación al foco que se encontraba estáticamente en la parte posterior.
Una vez realizado el primer análisis se comenzaron a determinar los materiales justo al tiempo que se comenzaron a encontrar las primeras partes que podrían sufrir reacondicionamientos para optimizar el trabajo y funcionamiento del prototipo, pues se llegó a la conclusión de que el primer diseño presentado estaba sobredimensionado en la parte superior del prototipo, así como también se implementó un motor Stirling en la parte superior apoyado encima del punto focal, lugar donde los fotones rebotados de la parábola incidían para lograr el funcionamiento de este y así poder generar energía eléctrica.
Por otra parte, se comenzaron a determinar los materiales los cuales consistían en:

- Una placa de acero de 25*20 cm en la parte inferior para soportar todo el peso del prototipo y mantenerlo estable.
- 0.50 m2 de madera con un grosor de ½ pulgada para construir la parte inferior que se encargaría de darle estabilidad al prototipo absorbiendo las vibraciones cuando el motor este trabajando.
- Un motor Stirling tipo aleación de Zinc que por su forma de diseño sería más práctico utilizarlo en este prototipo.
- Un motor a pasos nema 17 bipolar de 4v y 1.2 A (solo para el prototipo automatizado)
- Parábola de fibra de vidrio de 16 cm de diámetro.
- Placa de aluminio de 10*20 cm.
- ½ metro de PTR calibre 14.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

• Arduino UNO R3 (solo para el prototipo automatizado)
• Fuente de 12V 5A.
• Driver TB6600.

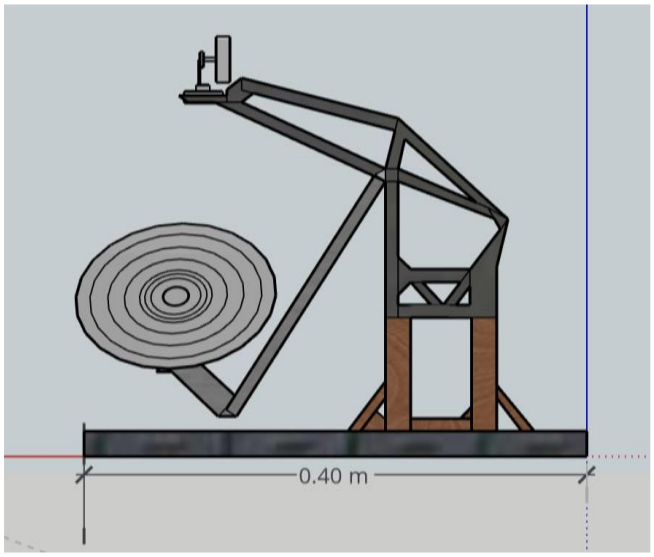


Figura 5: Primer mejora del diseño (diseño propio)

Luego de un segundo análisis a fondo del diseño del prototipo y tomando en cuenta el dimensionamiento de este se llegó a la conclusión de que el diseño debía ser modificado en toda la parte superior pues tomando en cuenta que al no ser un diseño tan grande y que no va a soportar un peso excesivo que este constituido de soportes y mecanismos metálicos, por lo que se llegó a la conclusión de que se debía remover la parte superior y modificarla para obtener un mejor movimiento de trabajo y un ángulo fijo y estable de inclinación que sea más eficiente y menos costoso de financiar y ensamblar. Esta mejora se muestra en la Figura 5.

Por lo que se trabajó en rediseñar gran parte del prototipo pues al ser un cambio drástico traería consigo una modificación de los materiales necesarios para su construcción, así como también un cambio en la parte mecánica y electrónica pues el nuevo diseño buscaría también optimizar su eficiencia y añadir un mecanismo de seguidor solar durante los equinoccios y solsticios anuales para obtener un índice de eficiencia de temperatura y generación de energía eléctrica así como también una mayor exactitud de datos recabados al tener un seguidor más exacto durante todo el periodo anual de la trayectoria del sol.

De tal forma se presentó el nuevo diseño del prototipo que consistía en un diseño con una estructura más simple y menos detallada pero más eficiente y económica para el trabajo que se buscaría realizar y demostrar, así como también se presenta la nueva lista de materiales la cual consistía en:

• 2 placas de acero de 25*20 cm.
• 2 placas de aluminio de 10*20.
• 30 cm de tubo de aluminio de 1 pulgada.
• 0.50 m2 de madera con un grosor de 1/2 pulgada.
• 1 placa de 50.0*50.0*0.1 cm de lámina galvanizada lisa.
• 1 Arduino UNO R3.
• 2 motores a pasos nema 23 de 5V 2.8 A.
• 1 fuente de alimentación de 24V y 5 A.
• 2 controladores TB6600.

El diseño final del prototipo móvil se muestra en las figuras 6, 7 y 8, mostrando las vistas superior, lateral y frontal del mismo

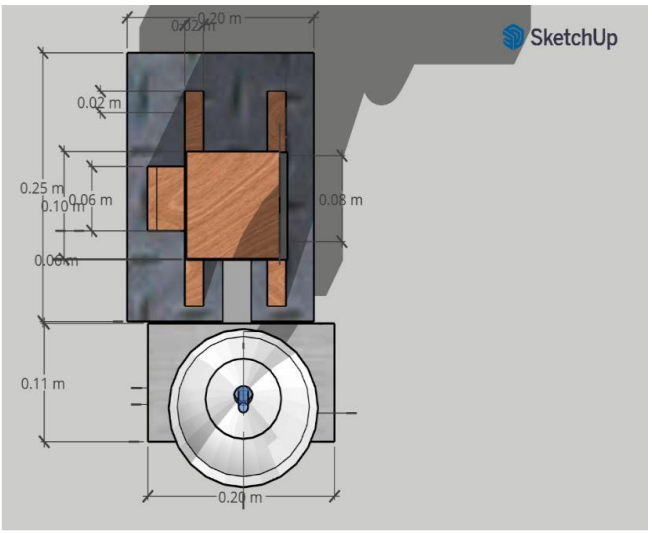


Figura 6: Nuevo diseño, vista superior (diseño propio)

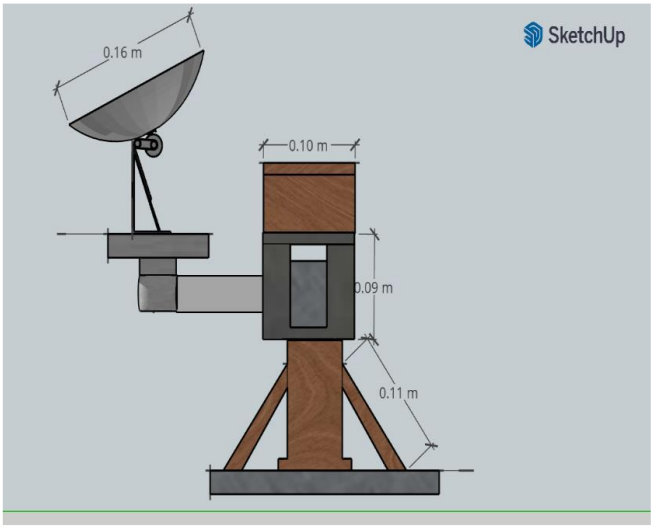


Figura 7: Nuevo diseño, vista lateral derecha. (diseño propio)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

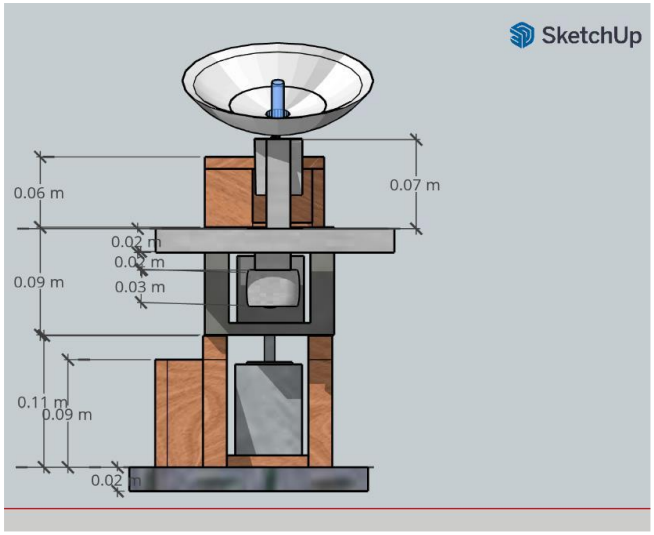


Figura 8: Nuevo diseño, vista frontal. (diseño propio)

De acuerdo con las dimensiones y materiales mencionados podemos calcular ciertos datos que ayudaran a predecir el rendimiento que tendrá dicho proyecto tomando como referencia las condiciones óptimas para operarla.

Con base a las dimensiones podemos determinar que:

El área de la parábola tomando en cuenta que el vértice está en el origen es de la siguiente forma:

$$y = ax^2 \quad (1)$$

Se toma como referencia el punto extremo (8,4) gráficamente, y sustituimos este punto en la ecuación para encontrar a "a":

$4=a\,(8^2) \rightarrow 4=64a \rightarrow a=1/16$

Entonces la ecuación de la parábola es:

$$y = \frac{1}{16}x^2 \quad (2)$$

Una vez obtenida la formula se puede concretar que la integral para saber el área de la parábola es:

$$A = \int_{-8}^{8} \frac{1}{16}x^2\,dx \quad (3)$$

Y al resolverla se presenta la siguiente metodología de resultados:

$$A = \frac{1}{16}\left[\frac{x^3}{3}\right]_{-8}^{8} \Rightarrow A = \frac{1}{16}\int_{-8}^{8} x^2\,dx \quad (4)$$

Evaluamos:

$$A = \frac{1}{16}\left(\frac{8^3}{3} - \frac{(-8)^3}{3}\right) \Rightarrow A = \frac{1}{16}\left(\frac{512}{3} - \frac{-512}{3}\right) \Rightarrow$$

$$A = \frac{1}{16}\left(\frac{1024}{3}\right) \Rightarrow A = \frac{1024}{48} \Rightarrow$$

$$A = \frac{64}{3} \approx 21.33\ \text{cm}^2 \quad (5)$$

Una vez que ya tenemos el valor del área de la parábola se hará una estimación de cuanta radiación solar puede capturar, para ello se realizó una prueba de mediciones con un piranómetro de la Marca SolSensor, la medición de prueba se llevó a cabo en condiciones ideales dentro del horario de la ventana solar del 04/06/2024 a una inclinación estimada en los 23° en un lugar con la altitud similar a la ubicación de la FES Cuautitlán Campus 4 y se los siguientes resultados mostrados en la Figura 9.

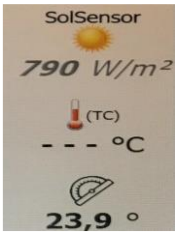


Figura 9: Resultados de medición del Piranómetro.

Una vez que obtuvimos la estimación de la radiación solar que se obtiene dentro del horario optimo se hizo una estimación de la cantidad de radiación que podría capturar la parábola.

Para ello fue necesario convertir a metros el valor del área de la parábola:

$23.33\ \text{cm}^2 = 21.33 \times 10\text{-}4 = 0.002133\ \text{m}^2$

Es importante saber que la radiación solar puede variar con la inclinación, aquí se tomara el valor de 23° debido a que previamente se realizaron promedios de estimaciones de inclinación de acuerdo con registros obtenidos y calculados con la ayuda de la página "Sonnenverlauf.de".

La fórmula general para el ajuste de radiación es:

Radiación Ajustada = Radiación solar x Cos (ángulo de inclinación)

Entonces:

Radiación Ajustada = 790 W/m^2 x cos (23°)

cos (23 °) = 0.9205

Por lo tanto:

Radiación Ajustada = 790 W/m^2 x 0.9205 = 727 W/m^2

Calculamos la radiación total Captada:

727 W/m^2 x 0.002133 m^2

Radiación Total Captada = 1.55 W

Una vez que ya tenemos la cantidad de radiación que podría capturar la parábola podemos estimar la cantidad de radiación que podría concentrarse en el punto focal y con esto calcular la temperatura que va a incidir en el motor Stirling, basándonos en las temperaturas promedio de las estaciones del año para contar con resultados más certeros.

Para ello es importante recalcar que el material reflectante que se pretende usar es crucial para determinar la temperatura que se puede alcanzar debido a que cada material que se puede emplear para esta función cuenta con un rendimiento reflectante diferente, en este caso se pretende usar el papel aluminio el cual tiene como promedio de hasta un 90% de reflectancia [18].

Así como también tomar en cuenta que el material utilizado cuente con un buen nivel de emisividad, la cual es una propiedad física de los materiales que mide la eficacia con la que una superficie emite energía térmica en forma de radiación, la emisividad varía entre cantidades de 0 a 1, en donde 0 indica que el material no emite

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-05, pág.: 1 a la 9.

ninguna radiación térmica, Un valor de 1 indica que el material es un cuerpo negro ideal, que emite la máxima cantidad de radiación posible a una temperatura dada.
La emisividad del papel de aluminio suele estar en el rango de 0.03 a 0.05. Esto significa que el papel de aluminio refleja la mayoría de la radiación incidente, emitiendo muy poco en comparación con materiales de mayor emisividad. [19]
Para tener una mayor similitud a los que se estiman serán los valores reales se recabaron datos de las temperaturas diurnas promedio de la estación de invierno (2023) con localidad en Cuautitlan de Romero Rubio, Municipio donde se localiza la FESC campus 4, esto tomando en cuenta que las pruebas de este proyecto iniciaran en Octubre 2024. Con ayuda de la página "Wheater.com" se obtuvieron los siguientes resultados:

- Invierno (Diciembre- Febrero): 23.3°C

Para calcular la temperatura en el punto focal de la parábola los aspectos a considerar son la potencia captada, la reflectancia del material y los datos de la geometría del sistema, por ello:
Potencia Captada (*P*): 1.55W
Reflectancia (*R*): 0.9
Emisividad (ε): 0.05
Área del punto focal (A_{Focal}): 0.7853 cm^2 → 0.00007853 m^2
Distancia del punto focal (*d*): 4 cm → 0.04 m
Temperatura ambiente: 23.3 °C
Constante de Stefan Boltzmann (σ): 5.67 x 10-8 $W/m^2 K^4$
Para determinar la radiación absorbida por el punto focal comenzaremos por calcular la potencia absorbida por el punto focal la cual es la parte de la potencia captada que no se refleja:

$$P_{\text{absorbida}} = P \times (1 - R) \quad (6)$$

$P_{absorbida}$ = 1.55 x (1-0.9) = 1.55 x 0.1= 0.155W
Aplicaremos la ley de Stefan- Boltzmann para calcular el equilibrio térmico la cual se representa de la siguiente manera:

$$P_{\text{emitida}} = \varepsilon\sigma A_{\text{focal}}(T^4 - T_{\text{amb}}^4) \quad (7)$$

Al referirnos a un equilibrio térmico se establece que la Potencia absorbida es equivalente que la Potencia emitida, por lo tanto, se pueden expresar de la misma manera:

$$P_{\text{absorbida}} = \varepsilon\sigma A_{\text{focal}}(T^4 - T_{\text{amb}}^4) \quad (8)$$

Reorganizamos la ecuación para poder calcular la temperatura del punto focal:

$$T^4 = \frac{P_{\text{absorbida}}}{\varepsilon\sigma A_{\text{focal}}} + T_{\text{amb}}^4 \quad (10)$$

Sustituimos:

$$T = \left(\frac{0.155}{0.05 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 0.00007853} + 296.45^4\right)^{1/4} \quad (11)$$

Comenzamos calculando la fracción:

$$\frac{0.155}{0.05 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 0.00007853} \approx \frac{0.155}{2.23 \times 10^{-12}} \approx 6.95 \times 10^{10}$$

Luego continuamos calculando T^4:

$$T^4 = 6.95 \times 10^{10} + 296.45^4$$

Resolvemos:

$$296.45^4 \approx 7.72 \times 10^9 \Rightarrow T^4 \approx 7.72 \times 10^9 + 6.95 \times 10^{10} = 7.72 \times \Rightarrow 10^9 + 69.5 \times 10^9 = 77.2 \times 10^9$$

Calculamos *T*:

$$T \approx (77.2 \times 10^9)^{1/4} \approx 399.1\,\text{K}$$

Realizamos la conversión a Celsius:

$$T \approx 399.1\,\text{K} - 273.15 \approx 126\,^\circ\text{C}$$

Concluimos la estimación, por lo que con este resultado se espera que el punto focal en las pruebas térmicas alcance una temperatura que ronde los 126 °C.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA TÉRMICA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

La temperatura juega un papel crucial en el rendimiento del motor Stirling, ya que afecta directamente su eficiencia y capacidad de generación de energía [3]. A medida que la temperatura del fluido de trabajo dentro del motor aumenta, se incrementa la cantidad de energía térmica que puede convertirse en energía mecánica [6]. Este principio es esencial, ya que los sistemas Disco-Stirling han demostrado tener una eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica entre el 25% y el 30% bajo condiciones óptimas [4]. El aumento de la temperatura permite que se produzcan ciclos de trabajo más eficientes, lo que a su vez maximiza la producción de energía eléctrica. Por lo tanto, el control y la optimización de la temperatura son fundamentales para el rendimiento general de los sistemas de concentración solar acoplados a motores Stirling.
El papel de la radiación solar en la producción de energía es otro factor determinante en la eficiencia térmica de los concentradores solares [20]. La radiación solar actúa como la fuente de calor necesaria para el funcionamiento del motor Stirling, y la cantidad de energía capturada depende de la calidad y la intensidad de la radiación. Estudios han demostrado que los sistemas de concentración solar, como los que utilizan concentradores parabólicos, pueden maximizar la captación de energía solar y, por ende, mejorar la generación eléctrica [4]. En este contexto, es importante tener en cuenta que las condiciones climáticas y la ubicación geográfica también influyen en la disponibilidad de radiación solar, lo que puede variar significativamente la producción energética a lo largo del año.

CONCLUSIÓN

El análisis de la eficiencia térmica y la generación de energía de los concentradores solares con motores Stirling destaca la importancia de estos sistemas en la producción de energía limpia y sostenible, así como del funcionamiento de los motores Stirling en la generación de energía, se evidencia cómo la integración de ambas tecnologías puede mejorar significativamente la eficiencia y la producción de energía eléctrica. este estudio resalta el potencial de los concentradores solares con motores Stirling para contribuir al desarrollo de fuentes de energía renovable y sostenible en el futuro.
Actualmente el proyecto ya se encuentra en desarrollo en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Energías Renovables por lo cual se estima que en Octubre se finalice y se comiencen las pruebas para comparar los resultados con las estimaciones que se tienen en proyección.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Pablo Y Blanca por siempre impulsarme a ser mejor.
A mis hermanos, la Ing. Jazmín por ser mi ejemplo, Paola y Cristian.
A mi hermosa novia Guadalupe González Reyes por ser mi soporte y motivación.
A la Familia González Reyes por toda su amabilidad.
A todo el personal del laboratorio de Investigación de Energías Renovables por apoyarme y confiar en mí.
Al proyecto PAPIME.
A la Cátedra de Investigación.
A mi escuela la Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Álvarez, C. (2017). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONCENTRADOR SOLAR. Repositorio Digital, Tuxtla, TECNM
[2] Jesús Reyes, Alejandro Zacarias, Claudia Gutiérrez, Fredy Donis, José A. Jiménez. (21 de septiembre de 2018). Modelado de un colector solar parabólico con motor Stirling para uso doméstico y pequeña industria. Campeche, México. Congreso Anual Internacional de la SOMIM.
[3] Diseño de un Concentrador Solar Acoplado a un Motor Stirling recuperado August 19, 2024, de www.scielo.org.mx
[4] análisis de la eficiencia de un colector solar de disco parabolico recuperado August 19, 2024, de revista.redipe.org
[5] Análisis y diseño de un sistema de generación eléctrica .... (n.d.) recuperado August 19, 2024, de www.scielo.org.mx
[7] análisis de un sistema de disco parabólico con motor stirling.. (n.d.) recuperado August 19, 2024, de core.ac.uk/download/pdf/29401083.pdf
[8] generación de energía eléctrica a través. (n.d.) recuperado August 19, 2024, de repositorio.pascualbravo.edu.com
[9] Isidro María Santos Ráez. (1 de octubre de 2015.). ESTUDIO DE UN MOTOR STIRLING CON ABSORBEDOR INTERNO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR. Malaga, España. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
[10] Escuela preparatoria anexa a la normal de Cuautitlán Izcalli. (S.N). (8 de Febrero 2024). Propiedades de la parábola. Cuautitlan Izcalli Recuperado de https://blog-matematico-uwu.webnode.mx/propiedades-de-las-parabolas
[11] Metales ligeros y sus aleaciones. Clasificación. Estructura metalográfica. Transformaciones metalúrgicas. La influencia en sus propiedades de los tratamientos térmicos y termoquímicos. Formas comerciales. . OPOSINET. Recuperado de https://www.oposinet.com
[12] Propiedades de la Fibra de Vidrio. México. Stabilit. Recuperado de https://www.stabilit.com
[13] (12 de Septiembre 2018). Asir lo inasible: luz y reflectancia. . . Iluminet Recuperado de https://iluminet.com
[14] Suarez, O. (2018). EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS DIFERENTES MATERIALES REFLECTANTES EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN HORNO SOLAR, ESPAM MFL.
[15] Sifuentes, J. (2017). La parábola. UAEH Docencia
[16] Scarpin, G. (2010). MODELO SIMPLE DE MOTORES STIRLING. Facultad de Ingeniería, Instituto Universitario Aeronáutico Av. Fuerza Aérea 6500, (), p.2, p.3,
[17] (2013). Aplicación del Software SOLEEC para Diseñar Colectores Solares de Canal Parabólico. Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica México,
[18]Reflectancia Academia Balderix Recuperado de https://www.ingenierizando.com/optica/reflectancia
[19] Cengel, Y. (2015). Heat and mass transfer: Fundamentals and applications McGraw-Hill Education., (5)
[20] Diseño de un motor Stirling basado en energía solar (n.d.) recuperado August 19, 2024, de dspace.espol.edu.ec/retrieve/101887/D-CD88565.pdf

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Pablo Yair Domínguez Zamora. Estudiante de Licenciatura en Ingeniería en Energía de la Universidad Politécnica de Cuautitlán Izcalli.
Ing. Omar Olvera García. Egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Ing. Omar Armando Cornejo Becerra. Egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez. Egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

AGRADECIMIENTOS

Catedra de Investigación

Trabajo realizado con el apoyo del Programa interno de cátedras de investigación (FES Cuautitlán – UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto CI2472.

Datos del proyecto PAPIME

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA PAPIME PE102724.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-07, pág.: 1 a la 5.

Diseño de banco de pruebas para experimentación de Microturbina de gas

Froylán Solís Contreras**[*]**, Rosa de Guadalupe González-Huerta[2], Juan Manuel Sandoval-Pineda[1]

RESUMEN

El siguiente trabajo expone la metodología para el diseño de un banco de pruebas para la experimentación de una microturbina de gas alimentada con Gas de Petróleo Licuado (Gas L.P.) en una primera etapa. Con el banco de experimentación se permite medir el comportamiento real de parámetros básicos relacionados con el combustible y determinar la eficiencia térmica de la máquina, como consumo de combustible versus régimen de operación de la turbina, flujo de masa de aire y flujo de masa de combustible mínimo suficiente para llevar a cabo una combustión completa, temperatura alcanzada en la cámara de combustión versus la variación de flujos de combustible, potencia aportada por la turbina de gas con diferentes regímenes de operación. Los resultados esperados son caracterizar el comportamiento de la turbina con una alimentación de Gas L.P. y comparar el comportamiento de la turbina, abastecida con una mezcla de combustible de Gas L.P. en combinación con otro combustible a fin de determinar las diferencias por el cambio de combustible. Los componentes de la turbina de gas del banco: compresor y turbina se encuentran formados por un turbocompresor Marca Borg Wagner modelo S2A 070, diámetro de entrada de aire de 38mm y superficie 1134.11 mm^2. Se compone de una cámara de combustión tipo cilíndrica proyectada para manufacturarse con tubo de acero al carbón tipo mofle de espesor 2.6 mm y sistemas complementarios para su operación y medición de parámetros de interés.

ABSTRACT

The following work presents the methodology for the design of a test bench for the experimentation of a gas microturbine fueled with Liquefied Petroleum Gas (L.P. Gas) in a first stage. With the test bench it is possible to measure the real behavior of basic parameters related to the fuel and determine the thermal efficiency of the machine, such as fuel consumption versus turbine operating regime, air mass flow and minimum fuel mass flow sufficient to carry out complete combustion, temperature reached in the combustion chamber versus the variation of fuel flows, power supplied by the gas turbine with different operating regimes. The expected results are to characterize the behavior of the turbine with an L.P. Gas feed and to compare the behavior of the turbine, supplied with a fuel mixture of LP Gas in combination with another fuel in order to determine the differences due to the change of fuel. The components of the bank's gas turbine: compressor and turbine are made up of a Borg Wagner brand turbocharger model S2A 070, air inlet diameter of 38 mm and surface area 1134.11 mm^2. It consists of a cylindrical combustion chamber planned to be manufactured with carbon steel tube type muffler of thickness 2.6 mm and complementary systems for its operation and measurement of parameters of interest.

Palabras claves: Microturbina de gas, cámara de combustión, turbocargador, banco de pruebas

INTRODUCCIÓN

Las turbinas de gas son máquinas térmicas, es decir son dispositivos utilizados para transformar la energía química almacenada en el combustible en energía mecánica útil con un movimiento circular o rotatorio y tienen amplia aplicación, se utilizan como plantas portátiles para la generación de energía eléctrica y en centrales de generación también con el mismo propósito; se utilizan en el transporte para la propulsión de aeronaves en la industria aeronáutica y de embarcaciones de transporte y en aplicaciones más recientes para la propulsión de drones y aviones a escala con fines recreativos y de competencia [1].

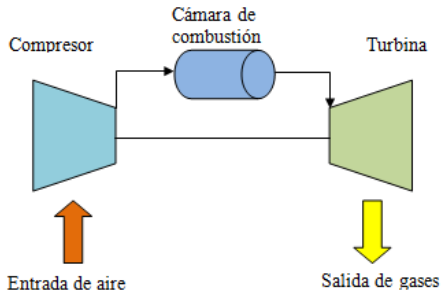
Algunas ventajas que tienen las turbinas con las máquinas térmicas convencionales alternativas, mismas que también pueden ser utilizadas para la obtención de energía eléctrica, es que son máquinas que entregan alta potencia con relación a su peso; por ejemplo no obstante que se ha demostrado que las máquinas de combustión interna con motor alternativo, producen potencia a un menor costo en comparación con las turbinas de gas, las dimensiones requeridas por máquinas de combustión de tipo alternativo, serían demasiado grandes para satisfacer los niveles de potencia que solicitan los mercados actuales de energía eléctrica, es por esta razón que cobran importancia las turbinas de gas en el sector de la producción eléctrica a gran escala.[3]

Las turbinas de gas independientemente de su capacidad, se encuentran formadas por tres componentes principales: el compresor, cámara de combustión y turbina de gas como se puede observar en la figura 1; sin embargo para cumplir con el objetivo de servir como banco de pruebas y poder observar su comportamiento y llevar a cabo mediciones de los parámetros que indiquen las variaciones y modificaciones de los estados y procesos termodinámicos del ciclo en la conversión de energía, es necesario incorporar componentes adicionales y equipos auxiliares que permitan lograr el propósito.

* Autor de Correspondencia, DCTF. Froylán Solís Contreras, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad. Azcapotzalco Institución, froylan.solisc@gmail.com..

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-07, pág.: 1 a la 5.

Figura 1. Componentes principales de una turbina de gas



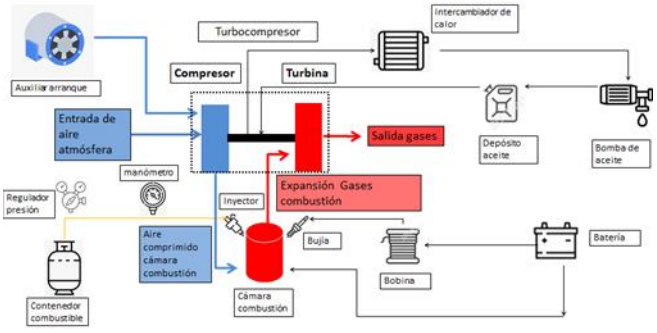
Nota. Secuencia de la configuración de elementos de una turbina de gas y considerado el núcleo del banco de pruebas. Elaboración propia.

DESARROLLO

Para la elaboración del diseño del banco de pruebas se siguieron las siguientes fases:

Análisis de componentes y sistemas que integran el banco de pruebas: En esta etapa del proceso se llevó a cabo una investigación de los requerimientos de elementos y sistemas que compone el banco experimental, los cuales se pueden observar en la Figura 2. Sistema de encendido. Tiene la función de iniciar la ignición; sistema de lubricación y refrigeración de aceite con el objetivo de evitar la fricción y mantener las propiedades del aceite, sistema de inyección de combustible para el suministro suficiente de combustible; sistema auxiliar para el arranque, suministra el aire requerido al inicio de operación de la máquina y estructura de soporte para la fijación de los elementos del sistema.

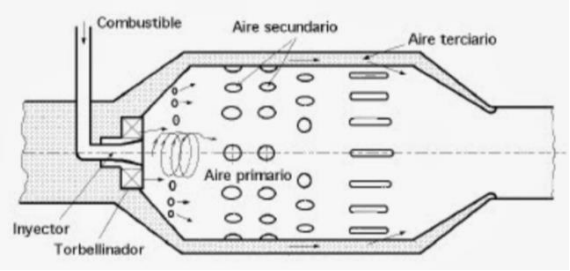
Figura 2. Sistemas del banco de pruebas



Nota. Sistemas y elementos complementarios para el funcionamiento del banco de pruebas. Elaboración propia.

Selección de componentes a integrar: Derivado de la investigación del paso anterior, se encontraron documentos en donde se demuestra la factibilidad de utilizar un turbocargador de automotor para la integración de un sistema turbina. Se consideró tomar como base las características geométricas del turbocargador Marca Borg Wagner modelo S2A 070, diámetro de entrada de aire de 38mm y superficie 1134.11 mm2[5]. Sin embargo para contar con un sistema turbina de gas, es necesario la planeación de la cámara de combustión, para ello en esta etapa se decidió que el tipo más apropiado para la cámara de combustión del banco de ensayos y conforme a las alternativas que se encontraron en la literatura referente al tema, es la cámara tipo cilíndrica debido a la relativa simplicidad que ofrece en tiempo y a costos de construcción, la cual consta de tubos con el mismo centro, uno que sirve de tubo de flama colocado en forma concéntrica al interior de otro que sirve de carcasa y en el espacio anular que queda entre ambos se hace circular una película de aire que funciona como mecanismo para el enfriamiento del tubo de flama y de la carcasa, ya que se encuentran expuestos a altas temperaturas por la radiación de calor de la flama de la combustión.

Figura 3. Cámara de combustión cilíndrica



Nota. La cámara cilíndrica se compone de dos tubos concéntricos, el externo es la carcasa y el interno el tubo de flama. El tubo de flama lleva un arreglo de orificios dividido en tres zonas: primaria, secundaria y terciaria o dilución, una entrada de combustible y de aire y la salida de los gases de la combustión. Tomada de Apuntes de Cámaras de combustión tubulares. Imagen,2014, https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fapuntesingenieriaelectrica.blogspot.com%2F2014%2F02%2Fcamaras-de-combustion

En esta misma parte del proceso, también fue fundamental tener en cuenta, algunas de las propiedades fisicoquímicas del Gas Licuado de Petróleo como combustible que se utilizará en la primera etapa de experimentación, mostradas en la tabla 1, mismas que sirvieron para hacer la propuesta que se utilice acero al carbón tipo mofle de 2.6 mm de espesor, como material propuesto para la manufactura de ésta.

Tabla 1. Propiedades físicoquímicas del Gas Licuado de Petróleo

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-07, pág.: 1 a la 5.

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular	49.7
Temperatura de ebullición@ 1 atm	-32.5°C
Temperatura de fusión	-167.9 °C
Densidad de los vapores (aire=1)@15.5	2.01 dos veces más pesado que el aire
Presión de vapor @21.1 °C	4500mmHg
Composición	60% volumen propano 40% volumen butano
Color	Incoloro
Olor	Inodoro
Temperatura de combustión completa	1980 °C

Nota. PEMEX. Propiedades del Gas Licuado de petróleo. (2018). Adaptada de Hoja de seguridad. https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/qt/documentos/HDS%20GLP.pdf

Diseño de cámara de combustión

Atendiendo las características geométricas de una cámara de combustión cilíndrica, la siguiente fase consistió en proyectar las dimensiones de los componentes y arreglos de la cámara de combustión. Los componentes planteados para cámara de combustión son:

Tubo de flama. El diámetro de este componente se recomienda que sea de 2 veces el diámetro de la entrada del flujo de aire del compresor lo que es

$$D_{\text{tubo de flama}} = 2\, D_{\text{ent. flujo aire}}$$

Lo que sería de 76 mm. Mientras que el diámetro de la carcasa se sugiere que sea de 2.5 mm a 5 mm. Lo cual es

$$D_{\text{tubo de flama}} = 2\, D_{\text{ent. flujo aire}} + 2.5 \text{ mm}$$

Para el caso particular y de acuerdo a los diámetros de tubo comercial, se definió las medidas más cercanas a estos componentes, quedando definido el diámetro exterior del tubo de flama de 90 mm y de la carcasa de 115 mm.

En relación a la longitud de ambos componentes se ha encontrado que el valor típico de la relación con la longitud del tubo de flama se encuentra en el rango de 3 a 6. Para este diseño se determinó una relación de 6, que es la longitud del tubo de flama y de la carcasa

$$L_{\text{tubo flama}} / D_{\text{tubo de flama}} = 6$$

El tubo de flama debe de contar con tres secciones de orificios: zona primaria, cumple la función de anclar la flama y temperatura para la combustión. Se establece que la suma de las áreas de los orificios sea del 30% del área de entrada de aire al compresor es decir

$$A_{\text{primaria}} = 0.30 * 1134.11 \text{ mm}^2$$

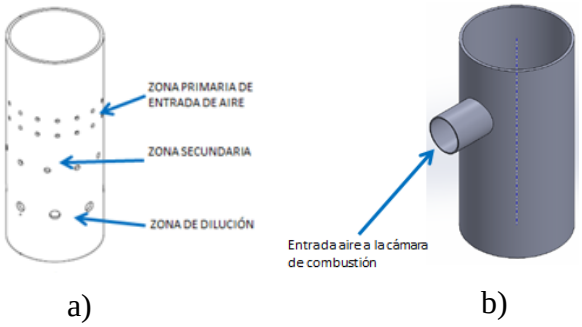
área distribuida en 2 filas de 15 orificios de 5mm de diámetro ; para la zona secundaria el 20%, que tiene la tarea de disminuir la temperatura para que combustionen el monóxido de carbono e hidrocarburos residuales

$A_{\text{secundaria}} = 0.20 * 1134.11$ mm^2; superficie distribuida en 10 orificios de 5.5 mm

y para la zona de dilución es de 50% con el objetivo principal de enfriar los gases de combustión para que no se dañe los materiales del componente turbina.

$A_{\text{dilución}} = 0.50 * 1134.11$ mm^2; repartido en una fila de 8 orificios de 9.5 mm de diámetro.

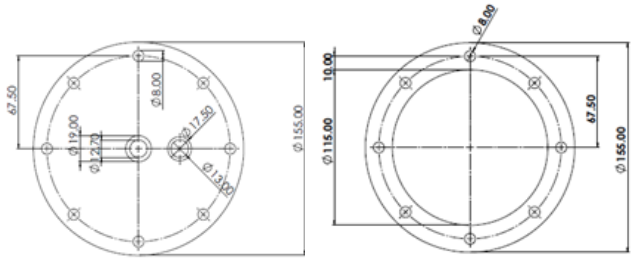
Figura 4. Tubo de flama y carcasa de la cámara de combustión



Nota. a) Tubo de flama con arreglo de orificios en tres zonas. b) Carcasa con orificio de entrada de aire. Elaboración propia.

En esta fase se realizó el diseño de las bridas para el ensamble del tubo de flama, carcasa e inyector de combustible.

Figura 5. Bridas de tubo de flama y de carcasa



Nota. a) Brida para soldarse al tubo de flama y orificios de sujeción b) Brida para soldar en carcasa con orificios para sujeción. Elaboración propia.

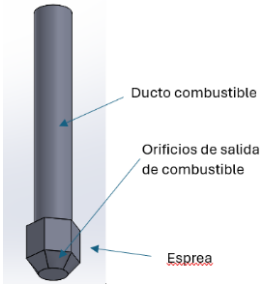
Figur

El inyector de combustible, se determinó el uso de una boquilla comercial de 12.7 mm de diámetro para quemadores de Gas Licuado de Petróleo, la cual se conecta al ducto de combustible y

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-07, pág.: 1 a la 5.

que puede cumplir con la función de inyector de gas, consta de 6 orificios de 0.40 mm de diámetro distribuidos uniformemente en el perímetro de la boquilla y ubicados en ángulo de 45°.

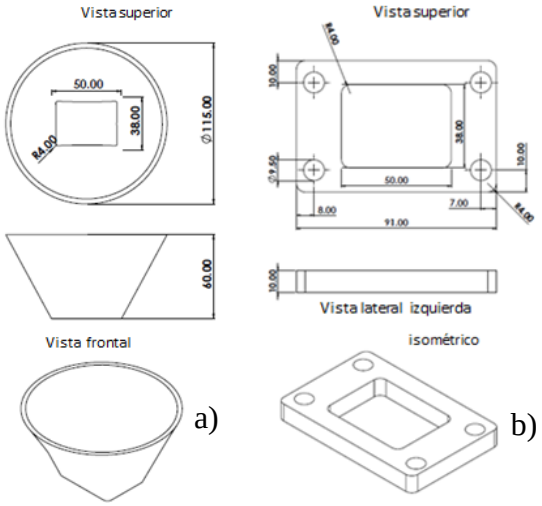
Figura 6. Inyector de combustible



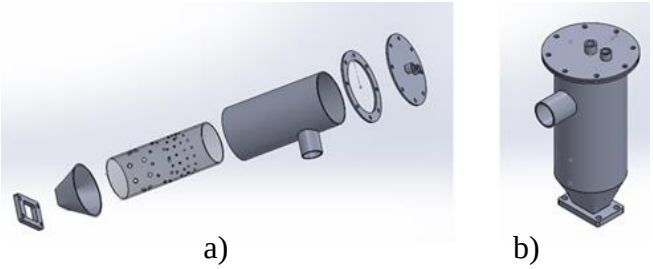
Nota. El inyector de combustible se compone por ducto 120 mm de tubo para Gas Licuado de Petróleo y boquilla con 6 orificios equidistantes. Elaboración propia.

Además se en esta sección se proyectaron dos componentes complementarios a la cámara de combustión, la pieza de transición y la superficie de acoplamiento que conectan a la cámara con la turbina del turbocargador.

Figura 7. Pieza de transición y de acoplamiento transición turbina



Nota. a) Pieza de transición para soldar a carcasa para conexión cámara-turbina b) Superficie para soldar en pieza de transición para acoplar cámara-turbina . Elaboración propia.

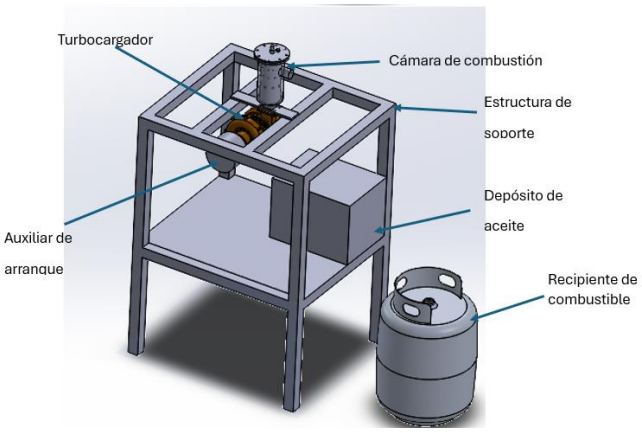


Nota. a) Vista explosionada de los componentes de la cámara de combustión b) Vista de cámara integrada. Elaboración propia.

Integración de banco de pruebas

Finalmente la fase de integración del banco de experimentación comprende la reunión de los componentes previstos en el diseño, proyectados para su funcionamiento en conjunto

Figura 9. Banco de pruebas



Nota. Banco de pruebas integrado con sus sistemas: turbocargador, cámara de combustión, sistema de lubricación, auxiliar de arranque, sistema de encendido y estructura de soporte . Elaboración propia.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-07, pág.: 1 a la 5.

▪ RESULTADOS

El diseño del banco de pruebas para la experimentación de alimentación de combustible de Gas Licuado de Petróleo, como un acercamiento para la manufactura de un sistema de esta naturaleza es de gran utilidad, se ha demostrado ya en algunas publicaciones relacionadas con este tema la factibilidad de manufacturar una microturbina de gas mediante el uso de un turbocargador de automotor; } sin embargo para llegar a un banco experimental que nos pueda proporcionar información confiable acerca del comportamiento de las turbinas con el uso de distintos combustibles y comparar resultados, se sugiere por un lado la modelación en programas de cómputo de acuerdo a parámetros reales y por otro, llevar a cabo la manufactura del banco de pruebas para comparar la confiabilidad que proporciona y lograr los resultados deseados.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Capata Roberto, Saracchini, Matteo. 2018. Experimental Campaign Tests on Ultra Micro Gas Turbines, Fuel Supply Compararison and optimization. Energies.

[2] Giampaolo Tony. 2020 Gas turbine handbook: principles and practice. River Publishers.

[3] M. Nezhadfard, Khalili-Garakani A. 2020. Power generation as a useful option for flare gas recovery:enviro-economic evaluation of different scenarios Energy 204.

[4] P. Boyce Meherwan. Gas Turbine Engineering Handbook. Gulf Professional Publishing.

[5] Borgwarner https://www.borgwarner.com/aftermarket/news/2022/05/23/understanding-compressor-maps-sizing-a-turbocharger
Última consulta 3-04-24

[6] Lefebvre Arthur H., R Ballal Dilip.2010. Gas turbine Combustion. Alternative Fuels and Emissions. Third Edition. CRC Press. USA

[7] Garret Motion Inc.. (2022). Performance Catalogue Vol. 9. USA.www.GarretMotion.com

[8] GUNT HAMBURG. 2010. Equipment for Engineering Education. G.U.N.T: Gerätebau GmbH

[9]PEMEX Hoja de datos de seguridad. Gas Licuado de Petróleo https://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/gas/HDS%20SAC%20%20Gas%20licuado%20del%20petr%C3%B3leo%20TRI-11%20v1.1.pdf
Última consulta 10/07/2024.

[10] González Álvarez. Jsé F. Sahota Shivali. 2024. Study on fuel flexibility of a médium size gas fueled by different hydrogen-based fuels from biowaste as posible alternatives to natural gas. Enviromental Research. Elsevier

[11] Kirubakaran V. S. Bhatt. 2021. Experimental and Numerical Investigation of Non-reacting Flow in Can Combustor for Microgas Turbine Engine. Springer Nature Singapure Pte Ltd.

[12] Bazooyar Bahamin; Gohari Darabkhani Hamidreza. 2029.Design and numerical analysis of a 3kWe flameless microturbine combustor for hydrogen fuel. Hydrogen Energy Journal. Elsevier

INFORMACIÓN ACADÉMICA

*Autor de Correspondencia, DCTF. Froylán Solís Contreras, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad. Azcapotzalco Institución, froylan.solisc@gmail.com.

Dra. Rosa de Guadalupe González-Huerta, Instituto Politécnico Nacional, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Laboratorio de Electroquímica. UPALM, CP 07738, Ciudad de México. rosgonzalez_h@yahoo.com.mx

Dr. Juan Manuel Sandoval Pineda, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco. jsandovalp@ipn.mx

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-08, pág.: 1 a la 5.

Generación de energía eléctrica a partir de la captación de agua pluvial

Alfonso Jorge Quevedo Martínez, Esiquio Martin Gutiérrez Armenta, Marco Antonio Gutiérrez Villegas, Israel Isaac Gutiérrez Villegas, Alejandro Cruz Sandoval

RESUMEN

Este trabajo explora el aprovechamiento del agua de lluvia para la generación de electricidad mediante microturbinas. Destaca los beneficios ambientales en comparación con los combustibles fósiles y su aplicabilidad en áreas remotas o hogares ecológicos. Se proporcionan las especificaciones de la microturbina PowerSpout y una fórmula de estimación de generación potencial. Las microturbinas pueden producir energía corriente alterna y corriente continua.

Se describe un método para generar electricidad a partir del agua de lluvia mediante microturbinas. Esta puede ser una solución beneficiosa en áreas con acceso limitado a la electricidad o para quienes buscan una forma más ecológica de generar energía. El documento también detalla las especificaciones de una microturbina en particular, la PowerSpout, y proporciona una fórmula para estimar su capacidad de generación potencial.

ABSTRACT

This paper explores the harnessing of rainwater for electricity generation using microturbines. It highlights the environmental benefits compared to fossil fuels and its applicability in remote areas or green homes. The specifications of the PowerSpout microturbine and a formula for estimating potential generation are provided. Microturbines can produce both alternating current and direct current power.

A method for generating electricity from rainwater using microturbines is described. This may be a beneficial solution in areas with limited access to electricity or for those looking for a greener way to generate power. The paper also details the specifications of a particular microturbine, the PowerSpout, and provides a formula for estimating its potential generation capacity.

Palabras clave: Energía Eléctrica, agua pluvial, caudal.

INTRODUCCIÓN

La utilización de la energía hidráulica data de la época de los griegos, quienes empleaban la rueda hidráulica para bombear agua. Al inicio del siglo XIX se instaló la primera turbina hidráulica. La energía hidráulica fue fundamental en la revolución industrial; impulso las industrias textiles y del cuero y los talleres de construcción de máquinas. Se puede decir que la energía de origen hidráulico ha sido la más utilizada, a pesar del surgimiento de otras formas de obtención de energía.

En la actualidad, la energía es uno de los servicios de mayor demanda e importancia para la sociedad. La generación de energía es tal vez una de las principales fuentes de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida, ya que, con ella, es posible llevar a cabo un sin número de actividades que constituyen el crecimiento de la sociedad, tanto del punto de vista tecnológico, científico, industrial, social y cultural.

En México se están incrementando de manera significativa las necesidades energéticas del ser humano, debido a la gran cantidad de energía que consumen diariamente y aunado a los desarrollos tecnológicos que existen en la actualidad. Como consecuencia, el consumo de energía va en aumento de manera alarmante, presentando un reto para las empresas generadoras de energía en nuestro país.

Por lo dicho anteriormente, es de gran importancia transformar el sistema energético actual y fortalecerlo a manera de tener un desarrollo energético, ambiental, económico y social sustentable. En este aspecto, las fuentes de energía renovables ocupan un papel importante dentro del logro de este objetivo.

En cuestión del marco regulatorio, las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica han favorecido desde 1992 la participación de la industria privada en la generación de energía eléctrica para actividades que no constituyan servicio público. Se establecieron modalidades como el autoabastecimiento y la cogeneración para el consumo de los que están involucrados en el proyecto, y la producción independiente de energía para los proyectos cuyo fin es vender la energía eléctrica generada a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Actualmente hay pocas instalaciones para aprovechar la energía hidráulica a pequeña escala; sin embargo, con la aprobación de nuevos instrumentos regulatorios en los últimos años, se están estableciendo las condiciones para favorecer una mayor participación de estas energías en la generación eléctrica.

Se propone la construcción de una planta generadora de energía eléctrica a pequeña escala, aprovechando la captación de aguas pluviales; mediante el uso de un sistema hidroeléctrico de pasada y bombeo. El sistema consiste en la captación de las precipitaciones para la generación de energía mediante una turbina, aprovechando la circulación del fluido de un punto alto hacia uno más bajo;

* UAM-azc, Departamento de Administración, Departamento de Sistemas, ajqm@azc.uam.mx , M. en G. UAM-azc, Departamento de Administración, Departamento de Sistemas, área sistemas computacionales, Dr. en C., emga@azc.uam.mx UAM-azc, Departamento de Sistemas, área sistemas computacionales, Dr. en C., magv@azc.uam.mx , acs@azc.uam.mx, Departamento de sistemas, área en Sistemas Computacionales, TESE- TecNM, M. en C., iigv@hotmail.com

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-08, pág.: 1 a la 5.

posteriormente, se almacena el agua que se ha captado y es bombeada de nuevo hacia el embalse principal para que se repita el ciclo. Las bombas de agua que retornan el agua al embalse principal utilizan un pequeño porcentaje de la energía eléctrica generada, o se pueden adaptar los generadores para que estos sean también bombas de agua.

El proyecto dará como beneficio principal, el aprovechamiento del agua captada para la generación de energía eléctrica y la reducción de los costos en el consumo de electricidad, aunque no lo eliminará por completo. Se tendrá que analizar el proyecto con la finalidad de obtener parámetros que nos permitan conocer la viabilidad técnica y económica de la implementación de este esquema de planta hidroeléctrica a pequeña escala.

También se comprende un análisis de cada uno de los componentes a utilizar, teniendo en cuenta costos y planos para llevar a cabo su construcción.

METODOLOGÍA O DESARROLLO

En este trabajo se pretende proponer una alternativa a la generación de energía eléctrica aprovechando las bondades que nos ofrece la naturaleza y de esa forma ser parte de la solución que requiere el país ante las adversidades que ocurren a nivel global. Se propone la construcción de una hidroeléctrica de bombeo a pequeña escala, que será instalada en los edificios de la UAM-Azcapotzalco, además, se pretende seleccionar las superficies aprovechables en los edificios disponibles y cuáles son las limitaciones y/o condiciones que se deben cumplir para hacer factible el desarrollo del proyecto.

Diseñar una central hidroeléctrica de bombeo de pequeña escala que funcione con agua de captación y depósitos de agua, para generar y utilizar la energía eléctrica en las bombas de retorno y en las instalaciones universitarias. Esto significa ofrecer una alternativa de generación de electricidad a partir del aprovechamiento de recursos naturales, en este caso el agua pluvial. Para reducir gastos en el uso de energía y poder captar agua para su utilización.

Realizar un diagnóstico para la implementación del proyecto en las instalaciones universitarias, lo que significa estimar la capacidad de captación pluvial.

Elegir el tipo de la turbina que proporcione la mayor eficiencia para el desarrollo del proyecto de generación.

Diseñar un sistema de aprovechamiento pluvial que sea automático, escalable, flexible y accesible, con base en las evaluaciones y el uso que se destinará al agua.

Reducir el impacto ambiental y económico que se produce al suministrar energía eléctrica a una casa habitación, aprovechando la época de lluvias en el país.

Aprovechar el agua pluvial para la generación de energía eléctrica, alternativa viable para reducir el impacto ambiental y económico que implica el suministro y generación de energía.

La cobertura del proyecto en un principio solo se pensaba llevar a cabo en una casa habitación, pero si se puede implementar correctamente en la UAM-AZC., en un futuro se podría implementar en una colonia completa, o con algunas modificaciones se puede implementar en edificios, para zonas de departamentos o centros comerciales que no sean muy altos.

La base de nuestro proyecto son las plantas hidroeléctricas, obviamente a mucho menor escala, ya que para las plantas hidroeléctricas se requieren de cantidades muy grandes de agua, y para ello construyen presas y tener grandes volúmenes de agua que puedan tener acceso a ellas en cualquier momento, el principio de la generación de energía eléctrica por plantas hidroeléctricas es relativamente simple ya que se aprovecha la energía potencial del agua, para usarla como energía mecánica y con esto producir energía eléctrica. Es decir, con las corrientes de agua mover aspas o aletas de una turbina, y estas genere energía eléctrica gracias a un sistema de embobinado.

El poner en práctica este tipo de métodos en la sociedad es a causa del aumento de precio en la energía eléctrica, además de poder ahorrar un poco de dinero, instalando este sistema que funciona con la lluvia en el caso de las turbinas domésticas. Siendo que la lluvia es algo que se tiene, aprovecharla en algo que nos puede beneficiar a largo plazo e inclusive a corto plazo. La sociedad se está dando cuenta que puede ahorrar un poco de dinero y ayudar a no contaminar utilizando otros medios de generación de energía.

La UAM Azcapotzalco cuenta con 26 edificios y con 72,345.61 metros cuadrados de áreas verdes, con una gran riqueza de la diversidad en especies de árboles, considerados un elemento fundamental del paisaje de la Unidad, al brindar beneficios ambientales, de salud, estéticos, recreativos, paisajísticos y sociales.



Figura 1. Distribución de la unidad Azcapotzalco

En el proyecto se pretende utilizar la interconexión que existe entre los edificios de la unidad Azcapotzalco de la universidad Autónoma Metropolitana con la finalidad que la recolección de agua de lluvia nos permita tener el caudal suficiente para generar energía eléctrica y así abastecer las instalaciones de la UAM-A.

DISEÑO DE LA CAPTACIÓN DEL AGUA PLUVIAL

La captación y consecuente uso para generar energía, así como el almacenamiento contribuye directamente a mejorar la calidad de vida, por lo menos durante la estación de lluvias. Además, dependiendo de la capacidad de almacenamiento, algunos excedentes de agua pueden ser utilizados en actividades productivas. Esta tecnología existe dese tiempos remotos en nuestra cultura indígena, para captar, almacenar y utilizar mejor los recursos hídricos.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-08, pág.: 1 a la 5.

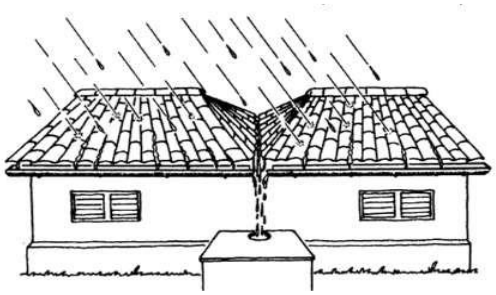


Figura 2 Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento.

El capturador de agua, mediante los techos, permite grandes niveles de calidad del líquido.
Existes dos características fundamentales referentes al área de captación disponible.

1. Debe estar limpia, libre de roturas y fugas, y ser o más uniforme posible para facilitar el flujo de agua hacia los canales.
2. El área existente para un patrón de lluvia dado, determina la capacidad máxima de captación.

Las canaletas pueden ser de diversos materiales, tomando en cuenta que su función principal es captura el agua que ha escurrido por el techo del edificio y conducirla al tubo que la llevara al generador de energía y posteriormente al almacenamiento.

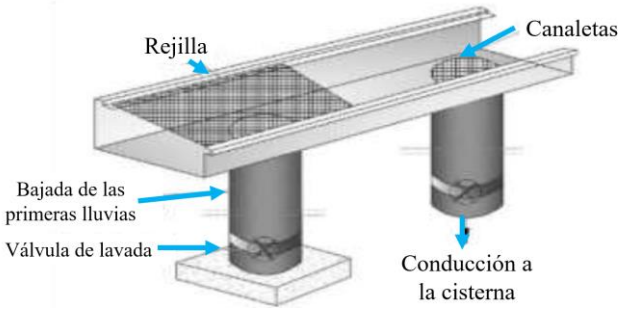


Figura 3. Canaletas de conducción de agua de lluvia.

Es fundamental que el agua sea conducida eficientemente hacia la turbina, lo ideal es entubarla desde los canales hasta que llegue al filtro y posteriormente al generador. Después de esto el agua ira al depósito para ser almacenada o bombeada nuevamente a los canales para realizar un proceso cíclico. El filtro será colocado a una altura apropiada para no afectar la carga hidráulica que llegue a la turbina. La turbina se colocará al final de la caída para generar la mayor cantidad de carga hidráulica y funcione de manera óptima.
El tanque tendrá la capacidad de almacenar 5.8 m3 de agua captada y tendrá un recubrimiento de 10 cm de concreto: después de excavar y emparejar la fosa se reviste el fondo y las paredes con una capa de concreto de 10 cm de grosor. Primero se cubre totalmente el piso, dejando una ranura de 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad a lo largo de todo el borde para que cuando se corren las paredes éstas encajen bien con el piso, garantizando u cierre que no presente fugas. Posteriormente se cura con agua. El tanque contara con una salida adicional para verter el agua excedente en una cisterna con mayor capacidad.
Cuando se desea implementar esta tecnología a escala mayor, construyendo uno o más tanques de almacenamiento, es necesario efectuar algunos cálculos respecto al área de captación que se habilitara, y el volumen del tanque de almacenamiento.
Hay tres características importantes de la lluvia que deben ser tomadas en cuenta: la cantidad total por año (promedio anual), a distribución durante las estaciones de lluvia (promedio mensual) y las variaciones que hay entre los diferentes años (máximos y mínimos).
Un milímetro de lluvia en un metro cuadrado significa un litro de agua (este es el volumen que se obtiene multiplicando 1 m2 x 0.001 m, lo cual da 0.001 m3, que es igual a 1 litro). Esta es la relación básica que debe manejarse para determinar el área de captación necesaria. Sin embargo, agregándose las perdidas en los canales y en la conducción a la turbina, es recomendable utilizar un coeficiente de captación (que pueda variar entre 50 y 90%), que para efectos básicos se fija en 75 %. Ya que los techos son inclinados, el área efectiva de captación se determina utilizando su proyección vertical hacia el suelo.
El tanque de almacenamiento para el rebombeo tendrá una capacidad de 5.8 m3, con unas dimensiones de 2.625 m de largo, 2 metros de ancho y 1.1 m de profundidad.
Área de captación para llenar el tanque:
Se desea que el tanque se pueda llenar con 150 mm de lluvia, lo cual se convierte en 112.5 mm al ser moderado por el 75 % de eficiencia de captación. 112.5 mm equivalen a 0.1125 m, con lo cual:

$5.25m^2/0.125m = 47\ m^2\ de$ captación efectiva

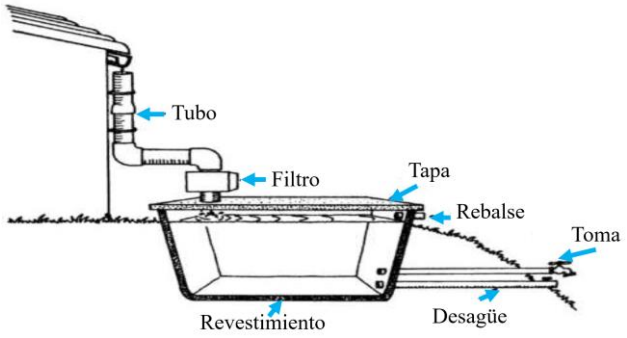


Figura 4. Esquema transversal del proyecto.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

En este proyecto, el agua que se utilice será la captada en la loza de los edificios de la unidad y posteriormente encausada al canal, del cual se aprovechara la caída libre para generar energía eléctrica por medio de una turbina. Posteriormente una cantidad de 5.8 m3 de agua

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-08, pág.: 1 a la 5.

serán almacenados en un depósito para posteriormente ser rebombado en épocas de estiaje.

Se propuso la siguiente configuración:

- Obras de captación pluvial
- Embalse superior (canal)
- Bocatoma
- Tuberías de conducción
- Turbina y generador
- Depósito
- Aliviadero
- Sistema de bombeo
- Tubería de rebombeo

El sistema de captación de agua, mediante los techos, permite grandes niveles de calidad del líquido, esta opción nos sirve para crear una diferencia de alturas grande ya así generar una considerable carga hidráulica. En nuestro proyecto no entraremos a detalle con la colocación de esta infraestructura, solo se calculó el dato del área de captación efectiva que necesitamos para que el diseño sea funcional, el resultado fue de 47 m2.
El canal a cielo abierto sirve para direccionar el agua captada; se dispondrán de canaletas de lámina galvanizada, posteriormente las canaletas conducirán el líquido a la bocatoma de nuestro proyecto.
La altura del edificio es de 8.21 m.

COSTOS DE LOS DISTINTOS MATERIALES

Los siguientes precios fueron tomados de las siguientes empresas o distribuidoras:
• Nacobre (cobre)
• Mueller Industries (galvanizado)
• EMMSA. SITEMA DE TUBERIAS. (PVC)
• Tuberías advance. (CPVC)
• Rotoplas (PPR)

Tabla 1. Tabla de costos de los diferentes materiales.

	PRECIO DE TUBERIA ($)				
Diámetro (pulgadas)	Cobre (6.10 metros)	Galvanizado (6.40 metros)	PVC (1 metro)	CPVC (6 metros)	PPR (4 metros)
1/4	312.54	---	---	---	---
3/8	320.55	---	---	---	---
½	403.00	292.56	10.28	79.98	57.83
¾	658.55	388.70	13.75	147.66	99.70
1	931.86	584.53	20.24	302.52	163.00
1 ¼	1471.26	789.82	28.00	556.92	259.00
1 ½	2015.67	946.82	32.75	737.58	378.00
2	3164.14	1270.22	44.31	1248.48	598.00
2 1/2	5972.24	2015.39	70.22	---	1164.00
3	7948.01	2638.19	92.12	---	1660.00
4	13975.09	3755.57	129.65	---	1989.00

De acuerdo con los costos y propiedades de los materiales mencionados anteriormente, se optó por llevar a cabo el proyecto con PPR de Rotoplas.

TURBINA Y GENERADOR

Serán los encargados de utilizar la energía potencial del agua pluvial, a una elevación más alta y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. Este proceso toma en consideración varios factores entre los cuales uno de los más importantes es la caída de agua. Este factor es decisivo al momento de escoger el tipo de turbina hidráulica que se instala en la planta.
Para este tipo de sistema se ha optado por una turbina hidráulica de tipo **"Pelton"**, las cuales son las más utilizadas en pequeñas plantas generadoras de energía eléctrica.

Microturbina Pelton PLT (PowerSpout)

Rango de trabajo: -Caudal: 0.1-10Lps (3600-36000L / h)
Altura de funcionamiento: 3-130m.
Potencia: 10- 1200 W
Esta turbina está diseñada para cargar bancos de baterías de 12V ó 24V ó 48VCC ó conectarse directamente a la red con un convertidor sinusoidal (modelos 170-200).
Precio aproximado: $40,000.00



Figura 5. Turbina Pelton.

Pensar si se va a conectar a la red pública o se quiere producir para autoconsumo.
La conexión a red pública (verter toda la producción a red y consumir de la red), es una opción fácil, sencilla y menos costosa económicamente a nivel de producción. Desgraciadamente la legislación actual penaliza esta opción. Verifique muy bien si esta es la mejor opción (legalización, estar inscrito al registro, pagar peaje de conexión...). Si se elige esta opción tan solo se debe tener presente como utilizar un inversor para conectar la turbina a la red eléctrica.
Por contra si va a producir para autoconsumo, le recomendamos varias opciones.

a) Con baterías
b) Sin baterías

La opción con baterías es la de producir electricidad para cargar baterías. De ellas depende toda la instalación. Hay que instalar regulador de carga de baterías y un transformador/inversor. A parte es necesario un disipador de tensión, para activarse al tener las baterías a carga completa.
Sin baterías, toda la producción se ha de consumir al instante. También son necesarios un disipador de tensión, para cuando no

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-08, pág.: 1 a la 5.

hay consumo y el transformador inversor. Esta segunda opción es más sencilla y menos costosa económicamente, evita las baterías, pero tiene problemas con los picos de consumo.
Los beneficios principales de este proyecto es el poder ahorrar en el recibo de luz eléctrica, a la no contaminación del ambiente y a tener una reserva de energía en caso de que exista un fallo en el abastecimiento principal de energía eléctrica, con esto ya no se es tan dependiente de la empresa productora de energía eléctrica. Y así tener un buen respaldo de energía o bien ocupar en menor cantidad la energía por la que se paga mensualmente.

CONCLUSIÓN

Las instalaciones hidroeléctricas de pequeña escala representan por lo tanto una importante fuente energética renovable y pueden contribuir activamente al desarrollo sustentable. El aprovechamiento del agua de lluvia es parte de una solución sustentable e integral a la
compleja crisis del modelo hidráulico en la Cuenca de la Ciudad de México. Por un lado, ayuda al abastecimiento de agua potable, potencialmente disminuye la presión sobre el acuífero y se genera energía eléctrica, por si fuera poco, la inversión que requiere es menor que cualquier obra hidráulica centralizada. Las condiciones geográficas y económicas de la Ciudad de México hacen que la captación y aprovechamiento pluvial sea una propuesta viable en muchos casos. Este trabajo tiene como objetivo fortalecer la propuesta de la captación y aprovechamiento pluvial en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco. Con esto se podrá reducir el consumo de electricidad suministrada por CFE y ahorrar dinero para destinarlo a otros servicios.

REFERENCIAS

- Captación de agua de lluvia en el hogar rural/ preparado por Ricardo Radulovich, Roduel Rodríguez, C.R: CATIE. Proyectos Agrosilvopastoriles Sostenibles para pequeños productores del trópico seco de centro América, 1994. 44 p; 24 cm. ISBN 9977-57-160-0
- Centro de investigación en energía. (2010). Departamento de materiales solares. Universidad Nacional Autónoma de México. (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en xml.cie.unam.mx/xml/ms
- Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT, Gobierno Federal. (2010). Estadísticas del agua en México. (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/EAM2010_Espanol_16Junio2010.pdf
- Impluvium. Sistemas de Captación de Agua de Lluvia. (2014) Universidad Nacional Autónoma de México. (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero01.pdf
- Lista de precios. Nacobre. (En línea). (Fecha de consulta: 9 noviembre de 2016). Disponible en http://www.nacobre.com.mx/productos/listaPrecios.jsp
- Lista de precios Mueller Comercial de México S. de R.L. de C.V. (2016) Southland (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en http://www.muellercomercial.com/mx/preciostuberiaacero.pdf
- Prospectiva de Energías Renovables. (2012). 1st ed (ebook) México: SENER, p.156. Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energ_as_Renovables_2012-2026.pdf [Accessed 16 Nov. 2016].
- Tuberías y Conexión CPVC-CTS.(2016) (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en http://www.grupovalro.com.mx/catalogosdigitales/lista-de-precios/lista-de-precios-cpvc-10082015.pdf
- Tuboplus: Mejor tubería, mejor agua. Catalogo Tuboplus. (En línea). (Fecha de consulta: 10 noviembre de 2016). Disponible en
- http://www.rotoplas.com.mx/productos/02_Conduccion/01%20Tuboplus%20hidrau
- Universitarios emplean lluvia para iluminar viviendas de escasos recursos (2014). La Jornada (En línea) (Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2016) Disponible en http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/03/24/universitarios-desarrollantecnica-para-iluminar-con-lluvia-viviendas-de-escasos-recursos-6988.html

INFORMACIÓN ACADÉMICA.

Alfonso Jorge Quevedo Martínez: Ing. Industrial por la UAM-azc, M. en G. por Universidad ETAC, acta de Doctorado en Administración por Universidad IEXPRO.
Esiquio Martin Gutiérrez Armenta: Ing. Mecánico por la ESIME-AZC-IPN, M.en C. Ingeniería Mecánica por SEPI-ESIME-IPN, Dr. En Ingeniería Mecánica por la ESIME-AZC-IPN,
Marco Antonio Gutiérrez Villegas: Lic. En Física y Matemáticas por la ESFM-IPN**,** M. en C. Ingeniería Mecánica por SEPI-ESIME-IPN, Dr. En Ingeniería Mecánica por la ESIME-AZC-IPN,
Israel Isaac Gutiérrez Villegas: Ing. En Comunicaciones y Electrónica por ESIME-ZAC-IPN, M. en C. Sistemas por SEPI-ESIME-IPN.
Alejandro Cruz Sandoval: Ingeniero en electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Grado de Maestría en ciencias por el CINVSETAV-IPN Grado de Doctor en Ciencias por el CINVESTV-IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

Recomendaciones bioclimáticas para la adecuación de la vivienda en la Riviera Maya

David Morillón Gálvez y Rodolfo Silva C.

RESUMEN

El presente artículo corresponde al desarrollo del proyecto que muestra estudios, análisis, diagnóstico y estrategias bioclimáticas desarrolladas para la Riviera Maya, y que de ser aplicadas significarían el desarrollo de edificaciones más confortable en el clima cálido húmedo. Estas recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónicos y urbano no tratan de promover un tipo más de diseño, se refieren a un proceso de adecuación considerando la naturaleza y no en contra o al margen de ella. Se trata de sentar bases para una toma de conciencia y un cambio de actitud respecto al diseño y a la tecnología y no de suministrar simplemente un conjunto de recetas operativas. Con el enfoque bioclimático se permitirá proyectar y construir considerando la interrelación de los elementos meteorológicos en la edificación, a fin de que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el ambiente y propicie las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del usuario. El resultado será un edificio confortable y de máxima eficiencia energética, lo cual implica ahorro de energía y mitigación de CO_2 en la climatización de edificios.

ABSTRACT

The present article corresponds to the development of the project that shows studies, analysis, diagnosis, and bioclimatic strategies developed for the Riviera Maya, which, if applied, would mean the development of more comfortable buildings in the warm humid climate. These bioclimatic recommendations for architectural and urban design do not aim to promote another type of design; they refer to a process of adaptation considering nature and not against or apart from it. It is about laying the groundwork for awareness and a change of attitude regarding design and technology, rather than simply providing a set of operational recipes. With the bioclimatic approach, it will be possible to design and build considering the interaction of meteorological elements in the building, so that it regulates the exchange of matter and energy with the environment and promotes the conditions that determine the thermal comfort sensation of the user. The result will be a comfortable building with maximum energy efficiency, which implies energy savings and CO2 mitigation in building refrigeration.

Palabras claves: Diseño bioclimático, confort térmico, ahorro de energía, vivienda, Riviera Maya México.

INTRODUCCIÓN

Las culturas prehispanicas tenian claro la importancia que tiene el clima en la arquitectura, actualmente se ha perdido por la moda de estilos como el posmodernismo, el internacional, además la industrialización y seriación en la construcción. El costo ha sido el disconfort, equipamiento con sistemas de climatización, en consecuencia, el costo por la energía para ello, pero sobre todo aumento en el consumo de energía y los impactos ambientales relacionados, como los gases de efecto invernadero (GEI).

CLIMA Y BIOCLIMA

Conocer el clima es primordial para comenzar a diseñar.

El clima cálido húmedo que caracteriza a las costas de México, Centro América y El Caribe, es un clima benigno para la producción de frutos y granos, como el platano, coco, cacao, limon, etc., presenta problemas para el confort del ser humano:

1. Calor intenso durante gran parte del año, con altos porcentajes de humedad, en un período más prolongado
2. Fresco moderado en invierno, durante un período corto.

Conocer el clima permite realizar el estudio del bioclima para establecer las estratégias bioclimáticas (Fig. 1), para diseñar o proyectar el edificio.

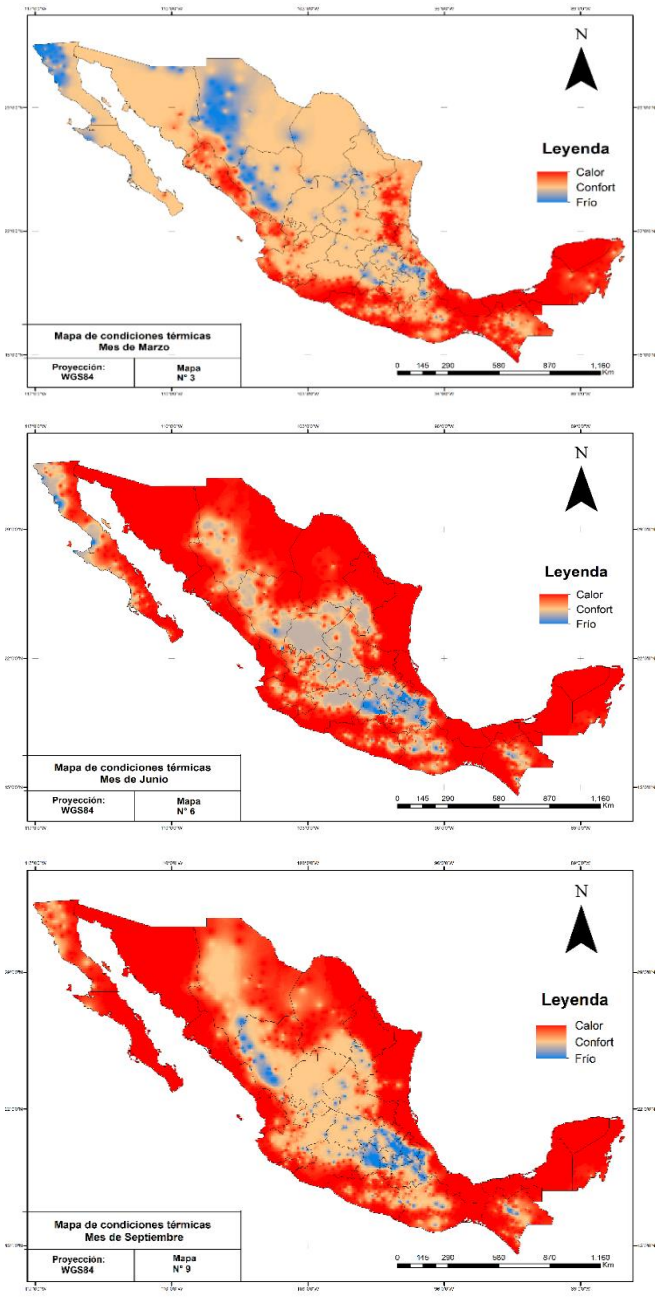
- Para verano: No ganar calor y perderlo
- Para invierno: Ganar moderadamente calor y conservarlo.

Además es necesario identificar las caracteristicas predominantes, ya que pueden convertirse en recursos para diseñar: Los vientos predominantes con del SE o NE, se caracterizan por ser cálidos y el viento del N de menor frecuencia es frío.

El periodo de lluvia coincide con el de calor y es abundante. La radiación solar es buena, permite ganar energía en invierno. Posee amplitud térmica diaria.

* Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad 3000, Cto. Exterior, C.U., Coyoacán, 04510 Coyacán, CDMX, damg@iingen.unam.mx, Dr. en Ingeniería, Coordinador del Posgrado en Urbanismo de la UNAM.
RSilvaC@ii.unam.mx, Dr. en Hidraulica. Coordinador de proyecto GII Nexo Agua-Energía. Ambiente-Seguridad alimentaria del II UNAM.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.



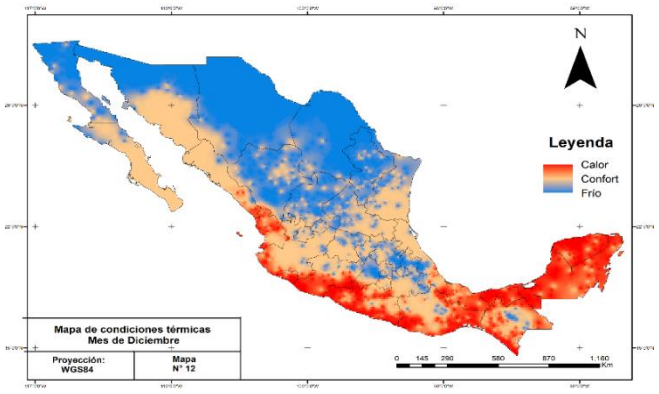
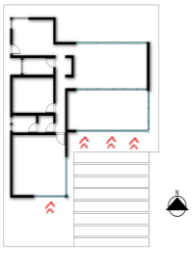


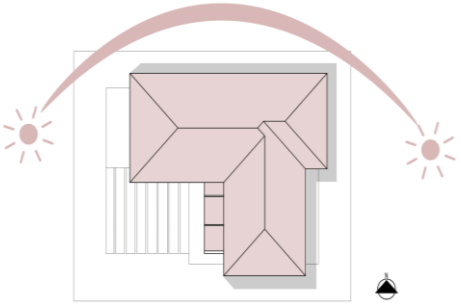
Figura 1.- Mapas del bioclimas en las estaciones del año en la República Mexicana.
Fuente: Morillón D. et al. (2021)

En los mapas del bioclima se observa que la región de la Riviera Maya presenta condiciones de calor en todas las estaciones del año, con mayor intensidad en verano y otoño, primavera menos y el invierno con algunos días y horas en confort, en el cual la ventilación será una excelente estrategia para climatizar, en los meses de las estaciones más caliente, la protección solar en las fachadas y la descarga de calor, para evitar que el interior sea muy caliente, etc.
A continuación, se presentan algunas recomendaciones de diseño bioclimático para el clima cálido húmedo:

Orientación adecuada

Para mínimizar la exposición solar, para el enfriamiento pasivo, la orientación con la mayor parte del vidrio hacia el sol de invierno, pero también incorporar aleros que puedan actuar como estructuras de sombra durante el verano y el otoño.
Organizar la planta para que el sol de invierno penetre en los espacios de uso diurno con funciones específicas que coincidan con la orientación solar (Fig. 2).





AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

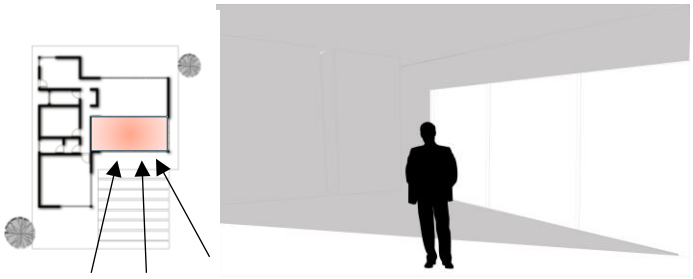


Figura 2.- Orientación del edificio.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Reducir la ganancia solar

Se recomienda también reducir el acristalamiento al oeste (Fig. 3), para reducir la ganancia de calor por las tardes en verano y otoño.

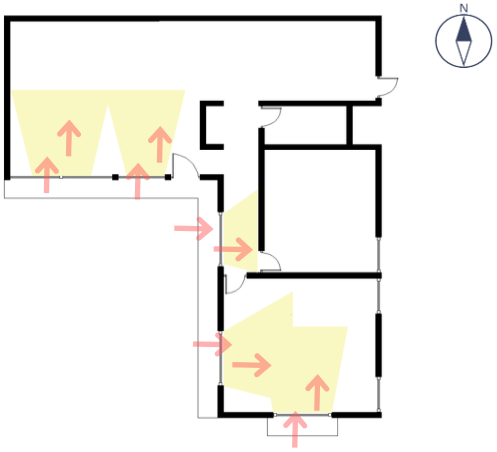


Figura 3.- Calentamiento solar en invierno.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Iluminación natural y ventilación

Colocar ventanas orientadas al norte, ayuda a equilibrar la entrada de iluminación natural (Fig. 4)y a permitir salidas para lograr una ventilación cruzada, es por ello que se recomienda dejar al menos el 5% del área del piso como vidriada, hacia esta orientación.

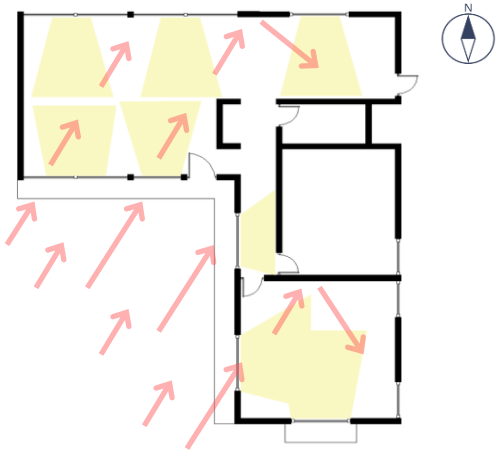


Figura 4.- Iluminación natural y ventilación.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Control solar

En este clima, sombrear para evitar el sobre calentamiento, abrise a los vientos en verano (Fig. 5)y use la ganancia solar pasiva en el invierno.

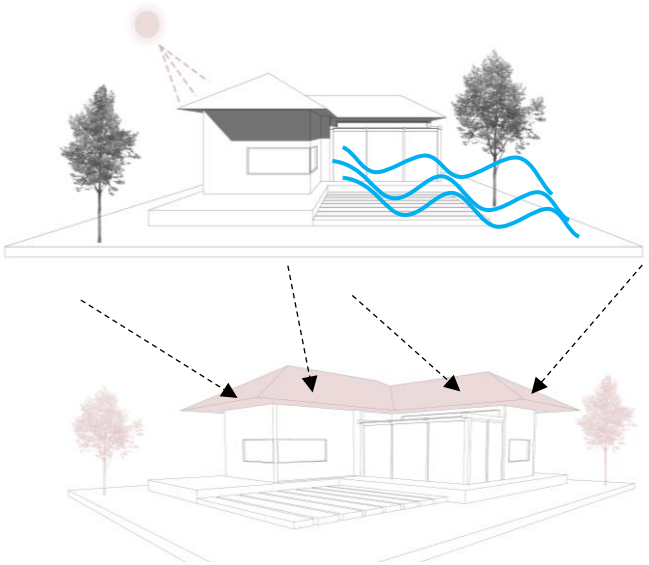


Figura 5.- Control solar en las ventanas y muros.
Fuente: García Julio D., Morillón D. (2023)

El aire caliente generado en el interior del edificio asciende por convección (aire caliente menos denso) acumulándose en la parte alta.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

Los aleros en ventanas o parasoles operables pueden proteger del sol (Fig. 6) dependiendo de la latitud en la que se encuentre la edificación.

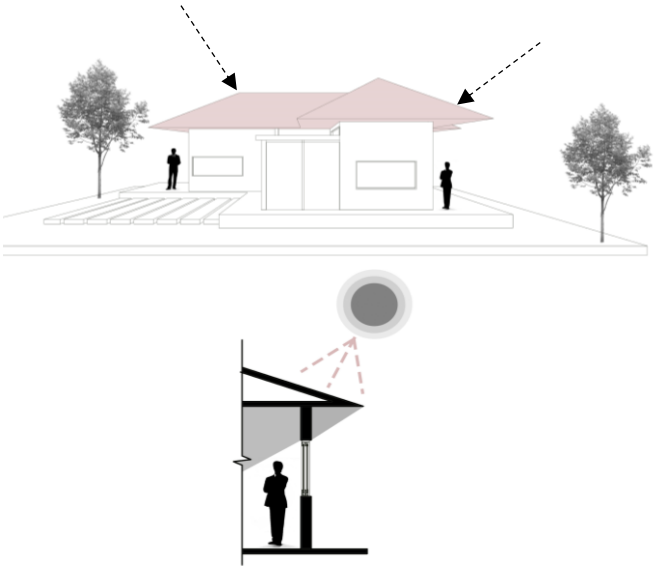


Figura 6. Aleros y volumenes.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Aleros y partesoles

Elementos adosados o sobrepuestos a la pared que están diseñados de acuerdo a la latitud del sitio donde se encuentra el edificio.
Para diseñarlo se debe de tomar en cuenta la inclinación del sol en verano y en invierno (Fig. 7).
Pueden ser estáticos (adheridos a la estructura), mecánicos (retráctiles), automatizados (controlados por domótica).

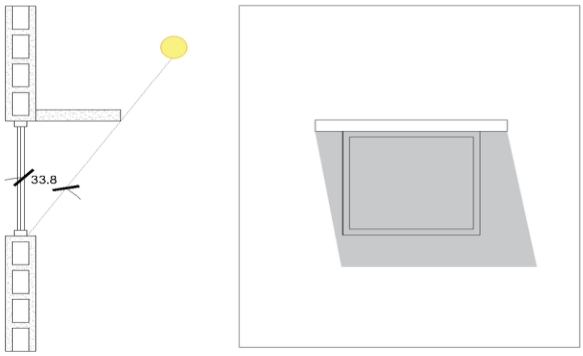


Figura 7. Aleros adosado para latitud 21° en verano. vista en corte y frontal.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Aislamiento y reflectancia en la techumbre

Uso de materiales de construcción de colores claros y aislantes, para techos frescos (Fig. 8), por minimizar la ganancia de calor por conducción y radiación.

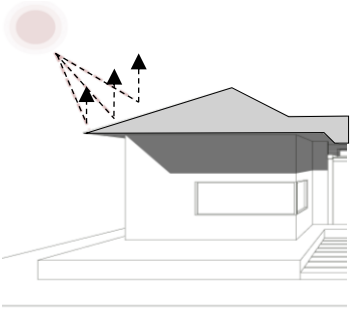


Figura 8. Acabados reflejantes en el techo.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Las construcciones vernáculas de las regiones con este tipo de clima, están conformadas por una ligera o nula **masa térmica** que les permite evitar el sobrecalentamiento, lo cual funcionaba para ellos, pero bajo las condiciones en las que nos encontramos surge la necesidad de **aislar** los muros para detener el paso del calor.
Para conocer la cantidad de aislamiento necesario, se analizaron los requerimientos de resistencia de los materiales de acuerdo a la zona térmica de la región (Tabala 1), de acuerdo a la NMX-460-ONNCCE-2008.

Tabla 1. Resistencia térmica necesaria para envolventes en zona térmica para clima cálido húmedo.

Losas		
Mínima m2 K/W	Habitabilidad m2 K/W	Ahorro de energía m2 K/W
1.40	2.10	2.65

Muros		
Mínima m2 K/W	Habitabilidad m2 K/W	Ahorro de energía m2 K/W
1.00	1.20	1.40

Fuente: NMX-460-ONNCCE (2008)

Con base en esto, y consultando el libro “Materiales y sistemas constructivos utilizados en la vivienda” (Morillón y Reséndiz, 2017), se tomaron los datos de los materiales más utilizados en construcción en las ciudades de la Riviera Maya, con la finalidad de calcular su resistencia para saber si cumplían con lo necesario de acuerdo a la norma, de no ser el caso se volvió a hacer el cálculo con propuesta de aislante para garantizar que lleguen al nivel máximo de resistencia que es ahorro de energía.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

La relación de la superficie opaca vs transparente

Barrera radiante

Capa de material que se utiliza para reducir las ganancias de calor en el verano, en muros y losas.

La temperatura de los interiores aumenta de manera significativa con el contacto directo de rayos UV, ya que el calor se transfiere a través de los materiales.

Las barreras radiantes ayudan a mejorar la comodidad en el interior de los edificios durante los meses cálidos y **reduce los costos de energía**, debido a que el calor siempre se mueve de las áreas más calientes a las más frías (Fig. 9).

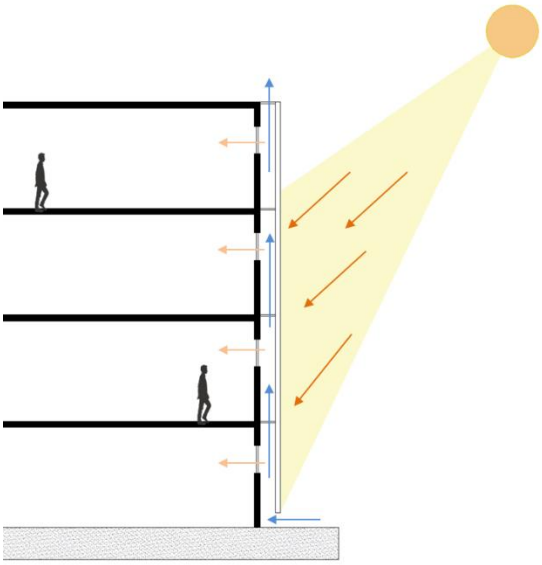
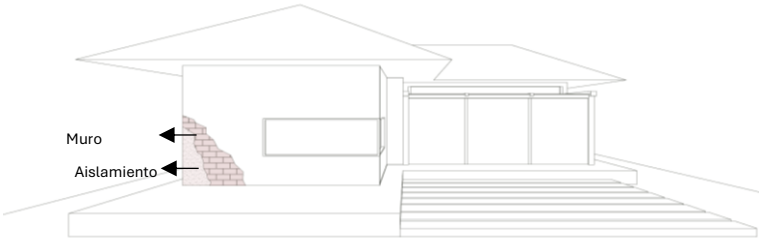


Figura 9. Barrera radiante o muros escudo a la radiación solar
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

El revestimiento **evita** la **transferencia de calor** del interior durante los meses del año.

Los materiales de los muros (envolvente opaca)

Los mejores muros de grandes masas térmicas usan aislamiento exterior (como la espuma EIFS) y exponen la masa en el interior o agregan yeso o paneles de contacto directo (Fig. 10).



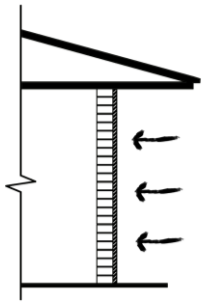


Figura 10. Asialmiento en el exterior de muros.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Use superficies interiores de gran masa para almacenar el calor pasivo del invierno y el fresco de la noche de verano.

La masa capaz de absorber y almacenar el calor de la radiación solar para su posterior liberación cuando sea necesario (Fig. 11).

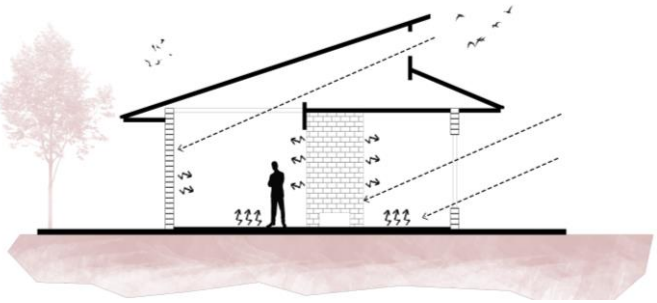


Figura 11. Almacenamiento térmico en el interior de los muros con radiación solar directa.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Transparencia y reflectancia

Al estar en una zona dónde la exposición solar es severa, se recomienda además de sombrear las ventanas, utilizar un **vidrio de alto rendimiento** con baja emisividad que contiene pocas propiedades de transferencia de calor (Fig. 12).

Este tipo de vidrio **reduce el efecto de deslumbramiento**, debido a que está compuesto principalmente por una cámara de vacío con gas ionizado que bombardea la superficie del vidrio desde una serie de cátodos metálicos con iones (Fig. 13).

Se recomienda colocar este tipo de vidriado en el **oeste, sur y norte**, donde la exposición del sol es más fuerte durante las épocas de verano.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

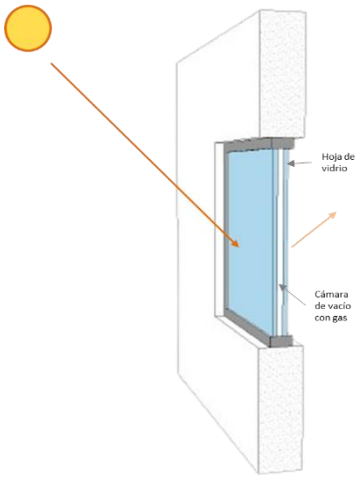


Figura 12. Peliculas reflejantes en las ventanas.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

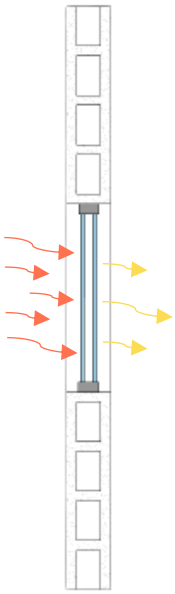


Figura 13. Transferencia de calor exterior a interior por ventanas con vidrios reflejantes.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Colores
Pintar de **colores claros** los techos y cubiertas ayuda a minimizar la ganancia de calor, debido a que el sol refleja sus rayos sobre las superficies claras, en cambio los colores obscuros absorben la radiación permitiendo el paso de ésta a través del material (Tabla 2 y Fig. 14).

Tabla 2. Valores de emisividad de diferentes colores de pinturas.

Pintura	Emisividad
Pintura	0.78
Pintura negra mate	0.90
Pintura amarilla	0.79
Puntura blanca	0.95

Fuente: Instrumentos Testo (2023)

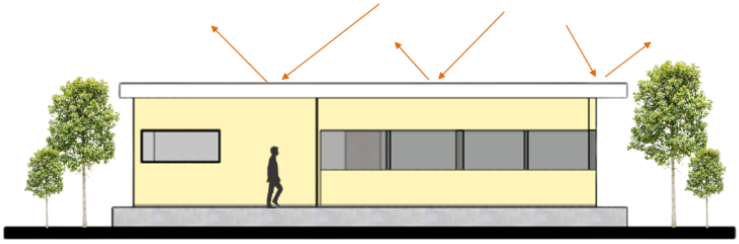


Figura 14. Reflejo de la luz solar en losas color claro
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Ventilación
La ventilación natural puede reducir o eliminar efecto de la energía térmica (Fig. 15), por las ganancias de la envolvente del edificio y por lo tanto menos uso del aire acondicionado en el clima cálidos húmedo. Esta ventilación se produce cuando hay dos aberturas en lados opuestos permitiendo la circulación del aire, se debe tener en cuenta los efectos de los vientos predominantes de cada zona.

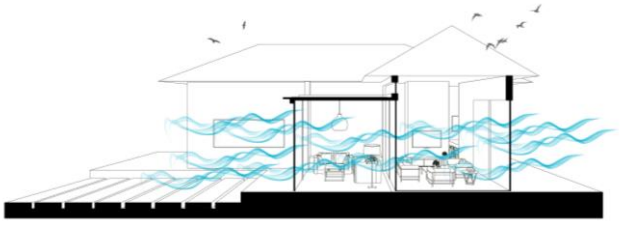


Figura 15. Ventilación cruzada
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

El plano de planta largo y angosto del edificio puede ayudar a maximizar la ventilación cruzada en este tipo de climas, esto hace posible que el aire circule desde la zona de altas presiones a las de bajas, como consecuencia, se generará una corriente de aire interior (Fig. 16).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.

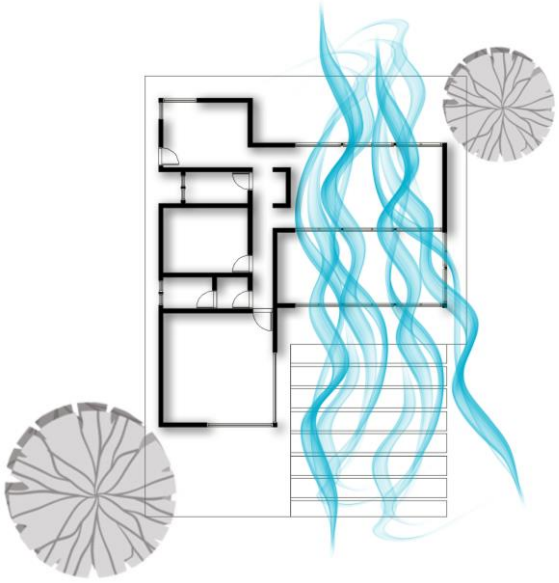


Figura 16. Aprovechamiento de la ventilación natural.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Los porches y patios con mosquiteros pueden proporcionar un enfriamiento de confort pasivo mediante ventilación en climas cálidos y pueden prevenir problemas de insectos (Fig. 17 y 18).

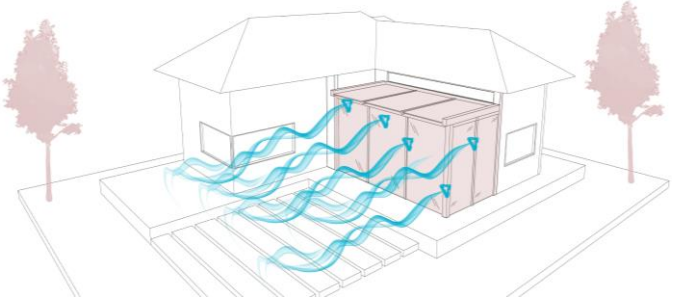


Figura 17. Ventilación directa, diseño eolico de la vivienda.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Use interiores abiertos para promover la ventilación cruzada natural, o use puertas con persianas o en su lugar use conductos de salto si requiere privacidad.

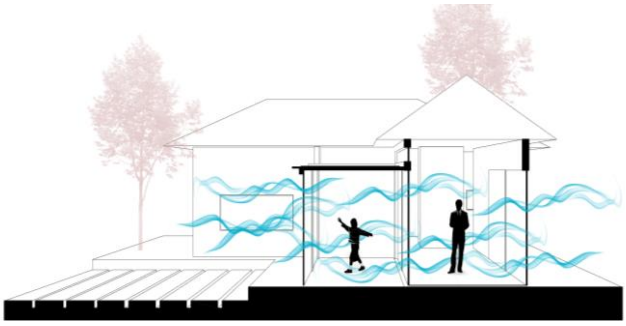


Figura 18. Diseño transparente al viento.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Humidificación

Los climas cálidos se caracterizan por la falta o mucha humedad (Tabla 3) en el ambiente, al colocar elementos como fuentes, rociadores o cuerpos de agua, en dirección a donde inciden los vientos de verano, se lograr disminuir su temperatura antes de que entre al edificio por medio de vanos (ventanas o puertas) o ranuras que permitan su filtración y circulación en el interior.

Tabla 3. Humedad relativa promedio por mes.

Humedad relativa media calculada											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
36	35	29	25	24	**21**	28	30	27	28	31	38

Patios Centrales

Los microclimas ayudan a estabilizar la temperatura del interior de la construcción, funcionan como puente para facilitar la purificación del aire (con ayuda de la vegetación) y su circulación hacia los diferentes espacios que conforman el edificio.
Agregar un elemento hídrico permite potencializar la limpieza y enfriamiento del aire que circula del exterior hacia el jardín, para luego distribuirlo por la edificación (Fig. 19 y Fig. 20).

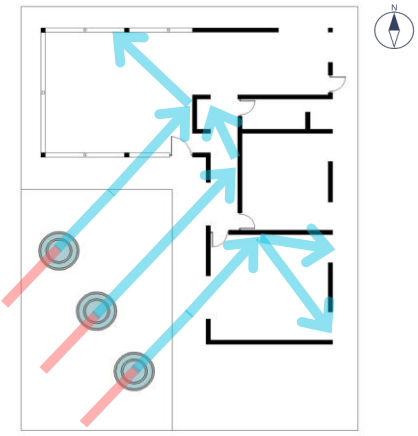


Figura 19. Humidificación de vientos por medio de fuentes.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-09, pág.: 1 a la 9.



Figura 20. Patio central con fuente y vegetación.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Chimeneas de viento

Técnica pasiva de refrigeración, que aprovecha los vientos exteriores para gnerar una corriente de ventilación natural, por medio de un intercambio de aire entre el exterior e interior del edificio.

El captador de aire se orienta hacia la dirección donde inciden los vientos dominantes, que ingresan a la chimenea para encontrarse en primera estancia con un filtro que se encarga de limpiar el aire y luego descender hacia el punto de drenaje donde se puede colocar una malla con agua, fuente o cualquier otro elemento hídrico para humidificar y disminuir la temperature del viento antes de entrar a la construcción (Fig. 21)

Se recomienda incorporar una rejilla para modular la intensidad con la que entra el viento de la chimenea a la construcción y colocar un ducto que extraiga el aire caliente que se llegue a filtrar por cualquier otro vano existente.

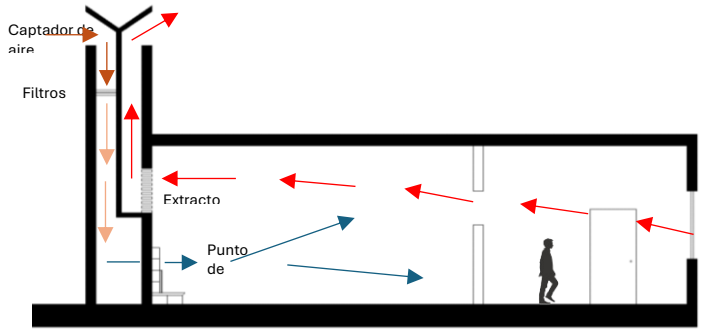


Figura 21. Torre de viento.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Acondicionamiento del entorno

Espacios abiertos

Un diseño de espacio abierto debe tener las aberturas hacia pasillos, patios o vías públicas, con la protección necesaria para facilitar el ingreso y salida de los vientos de forma natural y eficiente (Fig. 22). En caso de necesitar aberturas en espacios donde se requiere tener privacidad se puede cambiar la opción de ventanas por un conducto de salto, que permite el paso del viento, pero no la transparencia que una ventana ordinaria proporciona.

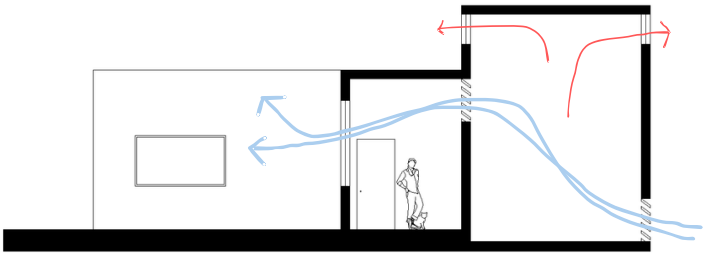


Figura 22. Diseño abierto al viento.
Fuente: García Julio D, Morillón D. (2023)

Geotermia somera-el subsuelo y enterramiento

Las construcciones subterráneas, además de tener un menor impacto ambiental, ahorran hasta el 60% de energía, debido a que apartir de los 10 m de profundidad la temperatura se mantiene constante y se aproxima a la temperatura media anual del aire en ese lugar (Droulia et al., 2009).

Ventilación en espacios subterráneos:

- Directa: Por medio de cualquier tipo de vanos (puertas y ventanas)
- Indirecta: Producida por diferencia de presiones en el aire, que penetra por fisuras o huecos, ejemplo: Chimeneas.

Iluminación:

Para este tipo de edificaciones es necesario la colocación de aberturas cenitales para la captación de luz solar, estas pueden tener

rejillas o filtros para poder controlar la cantidad de luz que se permite ingresar (Fig. 23).

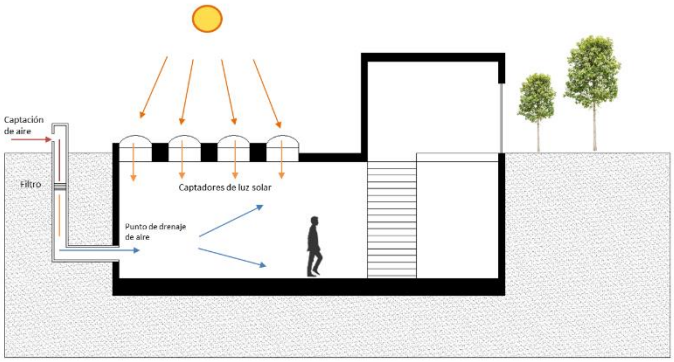


Figura 23. Vivienda semienterrada, con ventilación tratada.
Fuente: Morillón D. (2023)

Conclusiones

Brindar estudios del bioclima, definir estartegias bioclimáticas para la climatización y emitir recomendaciones de sistema pasivos por clima y latitud, permitirá el diseño y la adecuación de edificios en general, para lograr el confort térmico, la eficiencia energética y bajos impactos ambientales.

Reconocimientos

GII Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria, Sostenibilidad del Caribe mexicano: Cambiando debilidades en fortalezas.
Arq. Julio David García, Universida Gran Colombia.

Referencias

Morillón D. (1993), *Bioclimática: Sistemas Pasivos de Climatización*, No. p. 148, Ed. Universidad de Guadalajara, ISBN 968-895-455-1, Guadalajara, México
Morillón D, Saldaña R y Tejeda A (2004), Human bioclimatic atlas for Mexico, *Solar Energy Journal 76 pp. 781-792*
Morillón David y Mejia David (2005), *Modelo para el diseño y evaluación del control solar en edificios*, II-UNAM, ISBN 970 32 2263-3, México, DF
Morillón D (2005), *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*, Editado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)-Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, México, DF
Morillón D y Rodríguez M (2006), *30 Años, Evolución y Desarrollo de la Arquitectura Bioclimática en México*, Editado por la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), ISBN 968-5219-07-9, México
Gutiérrez C, Hirata E, González C, Escobar RM, Tardán J, Morillón D, García G, Huriata S, Fernández G, Fierro EA, Nieto F, Vargas E, Rivera O, Valera A, Arteaga JA, Zagal JR, Luna J, Bernal H, Martínez J y Laguna I (2006), Gía par el *uso eficiente de la energía en la vivienda*, Editado por la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, ISBN 968-7729-34-1, México
Morillón D, Morales JD, Hernández VH y Mesa NA (2009), *Sistemas pasivos de climatización, para la descarga de calor en muros y techos*, Ed. UNAM, ISBN 978-607-2-00063-6, p 120, México
Morillón D. y Oropeza I. (2010), *Atlas de ventilación natural de México: Potencial para el ahorro de energía en la climatización de edificios*, Ed. II-UNAM, SID/663, diciembre
Morillón, D., Silva, R., Valdés, H. (2018). Atlas del Impacto del Océano en el clima de México. CEMIE Océano, Universidad Autónoma de Campeche.
Morillón, D., Silva, R., Rosas, J.,Felix, A., García, I. (2020). Impacto de la Brisa Marina y Viento en el Bioclima de México. CEMIE Océano, Universidad Autónoma de Campeche.
Morillón D, Silva R., Rosas JA, Félix A, y García I, (2021) Impacto de la brisa marina y viento en el bioclima de México, Ed. CEMIEO, ISBN 978-607-8444-70-0, DOI: 10.26359//EPOMEX.CEMIE032021, pp. 140, Campeche, México

INFORMACIÓN ACADÉMICA

David Morillón Gálvez: Ingeniero Civil egresado de la Facultad de ingeniería de la Universidad de Guadalajara, Maestro en Diseño Bioclimático egresado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima y Doctor en Ingeniería con orientación en Termofluidos de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Rodolfo Silva: Ingeniero Civl egresado de la UNAM, Maestro y Doctorado en Hifraulica, en España..

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-10, pág.: 1 a la 5.

Sistemas para la reducción de la demanda energética en Sisal, Yucatán, México

David Eduardo Ascencio San Pedro, David Morillón Gálvez*

RESUMEN

El consumo de energía en los sectores del estado de Yucatán, México, principalmente la electricidad, se deriva de fuentes no renovables de energía. Por esta razón, se ha llevado a cabo un estudio para comprender las proyecciones de los impactos de dicha matriz energética al año 2050, principalmente del sector doméstico, así como el uso de los diversos combustibles en el sector del transporte, específicamente en Sisal.

Entre los sistemas para la reducción de la demanda, se considerarán la eficiencia energética y los recursos renovables disponibles en la zona, para proponer iniciativas que impulsen la transición sustentable de energía. Estas propuestas servirán como base para futuros desarrollos de eficiencia energética y aprovechamiento de las energías renovables.

ABSTRACT

Energy consumption in the sectors of the state of Yucatán, Mexico, primarily electricity, is derived from non-renewable energy sources. For this reason, a study has been conducted to understand the projections of the impacts of this energy matrix by the year 2050, primarily in the residential sector, as well as to evaluate the current energy situation in commercial buildings, as well as the use of various fuels in the transportation sector, specifically in Sisal, Yucatán. Among the systems for demand reduction, energy efficiency and the renewable resources available in the area will be considered to propose initiatives that promote the transition to energy sustainability. These proposals will serve as a basis for future developments in energy efficiency and the utilization of solar and wind energy.

Palabras claves: Consumo y proyección de energía eléctrica, Sisal, uso final de energía en el sector doméstico, energías renovables.

INTRODUCCIÓN

Sisal es un puerto mexicano, ubicado en el municipio de Hunucmá en el estado de Yucatán, con una Longitud de 90.03 [°] E y una latitud de 21.17 [°] N. Según el censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2023), la población del municipio es de 35,137 habitantes, las localidades más habitadas en cuanto a porcentaje se muestran en la Figura 1.

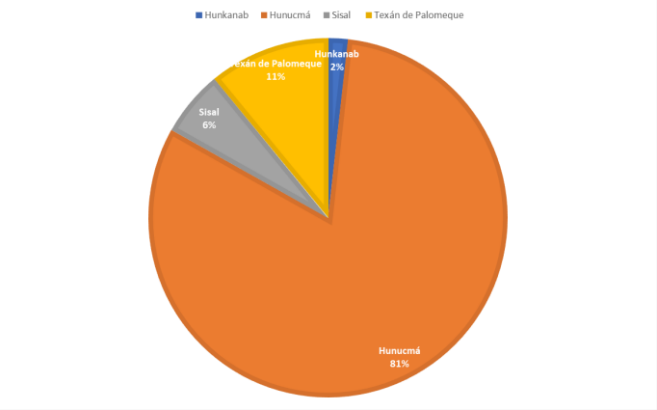


Figura 1.- Porcentaje de población en las principales localidades del municipio de Hunucmá, Yucatán, México.
Fuente: Elaboración propia con base en datos del INEGI (2023).

La población de Sisal cuenta con 603 viviendas habitadas, teniendo como principal actividad económica la pesca. El tipo de transporte terrestre que predomina es microbús, taxi o taxi colectivo INEGI (2024). En lo que respecta al consumo de energía eléctrica, según información del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional PRODESEN (2021), la mayor parte estuvo a cargo de la CFE, la cual utiliza fuentes de energía no renovables para la producción de electricidad, seguida de productores independientes de energía y, posteriormente, de permisionarios. En la Tabla 1, se muestra la matriz energética, la cual 83.76 % proviene de energías no renovables y el restante de fuentes renovables de energía, específicamente la solar y la eólica. En total de estas suman el 2.08 % del nacional.

El gas natural y otros combustibles de origen fósil son abastecidos de las superintendencias de ventas ubicadas en Mérida y Progreso, así como por la terminal de terceros Hidrosur, según información del Sistema de Información Energética SIE (2024). Por lo tanto, es necesario establecer medidas para el ahorro de energía, con el fin de lograr un futuro energéticamente sostenible. El consumo de combustibles en el año 2022 fue de 152.09 PJ. En la Figura 2 se muestra el porcentaje por tipo, donde se observa que el de mayor demanda es la gasolina, seguido del diésel y, posteriormente el gas natural.

* Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad 3000, Cto. Exterior, C.U., Coyoacán, 04510 Coyacán, CDMX, damg@pumas.iingen.unam.mx, Dr. en Ingeniería, Coordinador del Posgrado en Urbanismo de la UNAM.
ascenciodavid@hotmail.com, Mtro. En Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética. Becario del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-10, pág.: 1 a la 5.

Tabla 1.- Matriz eléctrica, por tipos de empresa, tecnología y producción en MW, Yucatán.

Empresa	Tecnología	Producción (MW)
CFE	Ciclo combinado	220
	Termoeléctrica convencional	243
	Turbogás	30
PIES	Ciclo combinado	1009
PERMISIONARIOS	Combustión interna	1
	Eoloeléctrica	244
	Fotovoltaica	50
	Cogeneración eficiente	13
	Total	1810

Fuente: Elaboración propia con base en datos del SIE (2024).

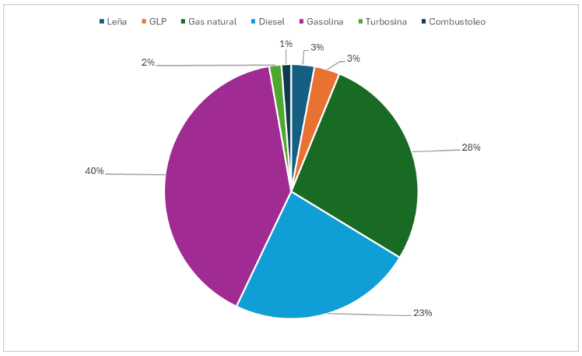


Figura 2.- Porcentaje de consumo de combustibles fósiles, en Yucatán.
Fuente: Elaboración propia con base en datos del SIE (2024).

Diagnóstico energético eléctrico en Hunucmá, Yucatán.

El consumo de energía eléctrica en GWh, durante los años de 2011 a 2017 en el municipio de Hunucmá, por sectores, se muestra en la Figura 3, con base en datos de la CFE (2017).

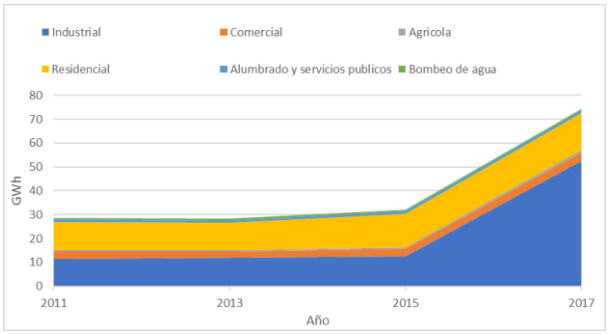


Figura 3.- Consumo de electricidad del 2011 a 2017, por sector en el municipio de Hunucmá.
Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Federal de Electricidad (2017).

Se observa que el sector industrial incrementó la demanda a partir del año 2015, lo cual según fuentes del gobierno coincide con la apertura de una nueva planta Cervecera, Gobierno de México (2017). Los demás sectores han presentado un ligero aumento a través de los años. De manera general entre todos, de 2011 a 2015, se mantuvo aproximadamente en los 30 GWh, subiendo hasta los 72 GWh en 2017, lo cual representa más del doble en 2 años.

Diagnóstico energético y proyección en Sisal, Hunucmá, Yucatán, México.

De acuerdo con el crecimiento de población, de los censos realizados por el INEGI en los años 2010 y 2020, tanto para el municipio de Hunucmá como la localidad de Sisal INEGI (2024), se estableció el consumo de energética eléctrica en el sector doméstico con proyección al año 2050. Esto se muestra en la Figura 4, para tarifas de alta y baja demanda, en Sisal, con base en la ecuación del incremento exponencial.

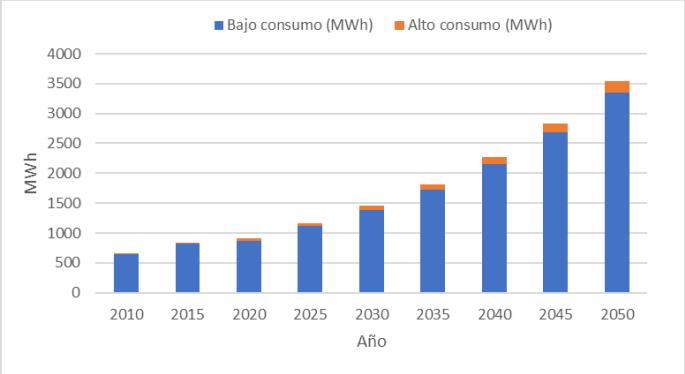


Figura 4.- Proyección de la demanda de electricidad en el sector residencial, Sisal (Yucatán).
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CFE (2017) y del INEGI (2024).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-10, pág.: 1 a la 5.

En relación con los combustibles fósiles, y basándose en el número de población en la localidad de Sisal y en el consumo de éstos en Yucatán, la Figura 5 muestra el consumo el consumo de energéticos en porcentaje de un total de 132,374 PJ durante el año 2022.

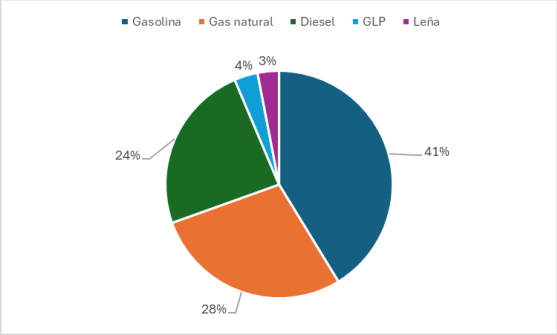


Figura 5.- Consumo de energéticos en Sisal, Yucatán.
Fuente: Elaboración propia, con base en datos del SIE (2024) e INEGI (2024)

La gasolina es el más empleado, seguido del gas natural y, por último, el diésel. Tanto la gasolina como el diésel son utilizados por el sector transporte, mientras que el gas natural se emplea para el calentamiento de agua residencial y la cocción de alimentos.

Sistemas para reducción de la demanda energética

Como se estableció en el artículo “Sistemas para la reducción de la demanda energética en playa del Carmen, México: Sistemas para a redução da demanda de energia em playa del Carmen, México”, Ascencio, et al. (2024), para la reducción de energía en cada sector, en el caso del industrial, comercial, de servicios y residencial, se promoverá el aprovechamiento térmico y fotovoltaico de la energía solar. En la región de estudio como se muestra en la Figura 6, se registra una irradiación diaria promedio anual de 5.81 a 6.74 kWh/(m^2·año).



Figura 6. Irradiación promedio diaria anual en México.
Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica (2023).

La generación de energía eléctrica mediante aerogeneradores, los cuales aprovechan la velocidad del viento, presenta una variación de 4 a 6 m/s, como se muestra en la Figura 7. Esta velocidad es alta en comparación con otros estados de México.

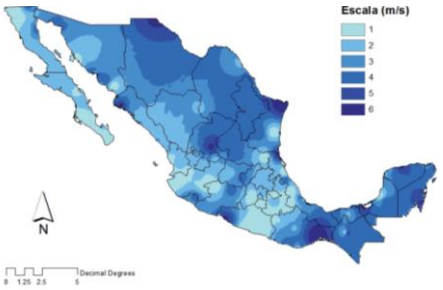


Figura 7. Velocidad promedio anual del viento en México.
Fuente: Morillón, Silva y Valdés (2018).

El gradiente térmico del océano en la región de estudio no presenta una alternativa viable, debido a que el aprovechamiento se encuentra lejano a Yucatán, como se observa en la Figura 8. La región más cercana aprovechable se encuentra en el estado de Quintana Roo, donde se puede obtener una potencia neta de 100.1 a 150 MWe.

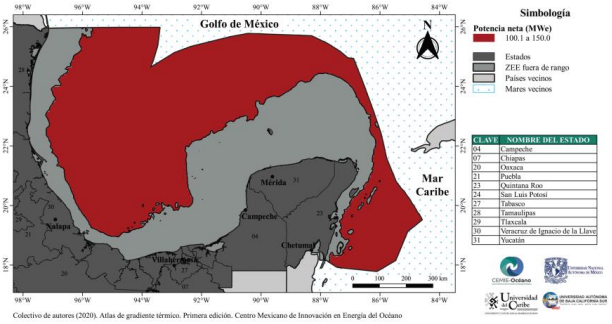


Figura 8. Temperatura a 1000 metros de profundidad en el golfo de México.
Fuente: Alatorre, et al. (2022).

Además, con base en el bioclima de la región, se definirá el tratamiento de la envolvente de los edificios para protegerse o aprovechar la radiación, el viento y la brisa marina, así como la geotermia somera para la climatización. También se considerará la sustitución del equipo tecnológico por opciones más eficientes. El monitoreo, la simulación y la certificación energética sin duda facilitarán un programa de ahorro energético en los edificios de la región de estudio. Esto incluirá un diagnóstico térmico, energético y un estudio del bioclima, como se muestra en la Figura 9.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IE-10, pág.: 1 a la 5.

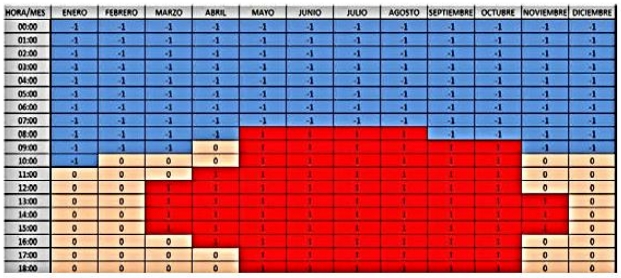


Figura 9. Bioclima en Sisal.
Fuente: Morillón, et al. (2020).

Consumo de energía en la vivienda y sector comercial y de servicio

En la Figura 10 se presenta el consumo promedio de energía en la vivienda por región. De acuerdo con la metodología presentada por Morillón (2015), se calculó el consumo de energía eléctrica en una escuela y un hotel, en el lugar de estudio, como se muestra en la Tabla 2.

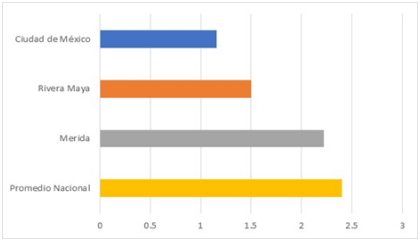


Figura 10. Consumo promedio de energía en la vivienda por región.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.- Consumo de electricidad en escuela y hotel, Sisal, Yucatán.

Nombre	Tipo	Consumo de electricidad (MWh/año)
Unidad Académica Sisal-UNAM	Escuela	894.76403
Hotel el Faro	Hotel	70.25
	Total	965.01403

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de Morillón (2015).

Actividades recomendadas para el aprovechamiento de las energías renovables:

- Realizar diagnóstico térmico y energético de edificios comerciales y de vivienda en el sitio o campo.
- Definir estrategias para la adecuación térmica y energética de edificios ya construidos y futuras construcciones.
- Estimar costo-beneficio por reducción de la demanda.
- Buscar alianzas para implementar los proyectos de adecuación.

Conclusiones

A pesar de ser una localidad con poca población y turismo, ubicada en el municipio de Hunucmá, Yucatán, el sector industrial ha ido en incremento, mostrando un consumo significativo de electricidad y superando a los demás sectores. Esto sugiere la necesidad de abordar eficientemente el uso de la energía en la región. De acuerdo con la proyección realizada hasta 2050 sobre el consumo de energía eléctrica en el sector doméstico, es evidente la urgencia de transitar hacia fuentes de energía renovables y sostenibles, dada la actual predominancia de energías no renovables. Esto es crucial para la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y para cumplir con los compromisos de México en la mitigación y adaptación al cambio climático para el periodo 2020-2030.
Se proponen diversos sistemas para reducir la demanda energética, incluyendo el aprovechamiento de la energía solar y eólica, así como la optimización de la eficiencia energética en edificaciones y equipamiento. Además, se sugieren estrategias como el monitoreo, simulación y certificación energética de edificios, junto con el uso de tecnologías más eficientes. También se proponen actividades prácticas para demostrar la viabilidad y ventajas del aprovechamiento de las energías renovables.

Reconocimientos

GII Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria, Sostenibilidad del Caribe mexicano: Cambiando debilidades en fortalezas.

Referencias

Alatorre, M., Miguel, Á., Hernández, C., Ricardo, E., Pérez, A., Mondragón, L., et al. (2022). Distribución Espacial del Recurso Energético por Gradiente Térmico en los Mares Mexicanos. CEMIE Océano

CFE (2017). Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010-2017). Datos Abiertos. Obtenido de https://datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-2010-2017

Gobierno de México (2017). Inicia operaciones la planta de Grupo Modelo-ABInbev en Hunucmá, Yucatán. Obtenido de https://www.gob.mx/se/articulos/inicia-operaciones-la-planta-de-grupo-modelo-abinbev-en-hunucma-yucatan

INEGI. (2024). México en cifras. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=310380004

INEGI. (2023). México en cifras. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000310038#collapse-Resumen

Morillón, D., Silva, R., Rosas, J., Felix, A., García, I. (2020). Impacto de la Brisa Marina y Viento en el Bioclima de México. CEMIE Océano, Universidad Autónoma de Campeche.

Morillón, D., Silva, R., Valdés, H. (2018). Atlas del Impacto del Océano en el clima de México. CEMIE Océano, Universidad Autónoma de Campeche.

PRODESEN (2021). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. Obtenido de https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Prodesen.aspx

Ascencio San Pedro, D.E, Morillón Gálvez, D., y Dominguez Suriano, R.(2024). Sistemas para la reducción de la demanda energética en playa del Carmen, México: Sistemas para a redução da demanda de energia em playa del Carmen, México. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 7(1), 499–508. https://doi.org/10.34188/bjaerv7n1-037

SIE (2024). Sistema de información energética. Obtenido de https://sie.energia.gob.mx/difusion/#/

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica (2023). Irradiación diaria promedio anual. Rayenari. Recuperado el 6 de noviembre de 2023 de https://rayenari.geofisica.unam.mx/~mauro/mapas/anual.pdf

INFORMACIÓN ACADÉMICA

David Morillón Gálvez: Ingeniero Civil egresado de la Facultad de ingeniería de la Universidad de Guadalajara, Maestro en Diseño Bioclimático egresado de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima y Doctor en Ingeniería con orientación en Termofluidos de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

David Eduardo Ascencio San Pedro: Ingeniero Mecánico egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, Maestro en Fuentes Renovables de Energía y Eficiencia Energética de la UACM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

Actualización de la unidad de potencia en una laminadora en frio de lingotes de cobre

Ricardo Navarro Soto, María de Jesús Velázquez Vázquez, *Martín D. Castillo Sánchez**

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran las mejoras técnicas propuestas a la unidad de potencia hidráulica de una laminadora tipo molino reversible utilizada en el proceso de laminación del cobre. Con la finalidad de disminuir la temperatura en el sistema, evitando y previniendo de esta manera las fugas de aceite que actualmente presenta dicha unidad. Se desarrollaron las gráficas, que muestran la estabilidad que presenta la presión al usarse los elementos propuestos. Al conseguirse un comportamiento estable en la presión y un funcionamiento adecuado del circuito hidráulico, podemos concluir que ya no se tiene un sobre esfuerzo de la bomba, se demuestra que ya no se genera más trabajo al suministrar mayor presión y así evitan los bloqueos de las válvulas direccionales.

ABSTRACT

This work shows the proposed technical improvements to the hydraulic power unit of a reversible mill-type rolling mill used in the copper rolling process. In order to reduce the temperature in the system, thus avoiding and preventing the oil leaks that said unit currently presents. The graphs were developed, which show the stability of the pressure when using the proposed elements. By achieving stable behavior in pressure and proper functioning of the hydraulic circuit, we can conclude that there is no longer any overstress of the pump, it is demonstrated that no more work is generated by supplying higher pressure and thus preventing blockages of the pumps, directional valves.

Palabras clave: Potencia hidráulica, laminación, presión, sobresfuerzo.

INTRODUCCIÓN

El proceso de laminado se utiliza en la manufactura los aceros, aluminio, cobre, magnesio, plomo, estaño, zinc, y sus aleaciones.

Casi todos los metales utilizados en la industria, han sufrido una laminación en alguna etapa de su conformación.

Mediante el proceso de laminación se modifican a formas comerciales los perfiles colados en lingoteras o en máquinas de colada continua. Algunas de estas formas son aptas para su empleo directo (carriles, viga, etc.). Otras, han de sufrir modificaciones adicionales como es el caso de la chapa o alambre, Tremps (2010).

La empresa productora de cobre tiene varios procesos de laminación, del cual uno de ellos es el de laminación en frío. Esta línea de producción cuenta con una laminadora tipo molino reversible. Esta línea de producción opera tres turnos, dependiendo de la demanda mensual de cobre en el mercado y de que la laminadora se encuentre en óptimas condiciones.

Actualmente se encuentra operando un solo turno, esto debido a que la unidad de potencia hidráulica que suministra la presión necesaria al proceso, presenta un elevación del 55% de la temperatura por encima del rango óptimo de operación; lo que genera fugas a través de mangueras y juntas, provocando una elevación en costos de consumo de energía eléctrica y de aceite hidráulico. El objetivo del presente trabajo es implementar mejoras técnicas a la unidad de potencia hidráulica de una laminadora tipo molino reversible utilizada en el proceso de laminación de cobre, con la finalidad de disminuir la temperatura en el sistema para prevenir fugas de aceite, que actualmente se presentan.

FUNDAMENTOS DE LA LAMINACIÓN

En su forma más elemental, un laminador está constituido por dos o más cilindros que giran en sentidos contrarios entre sí. La distancia entre las superficies cilíndricas enfrentadas es siempre menor que el espesor inicial del lingote, por lo que éste, al pasar entre los dos cilindros se aplasta y se alarga proporcionalmente a la reducción de sección.

Durante el trabajo, el lingote queda sometido a la acción de una fuerza R, normal a la superficie de contacto, es decir, según un radio del cilindro.

Esta fuerza, que es la resultante de todas las fuerzas elementales que actúan sobre la superficie de contacto, puede descomponerse en dos. Una es la componente horizontal o de estiramiento que está dada por la ecuación 1:

$$S = R \operatorname{sen} \alpha \qquad (1)$$

Y la otra es la componente normal o de aplastamiento, dado por la ecuación 2:

$$N = R \cos \alpha \qquad (2)$$

* * Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Academia de Mecánica, Economía, Control y Automatización. M en C. Ricardo Navarro Soto. C. Dr. María de Jesús Velázquez V. Dr. Martín Castillo S.
mcastillos@ipn.mx

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

El avance del lingote es debido al rozamiento en la superficie de contacto, por lo que es necesario, para que este avance se produzca, cumplir la desigualdad dada en la ecuación 3:

$$fN > S \quad (3)$$

Si se cumple esta condición, se tiene una fuerza horizontal tal que cumple con la ecuación 4:

$$T = f\,N - S \quad (4)$$

De donde:

S = Fuerza de estiramiento.
R= Fuerza normal a la superficie
A = Ángulo de compresión.
N = Fuerza de aplastamiento.
f = El coeficiente de rozamiento entre cilindro y lingote.
T = fuerza horizontal de avance.

La cual hace avanzar el lingote, mientras la componente N lo aplasta, tal y como puede verse en la figura 1.

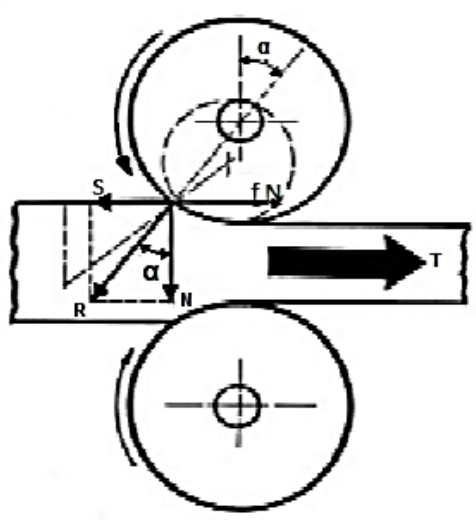


Figura 1. Fuerzas que actúan en la laminación (Tremps, 2010)

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN

El proceso comienza con el calentamiento del lingote de cobre que se lleva a cabo en los hornos de fundición a una temperatura aproximada de 1200°C, posteriormente es llevado a laminadora a través de un tren de rodillos para ser posicionado por un par de actuadores los cuales lo centraran para pasar por otro par de actuadores donde al final de carrera tienen un elemento giratorio para empujar el lingote hacia los rodillos que reducirán su espesor, Tremps (2010), este arreglo de actuadores de puede apreciar en el diagrama hidráulico de la figura 2, donde se representa la unidad de potencia hidráulica.

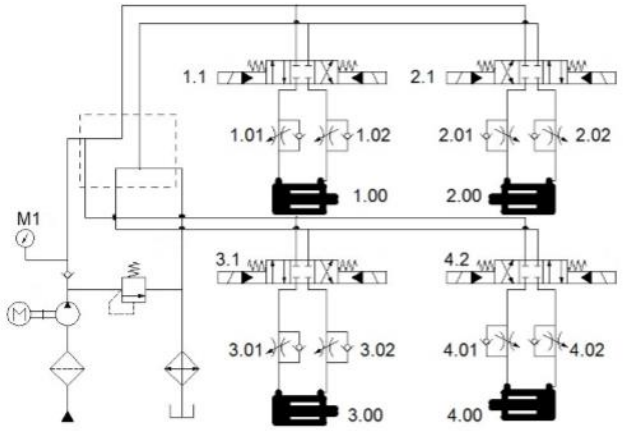


Figura 2. Diagrama de la unidad de potencia hidráulica en su estado actual (Autor)

Datos de proceso tomados en campo
Tanque de aceite: Capacidad de 200 galones.
Bomba de paletas: 57 galones/minuto en línea.
Motor: 50 HP a 1750 RPM
Válvulas Reguladoras
Presión de entrada de 1000psi a un 20% de apertura (dependiendo el proceso).
Rango de operación de 500psi - 3000psi
Válvula Check: Presión de seguridad de 65psi.
Válvula de venteo: Presión de apertura a 1000psi.
Temperatura de operación (no ideal): 65◦C – 70°C

El problema radica en el aumento de la temperatura de operación de la unidad de bombeo hidráulico, es por esta razón que se desencadenan problemas subsecuentes como variaciones de presión en el sistema, fugas de aceite a través de uniones, sobre esfuerzo de la bomba, aumento de la corriente eléctrica, etc. generando costos más elevados en mantenimiento.
Para dar solución al problema que aqueja al sistema, se hará un rediseño del circuito hidráulico respetando algunos de los elementos que lo conforman y añadiendo otros, demostrando mediante cálculos y especificaciones técnicas.

DESARROLLO

ACUMULADOR

Uno de los elementos añadidos fue un acumulador y como su nombre lo indica, acumulan energía en forma de fluido presurizado; la energía que guardan, bien puede ser utilizada para mantener la presión en el sistema. Cuando se realiza un movimiento de los actuadores en su estado actual, el sistema presenta variaciones de presión al momento de comenzar su recorrido.
El aumento de la temperatura es consecuencia del aumento de la presión, es por esta razón que se propone utilizar un acumulador,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

debido a que necesitamos una presión constante en el sistema, de esta forma evitaremos los picos de presión que ascienden hasta los 1500 psi, esto representa un 50% del aumento sobre la presión nominal, además de utilizarlo como un dispositivo de seguridad como se explicó anteriormente.

CARACTERÍSTICAS DEL ACUMULADOR TIPO VEJIGA

El acumulador de vejiga se compone de una sección para contener el fluido hidráulico y una sección cargada de gas nitrógeno (N_2), con la vejiga actuando como una pantalla a prueba de gas. El fluido alrededor de la vejiga está conectado con el circuito hidráulico, de modo que el acumulador de vejiga aspira el fluido cuando la presión de éste aumenta, por lo tanto lleva a cabo la compresión del gas. Cuando la presión disminuye, el gas comprimido se expande y fuerza el fluido almacenado en su interior a salir.

Los acumuladores de vejiga consisten en un recipiente de presión soldado o forjado (shell), la vejiga y los puertos para un gas y la entrada de fluido. El gas y el fluido están separados por los lados de la vejiga, como se muestra en la Figura 3, Roca (1997).

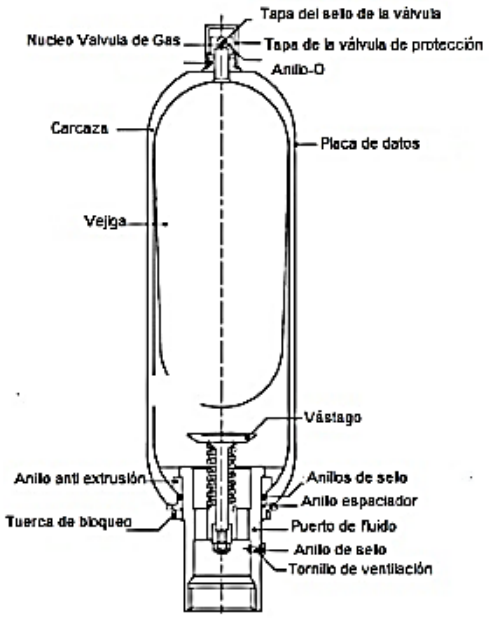


Figura 3. Partes de un acumulador tipo Vejiga (Roca, 1997)

Los acumuladores de vejiga están diseñados para ser atornillados directamente en el sistema. También se recomienda el uso de piezas de fijación, para minimizar el riesgo de fracaso debido a las vibraciones del sistema. Se pueden instalar verticalmente como se muestra en la Figura 4, en cualquier ángulo, u horizontalmente dependiendo de la aplicación.



Figura 4. Acumulador tipo vejiga en campo (Autor)

CÁLCULO DE LA PRESURIZACIÓN DEL ACUMULADOR

Ahora bien, de acuerdo a lo mencionado en el manual "Fluid Power Data Book3" (2006), la presión a la que debe precargarse un acumulador para una aplicación de almacenamiento de energía, debe ser de aproximadamente el 90% de la presión mínima aceptable de trabajo, la cual en este caso debe ser de 900 psi, por lo cual tenemos que la presión a la que debe precargarse nuestro acumulador es de:

$$P = 900 \text{ psi} * 0{,}9 = 810 \text{ psi}$$

La vejiga del acumulador debe cargarse a una presión PV menor que la presión de línea (PL), debido a que esta última debe ser capaz de vencer la presión ejercida por la vejiga para poder cargar el acumulador.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AIRE

El aumento de temperatura de un fluido hidráulico en operación, se debe a que parte de la energía se transforma en calor debido a la resistencia que puede llegar a encontrar el fluido, Roca (1997).

Los fluidos hidráulicos que presenten temperaturas por encima de los 180°F o bien los 82°C, aceleran su degradación y provocaran que se dañen la mayoría de los compuestos con los que se fabrican los sellos. Por un lado, debe evitarse operar sistemas hidráulicos con temperaturas por encima de los 180°F, pero también, la temperatura de un aceite será demasiado alta, si la viscosidad cae por debajo del valor optimo, para el correcto desempeño de los componentes del sistema. Esto puede ocurrir mucho antes de los 180°F, dependiendo del grado de viscosidad del fluido que se esté utilizando.

La laminadora tipo molino reversible de la Figura 5, se encuentra trabajando a una temperatura ambiente de 30°C, mientras que la unidad de potencia hidráulica se encuentra operando a una

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

temperatura de 65°C a 70°C, lo que es inaceptable por las razones antes mencionadas.



Figura 5. Laminadora tipo molino reversible (Autor)

La unidad cuenta con un sistema de enfriamiento por agua que consiste en un intercambiador de calor de tubos. El suministro de agua se hace directamente de la red municipal, ésta viene acompañada con impurezas, como pueden ser sales por ejemplo, las cuales con el paso del tiempo se van incrustando en la tubería, esto trae como consecuencia la disminución del flujo de entrada del fluido, haciendo perder la eficiencia del sistema de enfriamiento por agua. Sin embargo, considerando las desventajas de este sistema en la unidad, se propone sustituirlo por un sistema de enfriamiento, el cual es más eficiente por las siguientes razones:

- No hay riesgo de contacto con el aceite.
- No requiere de un sistema previo de tratamiento.
- Puede ubicarse en cualquier ambiente de trabajo.
- Diseño compacto con mayor capacidad de refrigeración y menor caída de presión.
- Motor de corriente alterna estándar 3 fases, motor dual clasificado para 50 y 60 Hz

Se propone este modelo en específico u otro con características similares debido a los beneficios que trae al sistema y al ahorro económico con el que contribuye, pues de esta manera se evita implementar un sistema alterno de tratamiento de agua y se reducen los gastos por mantenimiento, así como la contaminación del aceite propio de la unidad de potencia hidráulica, VICMEX (2006).

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AIRE

Si tenemos que la bomba gira a 1750 RPM y otorga un total de 57GPM a una presión del sistema de 1000 Psi. De acuerdo con la ecuación 5.

$$HP = (G * P) * 0,0007\ ft{\cdot}in^2\ {\cdot}min/\ gal{\cdot}seg \quad (5)$$

Donde:
HP = Potencia del sistema.
G = gasto volumétrico en galones/minuto.
P = presión del sistema Psi.

Tenemos que el sistema tiene una potencia de:

$$HP = (57\ gal/min * 1000\ lbf/in^2) * 0,0007 ft{\cdot}in^2\ {\cdot}min/\ gal{\cdot}seg = \mathbf{39,9HP} \quad \mathbf{(6)}$$

Ahora bien si comparamos el resultado de la ecuación 5, con la potencia del sistema cuando este alcanza una presión de 1500 psi al momento en el que las válvulas direccionales se encuentran en su posición de centro bloqueado, esta potencia será de:

$$HP = (57\ gal/min * 1500\ lbf/in^2) * 0,0007 ft{\cdot}in^2\ {\cdot}min/\ gal{\cdot}seg = \mathbf{59,85HP}$$

Restando el resultado de la ecuación 5, al resultado de la ecuación 6, tenemos entonces que:

$$\mathbf{\Delta HP = 59,85\ HP - 39,9\ HP = 19,95\ HP}$$

La potencia del sistema cuando éste alcance el mencionado pico de presión de 1500 psi, será 19.95 HP mayor.
Ahora bien, si de acuerdo a la siguiente equivalencia sabemos que:

$$\mathbf{1HP = 2545BTU/h} \quad \mathbf{(7)}$$

Y relacionándolo con el resultado de la ecuación 5, tenemos que la potencia del sistema en BTU/h es:

$$39,9HP = [2545BTU/h\ /1HP] = 101545,5BTU/h \quad (8)$$

Continuando con los datos del proceso, sabemos que el aceite alcanza temperaturas de 70°C, los cuales equivalen a 158°F; la temperatura ambiente tiene una media de 30°C los cuales equivalen a 86°C, podemos determinar que la delta de temperatura es:

$$\Delta t = \text{temperatura del aceite} - \text{temperatura ambiente} = 158°F - 86°F = \mathbf{72°F}$$

De acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Calor a disipar} = \text{potencia del sistema} / \Delta t \quad (9)$$

Donde:
Potencia del sistema = BTU/h
Δt = °F

Tenemos que sustituyendo los resultados de las ecuaciones 7 y 8 en la ecuación 9, la capacidad de disipación de nuestro enfriador deberá ser como mínimo de:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

Calor a disipar = 101545,5BTU/h /72◦F = 1410,35 BTU h /◦F (3.10)

Como podemos observar en la ecuación 8 nuestro sistema de enfriamiento por aire tiene que disipar 1410.35 BTU / h °F con un flujo de 57 gpm. Con estos datos podemos buscar en nuestra gráfica de curvas características de la Figura 6. Donde se representa la capacidad de disipación de los modelos disponibles de sistemas de enfriamiento por aire, con lo cual tenemos que el modelo que corresponde a nuestro sistema es el ULAC 33D®, pero dado que la capacidad máxima de disipación de este modelo está muy cercano a la capacidad requerida, nos vemos en la necesidad de proponer el modelo inmediato superior es cuál es el ULAC 044D®, con lo cual tenemos un rango mayor de disipación, Inacap (2012).

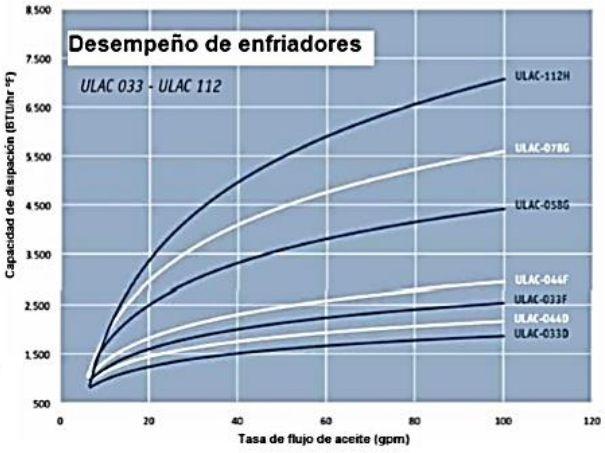


Figura 6. Curvas de disipación de calor (Inacap, 2012)

VÁLVULA DE ALIVIO-DESCARGA

El circuito que se muestra en la Figura 7, muestra la válvula de descarga con la que cuenta actualmente la unidad de potencia hidráulica, ésta válvula cuenta con una señal piloto que proviene de la línea de flujo que está a la entrada de la misma. Esta señal de pilotaje esta calibrada para abrir la válvula a una presión de 1000 psi.

Como podemos observar en la Figura 8, al estar en funcionamiento los pistones que centran el lingote de cobre, la presión suministrada por la bomba se irá directamente hacia ellos, pero una vez que los pistones han dejado de funcionar, se comienza a producir un aumento de presión en la línea entrada de la válvula de descarga debido a que la bomba que se está utilizando es de desplazamiento positivo, lo que quiere decir que el flujo al encontrar un bloqueo, ésta aumentara la presión hasta vencerlo. Es en esta parte del circuito donde entra en funcionamiento el pilotaje de la válvula, al llegar a una presión de 1000 psi nuevamente, esta se abrirá dejando pasar el flujo de aceite hacia el depósito a una presión elevada.

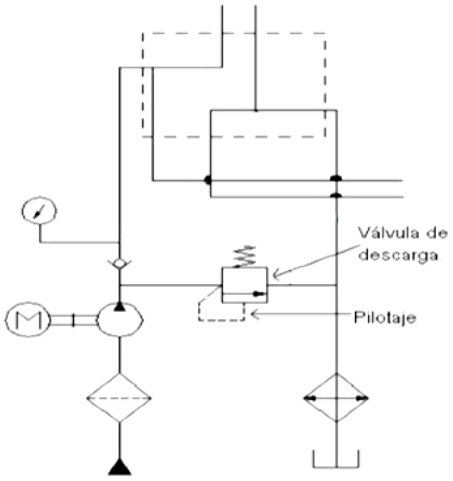


Figura 7. Válvula de descarga del sistema (Autor)

Como se mencionó en el párrafo anterior, el pilotaje de la válvula al detectar 1000 psi hace que ésta se abra para dejar pasar el aceite hacia el depósito pero con una presión muy elevada, una vez que disminuye la presión a menos de 1000 psi, ésta se vuelve a cerrar, lo que ocasiona que mientras los actuadores no estén en funcionamiento, la válvula se esté accionando constantemente, provocando un desgaste mecánico en la misma y un aumento en la temperatura debido al trabajo realizado.

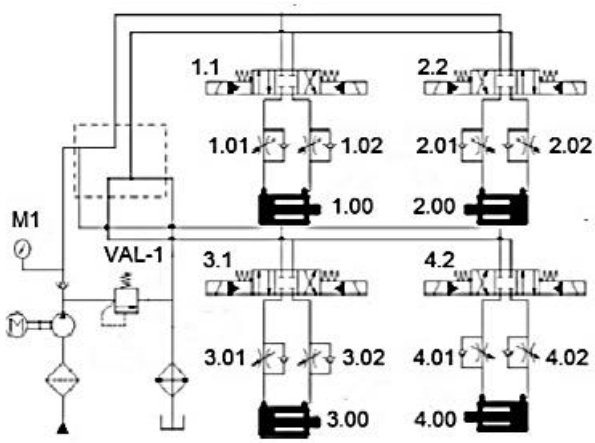


Figura8. Válvulas direccionales en su posición de centro bloqueado (Autor)

En la Figura 9, podemos observar cómo es el comportamiento de la presión al momento en que las válvulas direccionales se encuentran en su posición de centro bloqueado.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

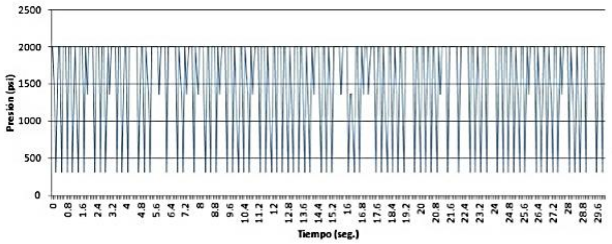


Figura 9. Comportamiento de la presión al momento en que las válvulas direccionales se encuentran en su posición de centro bloqueado (Autor)

SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE ALIVIO - DESCARGA

Estas válvulas se utilizan en circuitos hidráulicos donde se requiere un regulador de presión para descargar automáticamente la bomba y desviar el caudal al depósito a baja presión. Éste tipo de válvula trabaja en conjunto con un acumulador y cuando éste alcanza la presión máxima deseada, se activa la señal piloto de esta válvula. Cuando la presión del acumulador desciende aproximadamente 85% de la máxima deseada, la válvula dirige el suministro de la bomba al acumulador y al sistema hidráulico.

Para seleccionar nuestra válvula no se requiere de un cálculo previo, se requiere saber la aplicación que se necesita, que en éste caso es recircular el fluido a una baja presión hacia el depósito de aceite y el diámetro de la tubería que es de 1 1/4 plg.

Para poder atender el problema del aumento de temperatura del aceite, se propone utilizar una válvula de alivio descarga URT210 de EATON® o una similar en calidad y costo debido a que cumple con los requerimientos necesarios y se ajustan a las necesidades del sistema, EATON (2012).

En la Figura 10, podemos observar que se encuentra colocado el acumulador y la válvula de alivio - descarga con su señal de pilotaje que proviene después de la válvula Check, sobre la línea de alimentación para los pistones y el acumulador.

En la Figura 11, podemos observar como es físicamente una válvula de alivio - descarga instalada en campo.

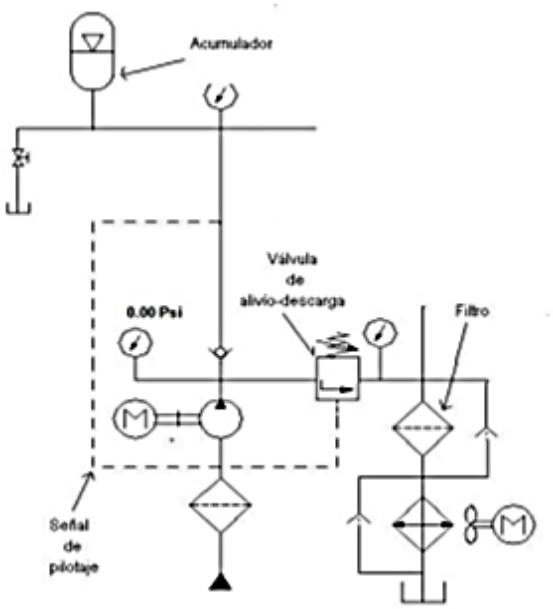


Figura 10. Ubicación del acumulador y la válvula de alivio – descarga (Autor)



Figura 11. Válvula de alivio - descarga instalada en campo (Autor)

FILTRO Y BY PASS DE SEGURIDAD

En el circuito hidráulico actual de la unidad de potencia hidráulica, no se cuenta con un filtro en la línea de retorno que atrape las impurezas con las que se pueda contaminar el aceite.

Se propone un filtro OFRS60® o uno similar en características, calidad y costo ya que un filtro de este tipo está diseñado para su uso en las líneas de retorno de los sistemas hidráulicos. Eliminan los contaminantes de partículas del fluido, lo que mejora el

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

rendimiento y la fiabilidad de los componentes del sistema mientras se extiende su vida útil, Mobil (2012).

En la Figura 12, podemos ver que se encuentra el filtro en la línea de retorno, acompañado de un by pass de seguridad. El objetivo de poner este tipo del filtro es que nos permite integrar un by pass de seguridad el cual está formado por una válvula check C2820, que es el mismo modelo de válvula check con el que ya cuenta el sistema, esto con el objetivo de establecer una condición de seguridad para mantener en óptimas condiciones la unidad de potencia hidráulica.

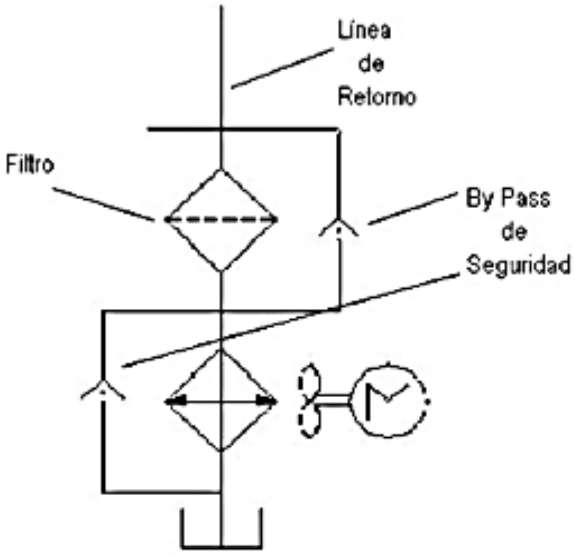


Figura 12. Filtro y by pass de seguridad (Autor)

PROPUESTA DE REDISEÑO DEL CIRCUITO DE LA UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA

Haciendo uso del Software Automation Studio 5.0® hemos podido realizar la simulación del circuito actual de la unidad de potencia hidráulica y de la propuesta que se está haciendo a fín de poder hacer una comparación gráfica. Mediante las gráficas obtenidas de ambos circuitos veremos el comportamiento de la presión la cual nos indicará si se logra una disminución de la temperatura del fluido, logrando de esta forma mantenerlo en óptimas condiciones para el buen funcionamiento de la unidad.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DEL CIRCUITO ACTUAL

Cuando arranca la bomba de paletas comienza a circular el flujo a través de la línea, pasando por la válvula check C2820® calibrada a 65 psi, el flujo sigue circulando hasta llegar a las válvulas direccionales D65S82C®, las cuales si se encuentran en una posición abierta, permitirán a los actuadores moverse hacia delante o hacia atrás con una presión de 1000 psi, presión que pasará por las válvulas reguladoras para controlar la velocidad con la que sale o regresa el pistón. Una vez que los actuadores se encuentran en su final de carrera las válvulas direccionales pasarán a una posición de centro bloqueado. El pilotaje de la válvula de descarga CT06 es directo y se encuentra calibrada a una presión de 1000 psi, cuando pasan a una posición de centro bloqueado las válvulas direccionales, la presión comienza a elevarse debido a que la bomba empieza a ejercer más presión con el propósito de vencer el bloqueo, pero el pilotaje al recibir la señal de 1000 psi hace que se abra la válvula de descarga CT06 mandando el flujo de aceite al depósito con una alta presión. El flujo de aceite antes de llegar al depósito pasa por el sistema de enfriamiento a base de agua, el cual no cuenta con un tratamiento de agua previo para poder enfriar el aceite de forma eficaz. El aumento de temperatura se produce por la constante demanda de potencia de la bomba que genera más presión para que el aceite pueda vencer los bloqueos o estrangulamientos por los que tiene que pasar (Figura 13).

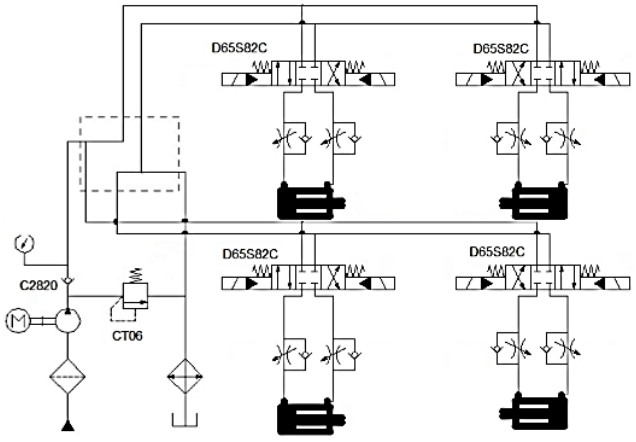


Figura 13. Circuito actual de la unidad de potencia hidráulica (Autor)

En la Figura 13, podemos observar el circuito actual de la unidad de potencia hidráulica y los elementos que lo conforman, en la Figura 14, se puede apreciar el comportamiento que tiene la presión del flujo al momento de encontrarse con un bloqueo. De igual forma como se explicó anteriormente, sucede el mismo comportamiento cuando la válvula de descarga entra y sale de operación de forma constante.

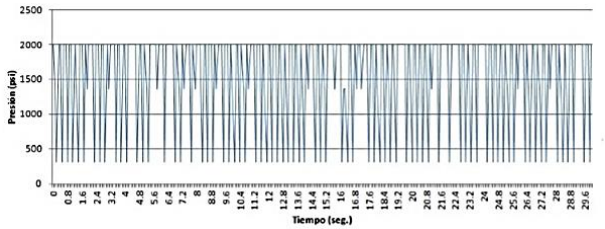


Figura 14. Comportamiento de la presión cuando la línea de flujo está bloqueada (Autor)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

Es importante recordar que la temperatura ambiente de trabajo es de 30°C, sin embargo, la temperatura de operación del sistema debe estar en un rango de 40°C – 45°C, pero por los aumentos de presión y sobre esfuerzo de la bomba por vencer los bloqueos de la línea, la temperatura se eleva a un rango de operación de 65°C – 70°C, lo que provoca el calentamiento del aceite y que éste comience a perder viscosidad, generando fugas de aceite , registrándose pérdidas de hasta 200 litros por semana. Tomando en consideración las justificaciones de los elementos que se proponen para rediseñar el circuito hidráulico de la unidad de potencia, se desarrolló la solución.

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DEL CIRCUITO PROPUESTO

Cuando arranca la bomba de paletas, comienza a suministrarse el flujo de aceite con una presión de 1000 psi pasando por la válvula check C2820® calibrada a 65 psi, hasta llegar a las válvulas direccionales D65S82C® las cuales al abrirse, permiten el paso de flujo hacia los pistones para que estos hagan su recorrido hasta llegar a su final de carrera, el flujo de aceite continua por la línea de retorno pasando por el filtro OFRS60® y por el sistema de enfriamiento por aire para llegar nuevamente al depósito.

Si comienza a suministrarse el flujo de aceite y las válvulas direccionales D65S82C® se encuentran en una posición de centro bloqueado, la bomba de paletas comenzará a ejercer más presión para intentar vencer el bloqueo, en el momento que se presenta este caso, comienza a llenarse el acumulador el cual cuenta con una cámara cargada a 810 psi de nitrógeno. Una vez que la señal de pilotaje detecta que hay una presión de línea de 1000 psi, hace que la válvula de alivio - descarga URT210® se abra para que el aceite pueda ser recirculado hacia el depósito, reduciendo la presión con la que regresa, de esta manera se logra evitar el sobre esfuerzo de la bomba por querer vencer el bloqueo de las válvulas direccionales, a su vez se evita que la válvula de alivio – descarga este en constante funcionamiento provocando un desgaste mecánico continuo, ya que la señal piloto proviene de la línea posterior a la válvula check C2820®, lo cual quiere decir que la presión de 1000 psi se mantendrá aun cuando la bomba este descargando hacia el tanque, esto debido a que el aceite hidráulico no podrá regresar a través de la válvula check.

Una vez que las válvulas direccionales D65S82C® vuelven a abrirse para dejar pasar el flujo, el aceite presurizado en el acumulador sale para suministrar presión a los pistones para que estos nuevamente comiencen a operar, cuando esto sucede, de manera inmediata la señal de pilotaje deja de detectar 1000 psi y es cuando se cierra la válvula URT 210® para que el flujo pueda ser dirigido nuevamente a sistema y al acumulador.

Como podemos observar en la Figura 15, tenemos dos válvulas check C2820® en paralelo con el filtro y el sistema de enfriamiento por aire, estas dos válvulas fungen como un by pass de seguridad, se encuentran calibradas a una presión de 65 psi y entraran en funcionamiento cuando el filtro OFRS60® llegue a taparse, generando un aumento de presión, o se llegue a tapar la línea que va al sistema de enfriamiento por aire o este deje de funcionar, respectivamente.

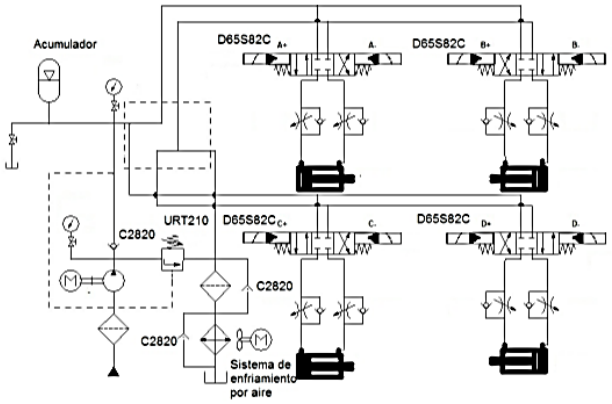


Figura 15. Propuesta de rediseño del circuito de la unidad de potencia hidráulica (Autor)

En la Figura 16, haciendo uso del programa Automation Studio 5.0®, podemos observar nuevamente el comportamiento de la presión. Si hacemos una comparación con la gráfica de la Figura 16, nos damos cuenta de que la presión del sistema presenta ahora un comportamiento estable, esto se logra mediante el rediseño del circuito hidráulico, implementando en la simulación las mejoras propuestas.

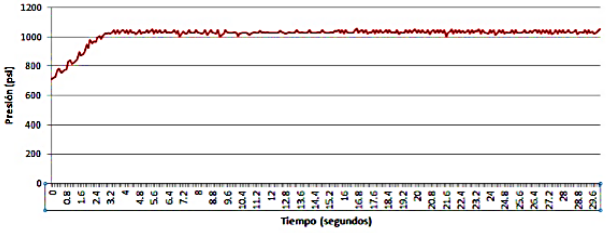


Figura 16. Comportamiento de la presión en la propuesta de rediseño del circuito hidráulico (Autor)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al controlar la presión para mantenerla en un rango adecuado de operación se evita que haya aumentos en la misma, alcanzando picos muy elevados de hasta 1500 psi, esto se traduce en una disminución del aumento de la potencia del sistema. Esta disminución se logra debido a que el flujo ya no encuentra restricciones constantes a su paso, restricción que era producida por la apertura y cierre constante de la válvula de descarga generando así los aumentos de presión para poder vencer el bloqueo y el aumento de la temperatura. Es así como se logra mantener el aceite a una temperatura nominal, lo que le permite

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-01, pág.: 1 a la 9.

conservar sus propiedades químicas, aptas para desempeñar su trabajo dentro del proceso.

CONCLUSIONES

En la propuesta realizada de rediseño del circuito hidráulico de la unidad de potencia de la laminadora, se puede observar mediante las gráficas presentadas, la estabilidad que presenta la presión al usarse los elementos propuestos.

Al conseguirse un comportamiento estable en la presión y un funcionamiento adecuado del circuito hidráulico, podemos concluir que ya no se tiene un sobre esfuerzo de la bomba, es decir, ya no genera más trabajo para suministrar mayor presión y así poder vencer los bloqueos de las válvulas direccionales.

Podemos concluir en este trabajo que el objetivo planteado se cumplió, esto se refleja en los resultados obtenidos que se presentan.

REFERENCIAS

EATON Centroamérica y Caribe (2012) División Eléctrica, Productos y Servicios, Residencial, Switch de presión. Extraído el 27 de octubre de 2012 de: http://www.eaton.do/Caribbean/DivisionEléctrica/Productos/Residencial/SwitchdePresión/index.htm

INACAP, Manual de hidráulica y Neumática (2012). Instituto Nacional de Capacitación Profesional Santiago de Chile.

Mobil (2012). Mobil oils, aceites hidráulicos 2012. Extraído el 2 de octubre de 2012 de: http://www.mobil.com/USAEnglish/Lubes/PDS/GLXXENINDMOMobil DTE 20 Series.aspx

Roca Ravell Felipe (1997). *Oleo hidráulica básica: diseño de circuitos*, Ediciones UPC, Barcelona.

Tremps E. Guerra, José L. Enríquez Berciano, Daniel Fernández Segovia y Susana de Elio de Bengy (2010). *Monografías sobre tecnología del acero. Parte IV*, Madrid.

VYCMEX México S.A. de C.V (2006). *Fluid Power Data Book*, Womack Educational Publications, Dallas Texas, November.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ricardo Navarro Soto, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

María de Jesús Velázquez Vázquez, Licenciada en Economía egresada de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Ciencias en Educación, Especialista en Finanzas por la Escuela superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional, Candidata a Doctora en Ciencias de Sistemas por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

Martín Dario Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN. Doctor en Ciencias graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

Sistema de actuadores hidráulicos para el ahorro de energía en puertas abatibles

Ricardo Navarro Soto, María de Jesús Velázquez Vázquez, *Martín D. Castillo Sánchez**

RESUMEN

En este trabajo se diseñó, demostró y propuso el cambio de un sistema eléctrico común de apertura y cierre de puertas automáticas a un sistema que les permitiera a los usuarios un ahorro energético por medio de actuadores hidráulicos. Se creó un prototipo a escala del sistema de actuadores hidráulicos. En dicho prototipo se simularon y se analizaron dos alternativas de diseño del sistema, se midieron los parámetros eléctricos necesarios de cada elemento que contenía el sistema eléctrico común de apertura y cierre de puertas, y del nuevo sistema propuesto con actuadores hidráulicos. Posteriormente con los datos que se obtuvieron, se calculó el consumo energético en KWH (Kilo Watt-Hora) del sistema eléctrico común para obtener el costo que le genera al usuario por bimestre. Para poder tener la comparativa y demostrar el ahorro energético que puede ofrecer la implementación del sistema propuesto con actuadores hidráulicos, se realizó también el cálculo de su correspondiente consumo energético. Finalmente, al tener los datos y un análisis costo-beneficio se demostró el ahorro energético y el ahorro económico que representa el sistema por actuadores hidráulicos en comparación con el sistema actual de apertura de puertas automáticas.

ABSTRACT

In this work, the change from a common electrical system for opening and closing automatic doors to a system that would allow users to save energy through hydraulic actuators was designed, demonstrated and proposed. A scale prototype of the hydraulic actuator system was created. In this prototype, two system design alternatives were simulated and analyzed, the necessary electrical parameters of each element that contained the common electrical system for opening and closing doors, and the new proposed system with hydraulic actuators were measured. Subsequently, with the data obtained, the energy consumption in KWH (Kilo Watt-Hour) of the common electrical system was calculated to obtain the cost it generates for the user per two-month period. In order to have the comparison and demonstrate the energy savings that the implementation of the proposed system with hydraulic actuators can offer, the calculation of its corresponding energy consumption was also carried out. Finally, by having the data and a cost-benefit analysis, the energy savings and economic savings that the systems using hydraulic actuators represents compared to the current automatic door opening system were demonstrated.

Palabras clave: Actuadores, automatización, ahorro de energía, simulador

INTRODUCCIÓN

Al realizar un análisis de las condiciones en las que se encuentra el sistema actual de puertas automáticas del edificio contemplado, se encontró principalmente que se tiene una percepción de altos costos en el recibo de consumo energético ocasionado por el uso frecuente del sistema de puertas automáticas. Por otro lado, la falta de mantenimiento del sistema actual hace que el desempeño del sistema ya no sea con la calidad esperada, por lo que los usuarios que utilizan estas puertas automáticas, han analizado el bloquear una puerta con el fin de bajar sus costos y que sea más rápido el poder acceder o desalojar el edificio. Otra situación es la falla mecánica de un solenoide inferior, el cual tiene la función principal de mantener cerradas las puertas sin importar que personas externas al edificio quieran entrar al edificio sin autorización.

Es por ello que al proponer un sistema alternativo de puertas automáticas se pueden solucionar las problemáticas que se detectaron en el análisis de condiciones presentes del sistema actual, utilizando elementos sencillos de fácil alcance que al colocarles una lógica de programación y una interfaz amigable al usuario puedan tener un sistema de puertas automáticas útil y a bajo costo, en comparación a un sistema comercial de puertas automáticas. El objetivo de este trabajo es generar una propuesta de implementación de un sistema de actuadores hidráulicos en el edificio mencionado anteriormente, de igual manera diseñar y construir un prototipo a escala de las puertas automáticas incluidas en el edificio para poder probar y simular el sistema propuesto.

SISTEMAS HIDRÁULICOS

La mayoría de los hogares o complejos departamentales cuentan con un suministro de agua potable proporcionado por el gobierno federal a través de sus dependencias como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). De igual manera se cuenta con una red de distribución, la cual consta de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde la distribución hasta las tomas domiciliarias, con la finalidad de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial e industrial, Olayo (2013). La red de distribución debe proporcionar este servicio todo

* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Academia de Mecánica, Economía, Control y Automatización. M en C. Ricardo Navarro Soto. C. Dr. María de Jesús Velázquez V. Dr. Martín Castillo S. mcastillos@ipn.mx

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada.

HIDRÁULICA

La hidráulica es la ciencia que forma parte de la física y comprende la transmisión, regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. Es decir, se utilizan líquidos, en este caso agua, para transmitir energía hacia un objetivo específico. La ventaja que se tiene al emplear la energía hidráulica hacia un sistema es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas utilizando pocos elementos para ese fin.

PRESIÓN HIDRÁULICA

La potencia hidráulica proporciona una de las maneras más simples y potentes de producir cantidades considerables de fuerza en un espacio reducido utilizando la presión de un fluido hidráulico para generar fuerza, IDQ. S.A (2016).

SISTEMA MECÁNICO

Un mecanismo es un conjunto de elementos, conectados entre sí por medio de articulaciones móviles y cuya misión es la de:

- ❖ transformar una velocidad en otra velocidad, de mayor o menor cantidad
- ❖ transformar una fuerza en otra fuerza
- ❖ transformar una trayectoria en otra diferente o
- ❖ transformar un tipo de energía en otro tipo distinto, Zúñiga (2015).

En base a esta definición se pueden clasificar los mecanismos en dos grandes grupos, Aprendemos tecnología (2009).

- ❖ Mecanismos de transmisión del movimiento, los cuales pueden ser agrupados en dos grandes grupos:

a) Mecanismos de transmisión circular:

En este caso, el elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimiento circular, Delgado (2013). Ejemplo: Los sistemas de engranajes como se muestra en la figura 1.

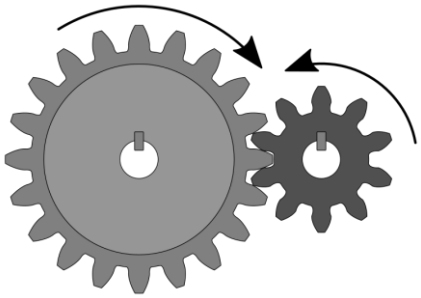


Figura 1. Sistemas de engranajes (Pardo, 2022)

b) Mecanismos de transmisión lineal: En este caso, el elemento de entrada y el elemento de salida tienen movimiento lineal. Ejemplo: La palanca (figura 2).

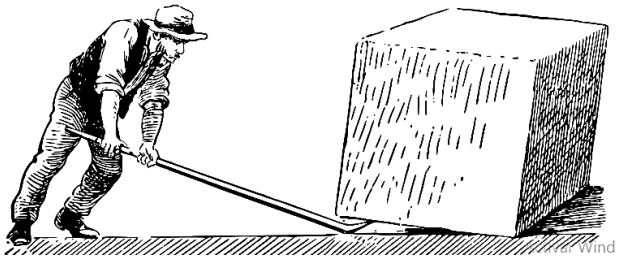


Figura 2. La Palanca (Pérez Porto, 2023)

Los mecanismos (y por extensión los sistemas mecánicos) constan de los siguientes elementos básicos:

- ❖ Sistema motriz o sistema de entrada: recibe la energía de entrada, la cual será transformada o transmitida.
- ❖ Sistema transmisor: medio que permite modificar la energía o el movimiento proporcionado por el sistema motriz.
- ❖ Sistema receptor o sistema de salida: realiza el trabajo con la salida que le proporciona el sistema transmisor, y es el objetivo del sistema mecánico.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR POLEAS

Los sistemas de transmisión se encargan de transmitir movimientos de giro entre ejes alejados. Están formados por un árbol motor (conductor), un árbol resistente (conducido) y otros elementos intermedios que dependen del mecanismo particular.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR POLEAS Y EL USO DE CONTRAPESOS

Un uso común de ingeniería moderna de un sistema de poleas, es la elevación de alguna carga por medio de un ascensor o elevador. Sin el uso de poleas, un ascensor requeriría un gran motor para tirar del cable hacia arriba. En lugar de utilizar un gran motor, algunos ascensores utilizan un peso determinado que se aprovecha por su misma gravedad para ayudar a elevar la cabina del ascensor como se muestra en la figura 3. En esta situación, el motor de alimentación puede ser mucho más pequeño y sólo se utiliza para determinar la dirección del ascensor al que debe ir.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

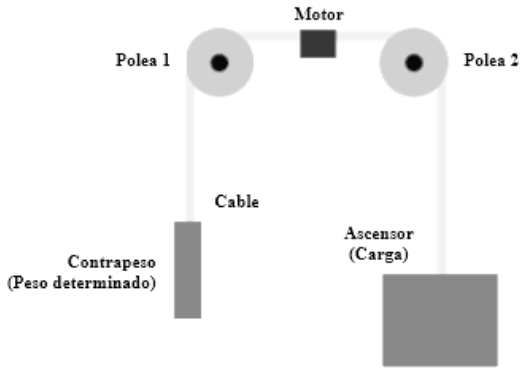


Figura 3. Adición de un contrapeso y dos poleas con un motor en el medio hace un ascensor más fácil de mover (Chegg, 2024)

Las poleas, en este caso específico, ayudan a cambiar la dirección de la fuerza que se usa para levantar un objeto. Mediante el uso de una polea no se tiene que tirar hacia arriba de una cuerda para levantar un objeto pesado que se le atribuye, sino que se puede tirar hacia abajo.

AUTOMATIZACIÓN

Se define Automatización como el desempeño de operaciones automáticas dirigidas por medio de comandos programados con una medición automática de la acción, retroalimentación y toma de decisiones. Parte de la automatización consiste en un programa para determinar el orden de los eventos así como para instruir al sistema sobre cómo debe realizarse cada uno de los pasos de la operación. La computadora ofrece la forma más flexible de programación; por esto en la actualidad la automatización está asociada con el control por computadora. El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas industriales, agrícolas, domesticas, administrativas o científicas. [20]

COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN

Los principales componentes de la automatización son los sensores, transductores, los captadores, pre-accionadores, y accionadores como motores y arrancadores; así como los órganos de tratamiento de la información; en particular el dispositivo de control y la computadora u ordenador, Ortiz (2009).

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- ❖ Parte de mando
- ❖ Parte operativa

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, Ruedas (2015).

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), que utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado, el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado, Ruedas (2009).

ANTECEDENTES

El avance de la tecnología para mejorar la calidad de vida del ser humano ha cambiado constantemente en los últimos años. Una de tantas aplicaciones de este avance tecnológico está enfocada en los hogares, implementando la automatización comúnmente en las puertas de estacionamiento, aportando muchas ventajas para la gestión diaria del hogar y para la comodidad de las personas que viven allí. Automatizar la apertura y cierre de las puertas de estacionamiento, es más cómodo, rápido y seguro. Los sistemas que actualmente se comercializan permiten que el usuario pueda entrar a su casa sin necesidad de bajar del coche, gracias a un control remoto mediante el mando a distancia en la mayoría de los casos.

Hoy en día, la mayoría de las puertas automáticas son accionadas mediante un dispositivo eléctrico o electrónico. Normalmente el funcionamiento de estas puertas automáticas consiste en un interruptor o acción de mando el cual envía una señal hacia el actuador (motor eléctrico) y a su vez éste se conecta a la red eléctrica y así convertir la energía eléctrica en energía mecánica necesaria para abrir la puerta.

DESARROLLO

El sistema está compuesto por los subsistemas que se mencionan a continuación:

- Mecánico
- Hidráulico
- Eléctrico
- Automatización

SUBSISTEMA MECÁNICO

Para la integración de este sistema, se consideran los siguientes elementos:

- Armado del carro
- Ubicación de las poleas para la transmisión
- Ubicación de la “Y” para la apertura
- Desplazamiento del riel
- Desplazamiento de los contrapesos

INTEGRACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Una vez que se tuvo la base del prototipo, se procedió a la integración del subsistema mecánico.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

En las figura 4, se tiene la vista frontal del prototipo con la del riel, el carro y los brazos que conforman a la "Y". Por lo que la distribución final de las poleas se muestra en la misma.



Figura 4. Distribución final de las poleas (Fuente, Autor)

SUBSISTEMA HIDRÁULICO

El segundo subsistema del prototipo, es el hidráulico el cual proporciona la energía que se refleja en la fuerza que se necesita para realizar la apertura y cierre de las puertas abatibles. Debido a que mientras se tenga un nivel mayor en el segundo tanque de contra peso se obtiene una fuerza la cual se transmite a través de las poleas y de esta forma se logra la apertura. Disminuyendo el nivel de este tanque de contrapeso hasta llegar a un nivel cero, es aquí cuando se logra el cierre de la puerta.

Para la integración de este subsistema, se consideran los siguientes elementos:

• Armado de las electroválvulas
• Conexión de los elementos del subsistema hidráulico

Habiéndose armado las electroválvulas, se prosiguió a pegarlas en las bases que se hicieron de Sintra. Esto con la finalidad de que el obturador de las electroválvulas se moviera sin ningún inconveniente. Ver figura 5.



Figura 5. Electroválvula en base (Fuente, Autor)

Después de que se instalaron las electroválvulas, se prosiguió a colocar las secciones de manguera de 70 y 60 centímetros de longitud. Para ello en la electroválvula que se instaló en el lado izquierdo se colocó la sección de 70 centímetros y en la electroválvula del lado derecho se colocó la sección de 60 centímetros y de esta forma se conectaron a los tanques de contrapesos. Como se observa en la figura 6.



Figura 6. Conexión de electroválvulas superiores con contrapesos (Fuente, Autor)

SUBSISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Este subsistema con respecto al prototipo se enfocará principalmente en tres puntos:

1) Diseño y configuración de la HMI en Android
2) Configuración de la red inalámbrica por Bluetooth entre el dispositivo móvil y el módulo HC-05
3) Diseño de la programación del controlador Arduino UNO para la activación de los dispositivos de salida que conforman el control de accesos y la seguridad para personas externas del sistema de actuadores hidráulicos.

DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA HMI EN ANDROID

Para el diseño de la HMI en Android se empleó el software en línea "App Inventor 2". Para su diseño, el cual se visualizará en cualquier dispositivo móvil, se emplearon los diferentes recursos que cuenta "App Inventor 2" en su pantalla "Designer" como se observa en la figura 7.



Figura 7. Diseño en App Inventor (Fuente, Autor)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

Una vez colocados los elementos que son necesarios para que el usuario pueda interactuar con la interfaz fácilmente, es necesario realizar una lógica de bloques (figura 8).

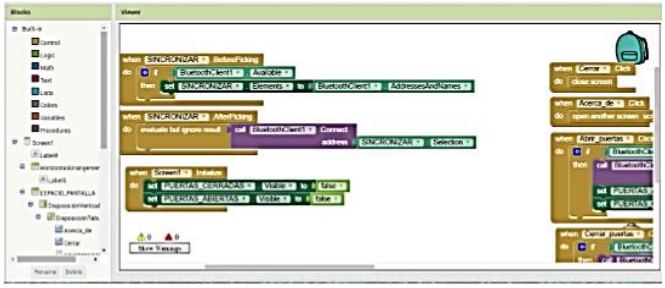


Figura 8. Programación en App Inventor por bloques (Fuente, Autor)

En dicha programación para Android, se colocaron bloques estratégicos para establecer una comunicación entre el Bluetooth del dispositivo móvil y el módulo HC-05 de Bluetooth que se empleará en la propuesta. Una vez terminado el diseño de la interfaz y la programación por bloques, se produjo un archivo ".apk" el cual puede ser ejecutado por el dispositivo móvil como cualquier otra aplicación.

CONFIGURACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA POR BLUETOOTH

El dispositivo a emplear para establecer comunicación vía Bluetooth es el módulo HC-05. Las ventajas que se tienen al contar con este módulo es que la configuración inicial del equipo ya está realizada desde fabrica, gracias a esto, solo es necesario conectar hacia el controlador elegido anteriormente, es decir, hacia el Arduino UNO como se muestra en la figura 9.

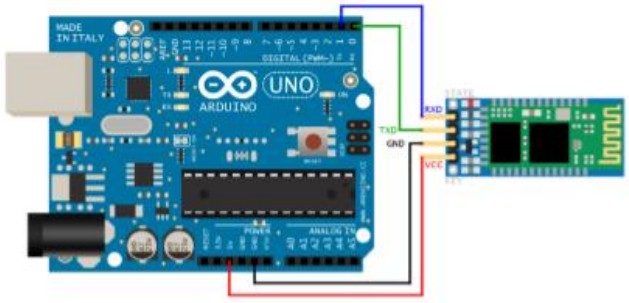


Figura 9. Conexión entre Arduino y Bluetooth (Fuente, Autor)

Después, para corroborar el funcionamiento del módulo HC-05, se realizó un programa de prueba en una aplicación existente llamada "Bluetooth Serial Controller" con el cual se encendía y se apagaba un led, indicando que hay comunicación entre el teléfono celular, el módulo Bluetooth y el accionamiento de un led integrado en Arduino como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Prueba de sincronización entre dispositivo móvil y módulo HC-05 (Fuente, Autor)

Al verificar el funcionamiento del módulo, se procede a generar la programación necesaria para el accionamiento del sistema de actuadores hidráulicos.

DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR ARDUINO UNO

Primeramente en la rutina de programación se establecieron comandos específicos para recibir la señal del dispositivo móvil hacia el módulo HC-05. A la par fue necesario definir los requerimientos que el sistema necesita para así saber que dispositivos accionar o no para lograr el objetivo planteado. Ver figura 11 y tabla 1.

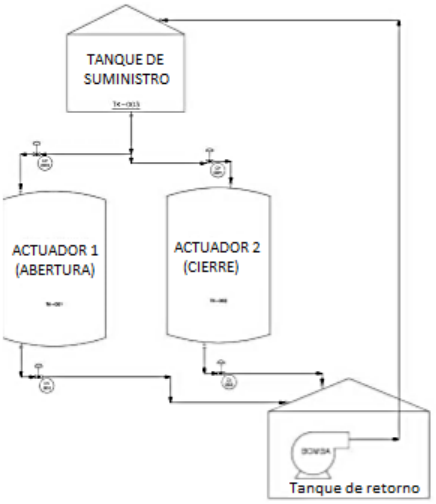


Figura 11. Sistema de actuadores con las válvulas de control (Fuente, Autor)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-03, pág.: 1 a la 7.

Tabla 1. Salidas del sistema con la lógica necesaria para el funcionamiento esperado

ABRIR PUERTAS		CERRAR PUERTAS (Estado Inicial)	
Válvula 1	Cerrada (0°)	Válvula 1	Abierta (95°)
Válvula 2	Abierta (17°)	Válvula 2	Cerrada (80°)
Válvula 3	Abierta (0°)	Válvula 3	Cerrada (85°)
Válvula 4	Cerrada (20°)	Válvula 4	Abierta (87°)
Solenoide de seguridad	Desactivado	Solenoide de seguridad	Activado

Una vez que se estableció la comunicación entre los dispositivos y la generación de un código de posición de la válvula con respecto a una acción mandada por el dispositivo móvil (figura 12), se realizaron pruebas de posicionamiento de las válvulas para establecer límites de movimiento.



Figura 12. Programa de Arduino enlazando Bluetooth y la HMI (Fuente, Autor)

De acuerdo a los datos obtenidos y al costo del Kilo-Watt se obtuvo la tabla 2, en la que se muestra el consumo en pesos mexicanos en un mes de operación.

Tabla 2. Tabla de costos de consumo del sistema actual y el propuesto en un mes

Sistema	KWH	Costo/KWH ($ 0.793)
Actual (Eléctrico)	4.210	3.34
Propuesto (Hidráulico)	0.0143	0.011
	Diferencia	3.329

En la tabla 2, se observa que hay un ahorro de energía de más del 99% por parte del sistema propuesto.
Finalmente en la tabla 3, se enlistan las ventajas, y costos entre el sistema actual y el propuesto en diferentes tópicos, en los que se muestra que todos son a favor del sistema hidráulico que se propone.

Tabla 3. Tabla de costos entre el sistema actual y el propuesto

Sistema	Actual (eléctrico)	Propuesto (hidráulico)	Diferencia
Costo por instalación del sistema $ MN	23, 780.00	15,008.90	8,771.10
Costo del consumo eléctrico $ MN	3.34	0.011	3.329
Costo por sistema de emergencia para falta de energía eléctrica	3,500.00	200.00	3,300.00
Costo por Mantenimiento $ MN	750.00	135.00	4 615.00
	1,000.00	0.00	1,000.00

CONCLUSIONES

Se realizó la propuesta de un diseño y construcción de un mecanismo para la apertura y cierre de puertas, el cual tuvo un buen desempeño al combinarse con un juego de poleas, dado que cumplió con la misma función de un sistema convencional.
El implementar este sistema tiene como ventaja el abrir y cerrar la puerta, cuando se requiera abrir la puerta o cerrarla se activarán dos válvulas independientemente del caso, que estarán consumiendo energía eléctrica en el tiempo que les lleve cambiar de estado la válvula, además, ante este cambio en la carga de la puerta el sistema únicamente cambiará el volumen de llenado de los contrapesos para seguir operando.
Se concluye que el considerar riesgos en el sistema hidráulico en caso de quedar sin suministro de agua en los tinacos, o la probabilidad de intento de abrir la puerta por parte de una persona externa, se implementó un seguro que se activa una vez que la puerta está cerrada, para garantizar que nadie pueda abrir la puerta sin autorización, además se instaló un tanque de almacenamiento de agua con la capacidad de abastecer al sistema por aproximadamente 8 días (debido a que pasando ese tiempo se empiezan a reproducir bacterias en el agua) mediante la recirculación del agua de contrapesos a tanque.

REFERENCIAS

Aprendemos tecnología (2009), *¿Qué son los mecanismos?* [En línea]: https://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/
Chegg (2024). *Elevador de masa.* En línea, obtenido de: https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/el-carro-elevador-de-masa-790-mathrm-~kg-sube-con-el-motor-mediante-un-sistema-de-poleas-s-q119909589
Delgado Rojas Karen (2013), *Sistemas de transmisión del movimiento* [En línea]: https://sites.google.com/site/tecnoindus1/p-3
IDQ, S.A (2016). *Principios básicos de Hidráulica.* [En línea]: https://www.idqsa.net/loque-nosotros-sabemos/principios-basicos-de-hidraulica/
Olayo Arias Erick (2013), *Actuadores neumáticos e hidráulicos.* [En línea]: http://iem-chn.blogspot.mx/2013/09/23-actuadores-neumaticos-e-hidraulicos.html
Ortiz Yañez Ruben (2009), *Unidad II: Principio básicos de control y automatización; su aplicación en el edificio inteligente, Control eléctrico en los sistemas de edificios inteligentes.* INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (pp. 73-151
Pardo Martín Carlos Félix (2022). *Engranaje de corona y piñón.* En línea, obtenido de: ttps://www.picuino.com/es/_sources/mecan-ngranajes.rst.txt
Pérez Porto Julián y Ana Gardey (2023). *Palanca - Qué es, clasificación, definición y concepto*. Disponible en https://definicion.de/palanca/
Ruedas Carlos (2015), *Automatización industrial: Áreas de aplicación para ingeniería* [En línea]: http://documents.mx/documents/ppt-automatizacion.html
Ruedas Carlos (2009), *Automatización Industrial.* [En línea]: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf
Zuñiga-Andrés Pinto Ramón, Sergio Maureira (2015), *Mecanismos de transmisión*. [En línea]: https://sites.google.com/site/smaureira/mecanismos-1

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ricardo Navarro Soto, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

María de Jesús Velázquez Vázquez, Licenciada en Economía egresada de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Ciencias en Educación, Especialista en Finanzas por la Escuela superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional, Candidata a Doctora en Ciencias de Sistemas por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

Martín Dario Castillo Sánchez, Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco del Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN. Doctor en Ciencias graduado de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco del IPN.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

Automatización de un sistema de control de indexado

***Pedro Francisco Huerta González*[1], Ivone Cecilia Torres Rodríguez[2], René Tolentino Eslava[3]**

RESUMEN

Los sistemas de producción utilizados en la actualidad deben ser capaces de controlar y coordinar variables como velocidad, posición y aceleración en diferentes máquinas con diversos motores, a fin de realizar tareas específicas; para lograr esto, hasta antes de la aparición del control de movimiento se valían de engranajes, levas mecánicas y manivelas, sin embargo, dichas estructuras trae como consecuencia un desgaste mecánico al existir fricción entre piezas, aunado a otros factores como temperatura y resistencia. Es así como a fin de reducir la necesidad de mantenimiento, lubricación y cambio de piezas a los mecanismos, se evolucionó hacia controladores y accionamientos de servomotores que operan de manera electrónica sustituyendo las piezas mecánicas, con lo que se alcanza mejores resultados y un manejo adecuado de los procesos. El control de movimiento se basa en esta tecnología para describir rangos de aplicaciones que requieren distintos grados de precisión en aquellos casos que implican actividad. Estos son útiles en toda industria; no obstante, en México se encuentran con mayor frecuencia en empaquetadoras, paletizadoras y bandas transportadoras para los sectores de alimentos, bebidas, metal en corte o bobinado de cable, por mencionar algunos. Un factor importante este campo es el movimiento indexado, utilizados en aplicaciones donde se necesita de una precisión alta si el proceso así lo requiere, para lo cual, se hace uso de servocontroladores, servodrives y servomotores para hacer la tarea requerida. Por esta razón, se propone la automatización de un sistema de control de movimiento utilizando la herramienta de indexado ya que surge la necesidad de crear sistemas de producción capaces de controlar y coordinar variables como velocidad, posición y aceleración en diversos ejes de los servomotores, a fin de realizar tareas específicas y conservando la misma eficacia de control.

ABSTRACT

The production systems used today must be able to control and coordinate variables such as speed, position and acceleration in different machines with different motors, in order to perform specific tasks; To achieve this, until before the appearance of motion control, they used gears, mechanical cams and cranks, however, these structures result in mechanical wear due to the existence of friction between parts, combined with other factors such as temperature and resistance. Thus, in order to reduce the need for maintenance, lubrication and changing parts of the mechanisms, it evolved towards controllers and servomotor drives that operate electronically, replacing mechanical parts, thereby achieving better results and proper handling of the processes. Motion control relies on this technology to describe ranges of applications that require different degrees of precision in cases involving activity. These are useful in every industry; However, in Mexico they are found more frequently in packaging, palletizers and conveyor belts for the food, beverage, metal cutting or cable winding sectors, to name a few. An important factor in this field is indexed movement, used in applications where high precision is needed if the process requires it, for which servo controllers, servo drives and servo motors are used to perform the required task. For this reason, the automation of a motion control system using the indexing tool is proposed since the need arises to create production systems capable of controlling and coordinating variables such as speed, position and acceleration in various axes of the servomotors, to in order to perform specific tasks while maintaining the same control effectiveness.

Palabras claves: Control de Movimiento, Movimiento indexado, Servocontrolador, Servodrive, Servomotor.

INTRODUCCIÓN

El control de movimiento es indispensable para la industria, ya que se implementa en todo tipo de procesos, el movimiento indexado es uno de los más importantes ya que se necesita de una precisión muy alta. El hacer el control de movimiento indexado requiere de un controlador y servodrive para hacer que el servomotor realice la tarea requerida.

Con esto, se pretende que mediante el movimiento indexado por medio de un servodrive Kinetix 300 se pueda simplificar altos costos, por otra parte, con el servodrive se realizara una conexión mediante un protocolo Ethernet/IP el cual facilitara la conexión con el servodrive, ya que para poder configurarlo solo se necesitara el uso de cualquier PC que tenga un puerto ethernet, las comunicaciones por este protocolo han sido ampliamente aceptadas y adoptadas, es una tendencia por los fabricantes de las máquinas por lo tanto se está estandarizando todo en las fábricas a esta red.

[1]Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. phuerta@ipn.mx, Maestro en Ciencias.
[2] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. ictorres@ipn.mx, Maestra en Ciencias.
[3] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. rtolentino@ipn.mx, Maestro en Ciencias.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

De esta manera se logrará que la conexión sea estandarizada en una sola red de comunicación para facilitar la puesta en servicio, la configuración y el inicio. Por lo cual se pretende explotar los beneficios que ofrece el servodrive Kinetix 300 para el movimiento indexado y por su parte ofrece una gran variedad de ventajas como lo son algunas de estas:

- Se elimina la necesidad de tener una red dedicada para control de movimiento.
- Cuenta con una fácil configuración y puesta en marcha de la máquina a través de servodrive, servomotor y actuador.
- Habilita la integración del control sobre una solución de Ethernet/IP incluyendo HMI.
- Ofrecen control de movimiento coordinado.

Por otra parte para ayudar a proteger al personal y aumentar la productividad, el servodrive Kinetix 300 tiene la capacidad desactivación segura, tareas como la instalación de la máquina, la limpieza, la eliminación de atascos y otros trabajos de mantenimiento típicos que antes requerían condiciones de apagado, ahora con este servodrive se pueden realizar sin quitar la energía de todo el equipo, la salida del servodrive se puede desactivar de forma segura, lo que permite un reinicio más rápido y un tiempo de inactividad más corto.

Es por esto que se decide trabajar con este servodrive ya que de igual manera cuenta con una compatibilidad adecuada con los servomotores de la serie TLYA130T que para esto será el que se utilizara ya que es un servomotor con alta precisión, alto par, cuenta con varios modos de control y es pequeño. Ya que a diferencia de los otros motores el servomotor "cuenta con un sistema de realimentación (encoder), el cual le indica al servo drive (controlador del servomotor) la posición en la que se encuentra el eje del servomotor y le corrija la posición, en caso de que no fuese la correcta, de este modo, puede enmendar (en tiempo real) los errores de posición, y obtener una alta precisión" (Dorf & Bishop, 2021).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo, se contemplaron dos casos de aplicación que genera movimientos indexados, con el cual, se emulan diferentes ritmos de operación de máquinas o estaciones de trabajo. Se seleccionó un servodrive (Kinetix 300) para suministrar la energía al servomotor y un Controlador de Automatización Programable (CompactLogix 5370 1769-L36ERM) para realizar el control del sistema (**Figura 1**).

En la **Tabla 1**, se muestran las características más importantes de cada dispositivo.



Figura 1.- Servodrive y Controlador empleado.

Tabla 1.- Características específicas de los dispositivos.

Dispositivo	Modelo	Características
Servomotor	TLY-A130T	6000 rpm 0.041 Kw de salida 0.325 Nm Par de torsión 1.85 A de corriente continua.
Servodrive	Kinetix 300	Indexing: Movimientos S-Curve y trapezoidal. 32 indexados disponibles. Entrada analógica de referencia 12 entradas digitales 5 salidas digitales 0.4 kW (monofásico de 127 V)
Controlador de Automatización Programable PAC	CompactLogix L36ERM	Fuente de Poder 1769-PA4 Entradas digitales 1769-IQ16 Salidas digitales 1769-OW16 Entradas analógicas 1769-IF8 Salidas analógicas 1769-OF2

Una vez que se seleccionaron los dispositivos, se realizaron las conexiones eléctricas de potencia y control, para lo cual, se generaron los diagramas correspondientes. En la **Figura 2** se muestra la conexión de alimentación eléctrica del servodrive Kinetix 300, se comenzó estableciendo línea, neutro y tierra, incluyendo interruptores electromagnéticos como elementos de protección al principio de la línea de suministro y en cada línea de alimentación de los equipos principales del sistema. También se planteó el sistema de paro por medio de un botón pulsador para el paro de emergencia (PE), un botón pulsador con enclave para el arranque (A), una bobina (MCR) y una lámpara indicadora (AZ).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

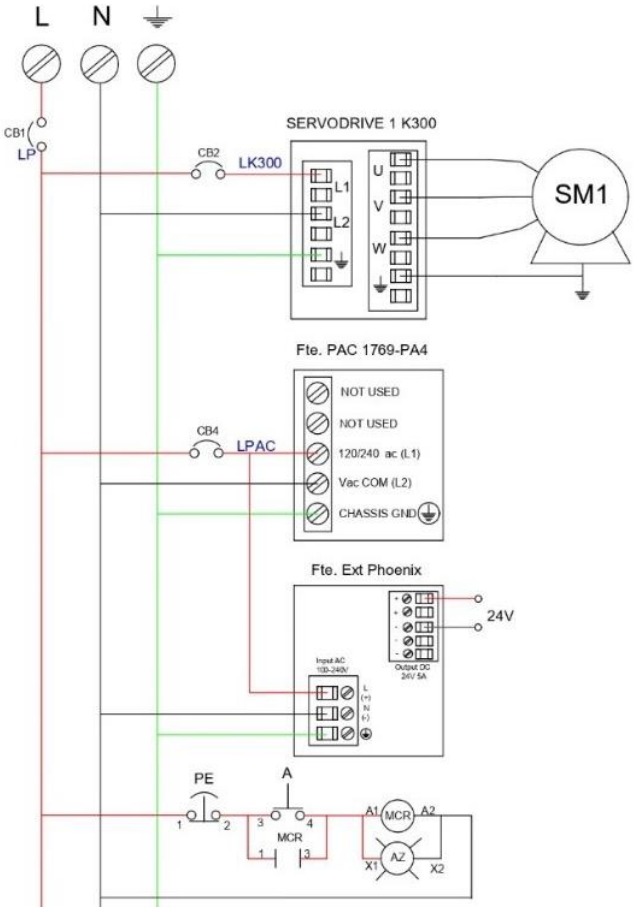


Figura 2.- Diagrama de potencia Kinetix 300.

Se desarrolló el circuito de control (24 V) a partir de la salida de la fuente de alimentación externa. También se alimentó a la botonera de interacción con tres pulsadores y los tres selectores que van dirigidos a la tarjeta de entradas digitales del PAC (**Figura 3**).

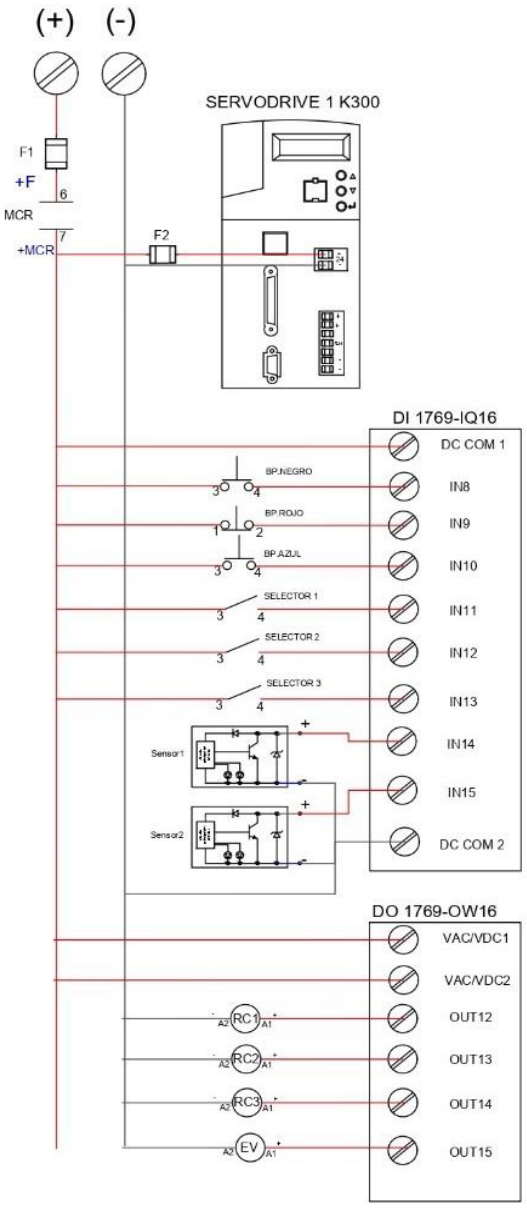


Figura 3.- Diagrama de control.

DESARROLLO DEL SOFTWARE

Una vez que los dispositivos se conectaron, se prosiguió a realizar la comunicación entre ellos, para lo cual se utilizó una comunicación EtherNet/IP mediante una topología de comunicación estrella, como se muestra en la **Figura 4**.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

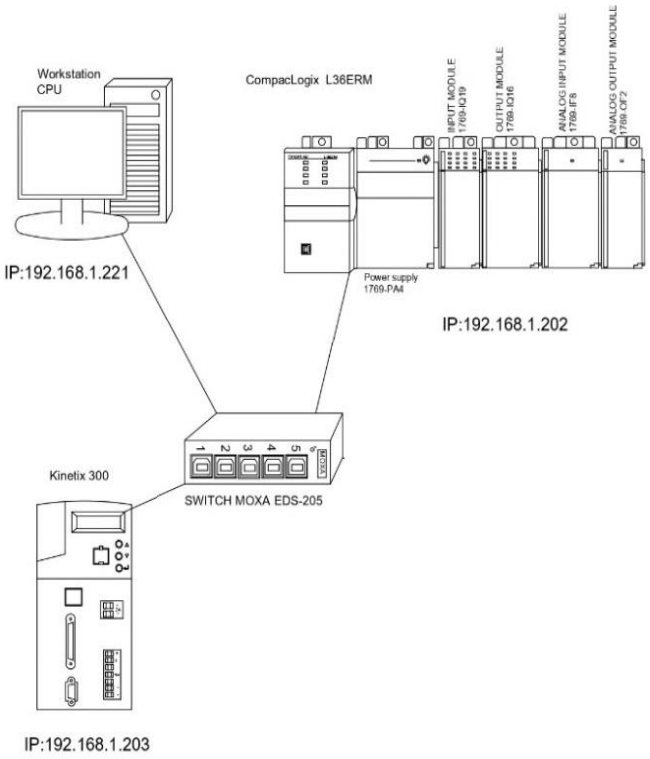


Figura 4.- Topología de comunicación.

Se utilizaron diversos softwares para la configuración de la comunicación y programación de los dispositivos, de entre los cuales el programa Bootp/Dhcp Server se empleó para asignar una dirección IP a los dispositivos que se conectaran a la red EtherNet/IP (Petruzella, 2023). Se utilizó el software RSLinx Classic para crear la red EtherNet/IP que se utilizó para la comunicación entre dispositivos (**Figura 5**) (Rockwell, 2022).

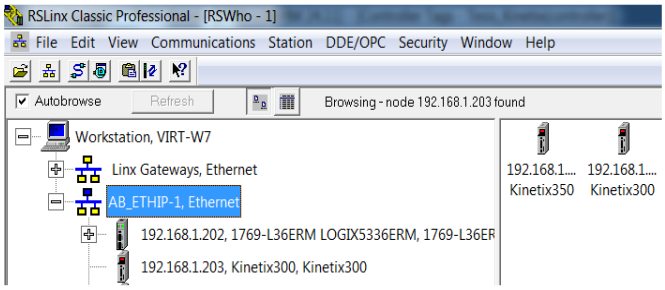


Figura 5.- RSLinx Classic para crear la red EtherNet/IP.

Por otro lado, se empleó el programa Motion View On Board para la Comunicación con el Servodrive Kinetix 300 y el control del servomotor, para lo cual, primero se realizó la comunicación a través de la dirección IP ya asignada, como se muestra en la **Figura 6** (Allen, 2020).

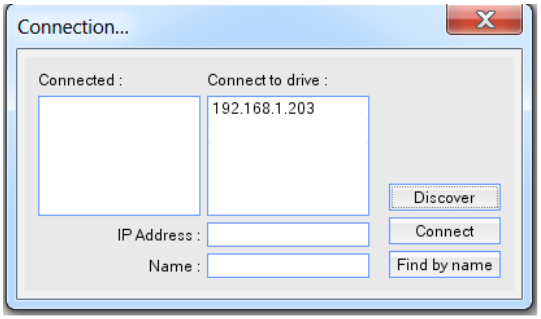


Figura 6.- Asignación de IP.

Una vez realizada la comunicación, se realizaron las configuraciones y puesta en marcha del servodrive. Dentro de los parámetros más importantes de la configuración, se encuentran la asignación del modelo del servomotor, los parámetros generales de movimiento (**Figura 7**), la configuración de las entradas y salidas del servodrive así como el movimiento indexado.

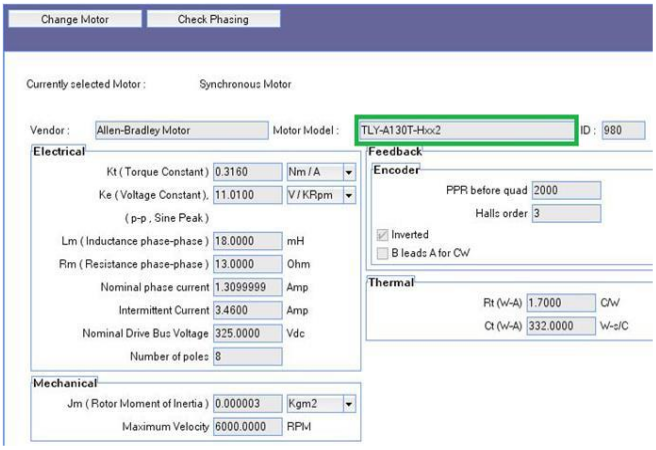


Figura 7.- Configuración del servomotor.

Antes de realizar las secuencias de operación, se llevó a cabo la sintonización del servodrive, para lo cual se habilito la subrutina de sintonización dentro del programa. Habilitado el servodrive, se seleccionó la opción de Dynamics y se activa el Autotuning para llevar a cabo la sintonización de las ganancias de los lazos de control de posición y velocidad (**Figura 8**).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.



Figura 8.-Sintonizacion de las ganancias.

APLICACIONES

Se propusieron dos casos de aplicación para los movimientos indexados. Uno de ellos es una mezcladora y otro es un control de movimiento de un brazo en tres puntos.

Aplicación sobre una mezcladora

En esta aplicación se realiza una rutina de movimiento en la cual consta de 500 giros a la derecha, para posteriormente esperar 3 segundos y ahora iniciar el movimiento 500 giros a la izquierda como se observa en la **Figura 9**, esto con el fin de lograr el mezclado de alguna sustancias o compuestos de un proceso industrial, así mismo entre mayor peso (gramos) se tenga las revoluciones por minuto serán más bajas.

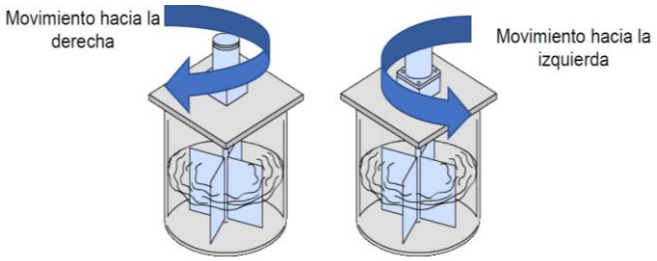


Figura 9.- Movimiento mezcladora.

Para esto se requiere el uso de 3 selectores y 3 indicadores. Inicialmente, se declaran los selectores de los cuales el primero es el encargado de habilitar el servodrive el cual esta designado a la entrada ***IN_A3***, luego se conecta el selector de arranque el cual es el encargado de iniciar el movimiento del indexado que es dirigido a la entrada ***IN_A4***, finalmente se conecta el selector de paro el cual tiene la función de detener el indexado en el momento que se requiera este es conectado a la entrada ***IN_B1*** como se muestra en la **Figura 10**.

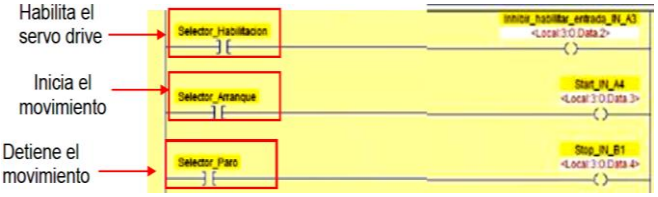


Figura 10.- Selectores en la aplicación de mezclado.

Se localiza el apartado de "Indexing" en el software Motion View y se realiza la programación de la aplicación, para esto inicialmente se comienza con colocar "Disable" en el apartado de Auto Start Index esto para que respete la señal de arranque, posteriormente en Start Index se coloca el valor de cero esto para que comience a girar en sentido de las manecillas del reloj. Finalmente, en "Current Index" se coloca el valor de 0 esto hace que se muestre la rutina actual como se observa en la **Figura 11**.

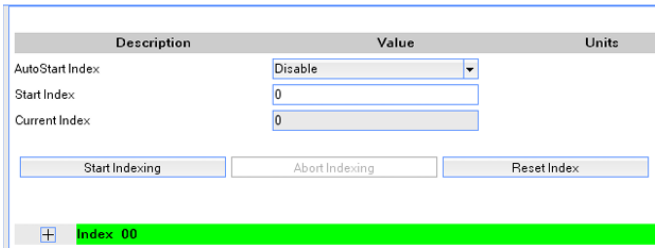


Figura 11.- Parámetros iniciales del apartado Indexing de mezclado.

Una vez configurados los parámetros iniciales se comienza con la programación del indexado iniciando en la rutina de index 00. En la cual se llenaron los campos de la siguiente manera:

- Index Type: Se colocó ***Incremental*** con esto, inicia el movimiento hacia la posición especifica cuando obtiene la señal iniciar de movimiento, no importándole la posición del enconder.
- Move: ***Trapezoidal*** ya que los servomotores son acelerados a velocidad constante y desacelerados a lo largo de un perfil trapezoidal esto para asegurar una operación eficiente.
- Dwell: 3,000 ms, ***Tiempo de Espera*** entre el término del index 00 y el inicio del index 01.
- Distance: Valor de ***0.1100 rev*** ya que es la distancia que avanzara al lado derecho.
- Velocidad: Valor de ***10 rev/seg***, la cual es la velocidad de giro del servomotor.
- Accel: Aceleración de ***2000 rev/s².***
- Decel: Desaceleración de ***2000 rev/s².***
- Next index: Como se quiere regresar la misma cantidad de vueltas el valor ***index*** es de ***01***.
- Action: Se coloca ***Next index*** ya que al terminar este se realizará una siguiente rutina (**Figura 12**).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

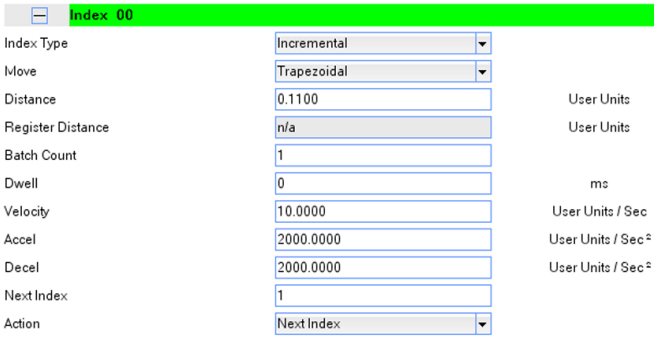


Figura 12.- Index 00, aplicación de mezclado.

En el apartado de entradas y salidas digitales (**Figura 13**) se configuraron de la siguiente manera:
Apartado de entradas digitales:

- Input A4: Se coloca ***Start Index*** ya que esa entrada es la encargada de iniciar el movimiento.
- Input B1: Se coloca ***Abort Index*** que es el encargado de detener el movimiento.

Apartado de salidas digitales:

- Output 1: Se coloca la opción ***In position*** el cual indica que se encuentra en posición el servo drive para iniciar el movimiento.
- Output 2: Se coloca ***Zero speed*** el cual indica que no hay un movimiento activo y este se encuentra detenido.

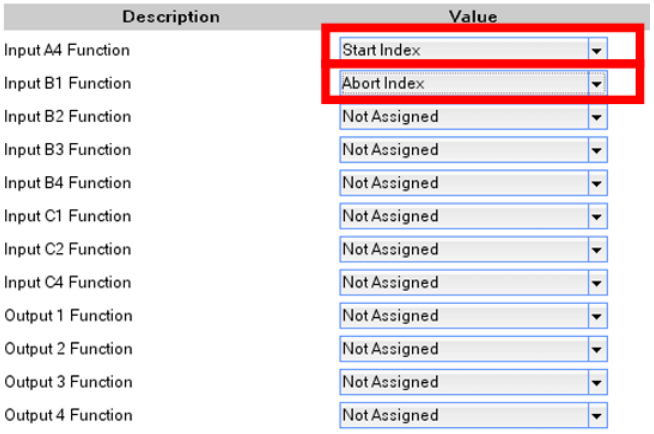


Figura 13.- Configuración entradas y salidas, aplicación de mezclado.

Finalmente, en el apartado de salidas y entradas analógicas se coloca en el apartado Analog Output: ***Motor velocity*** como se muestra en la **Figura 14**, ya que es en ese puerto en donde está conectado el indicador de un canal que muestra la velocidad.

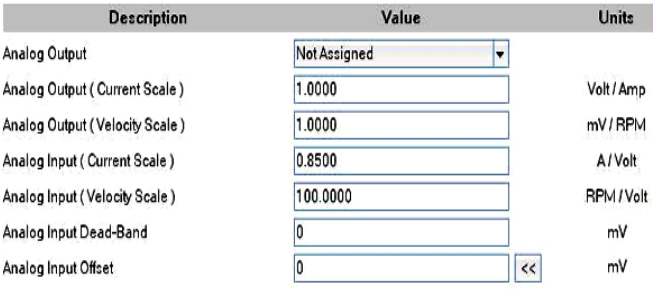


Figura 14.- Configuración de salidas analógicas, aplicación de mezclado.

Aplicación sobre movimiento de un brazo en tres puntos
En esta aplicación se realiza una rutina de movimiento la cual consta de una banda de abasto de objetos, el brazo recoge el objeto del punto "A" y lo traslada al punto "B" este se detiene 3 seg y regresa al punto "A" tomando un nuevo objeto y lo traslada al punto "C" deteniéndose nuevamente 3 seg, posteriormente regresa al punto "A" e inicia la secuencia nuevamente esto lo hace de manera continua como se muestra en la **Figura 15**.

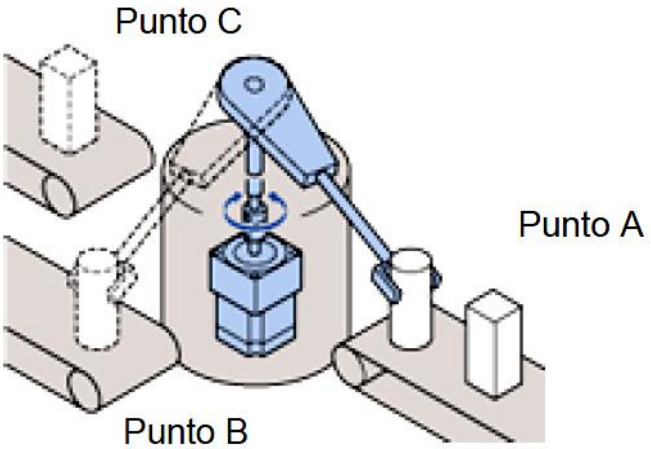


Figura 15.- Movimiento de un brazo en 3 puntos.

Para esta aplicación se requiere el uso de 4 selectores, 2 indicadores y 1 sensor inductivo. Primero, se colocarán los 3 selectores en los cuales el selector de habilitación es el encargado de habilitar el servodrive que está asignado a la entrada ***IN_A3***, luego se conecta el selector de arranque el cual es el encargado de iniciar el movimiento del indexado que es dirigido a la entrada ***IN_A4***, enseguida se conecta el selector de paro el cual tiene la función de detener el indexado en el momento que se requiera, éste es conectado a la entrada ***IN_B1*** y finalmente se conecta el selector de habilitar el home a la entrada ***IN_B3*** el cual es el encargado de colocar el servomotor en una posición inicial.
Posteriormente se conectan el sensor de home a la entrada ***IN_B2*** y a las salidas del servodrive se conecta el pin de ***RDY*** este tiene la función de poder habilitar las salidas, teniendo esto conectado a la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

salida ***OUT_1*** se le conecta una lámpara indicando que el servodrive se encuentra en posición y en la salida ***OUT_2*** se conecta otra lámpara en la cual indica que se encuentra detenido el movimiento como se muestra en la **Figura 16**.

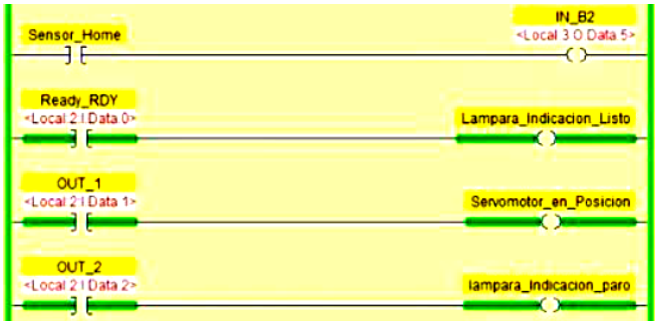


Figura 16.- Conexión de salidas aplicación brazo.

Al igual que en la aplicación de mezcladora, se localiza el apartado de "Indexing" en el cual se realiza la programación de la aplicación, para esto inicialmente se comienza con colocar "Disable" en el apartado de Auto Start Index esto para que respete la señal de arranque, posteriormente en Start Index se coloca el valor de cero esto para que comience a girar en sentido de las manecillas del reloj.
Configurados los parámetros iniciales se comienza con la programación del indexado iniciando en la rutina de index 02. En la cual se establecieron los siguientes campos (**Figura 17**):

- Index Type: Se coloca ***Incremental*** para que comience el movimiento hacia la posición especifica cuando obtiene la señal iniciar movimiento.
- Move: ***Trapezoidal*** ya que los servomotores son acelerados a velocidad constante y desacelerados a lo largo de un perfil trapezoidal esto para asegurar una operación eficiente.
- Dwell: 3,000 ms, ***Tiempo de Espera*** entre el término del index 02 y el inicio del index 03.
- Distance: Valor de ***0.25 rev*** ya que es la distancia que avanzara al punto B.
- Velocidad: Valor de 0.3 de velocidad así el servomotor girara a una velocidad de ***0.3 rev/seg***.
- Accel: Aceleración de ***10 rev/s².***
- Decel: Desaceleración de ***10 rev/s².***
- Next index: Como se requieren más movimientos se coloca ***3***, ya que es el siguiente ***index***.
- Action: Se coloca ***Next index*** ya que al terminar este se realizará una siguiente rutina.

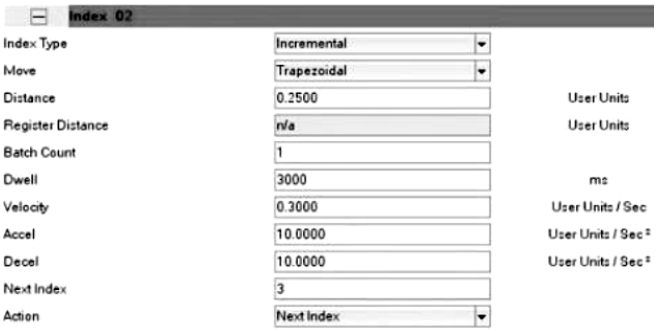


Figura 17.- Index 02, aplicación de control en 3 puntos.

El siguiente Index 03 se configuro de la siguiente manera (**Figura 18**):

- Index Type: ***Incremental*** esto para que comience el movimiento hacia la posición especifica cuando obtiene la señal iniciar movimiento.
- Move: ***Trapezoidal*** ya que los servomotores son acelerados a velocidad constante y desacelerados a lo largo de un perfil trapezoidal esto para asegurar una operación eficiente.
- Distance: Valor de ***-0.25 rev*** ya que es la distancia que retrocederá (Regresa al punto A).
- Dwell: 3,000 ms ya que el ***Tiempo de Espera*** entre el término del index 02 y el inicio del index 03.
- Velocidad: Valor de 0.3 de velocidad así el servomotor girara a una velocidad de ***0.3 rev/seg***.
- Accel: Aceleración de ***10 rev/s².***
- Decel: Desaceleración de ***10 rev/s².***
- Next index: Se coloca ***4*** ya que sigue el siguiente ***index***.
- Action: Se coloca ***Next index*** ya que al terminar este se realizará una siguiente rutina.

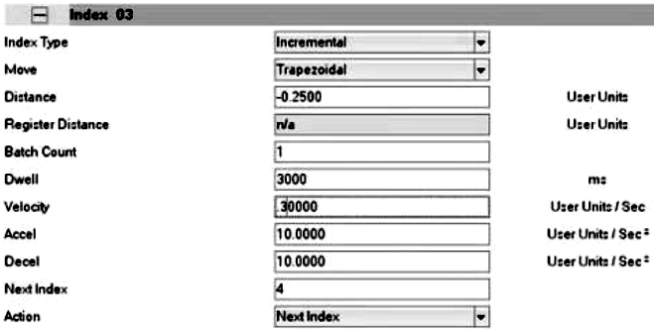


Figura 18.- Index 03 de la aplicación de control en 3 puntos.

Para el index 04 se llenaron los campos de la siguiente manera (**Figura 19**).

- Index Type: Se coloca ***Incremental*** esto para que comience el movimiento hacia la posición especifica cuando obtiene la señal iniciar movimiento.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

- Move: ***Trapezoidal*** ya que los servomotores son acelerados a velocidad constante y desacelerados a lo largo de un perfil trapezoidal esto para asegurar una operación eficiente.
- Distance: Valor de ***0.5 rev*** ya que es la distancia que avanzara al punto C.
- Dwell: 3,000 ms ya que el ***Tiempo de Espera*** entre el término del index 04 y el inicio del index 05.
- Velocidad: Valor de 0.3 de velocidad así el servomotor girara a una velocidad de ***0.3 rev/seg***.
- Accel: Aceleración de ***10 rev/s².***
- Decel: Desaceleración de ***10 rev/s².***
- Next index: Se coloca ***5*** ya que sigue el siguiente ***index***.
- Action: Se coloca ***Next index*** ya que al terminar este, se realizará una siguiente rutina.

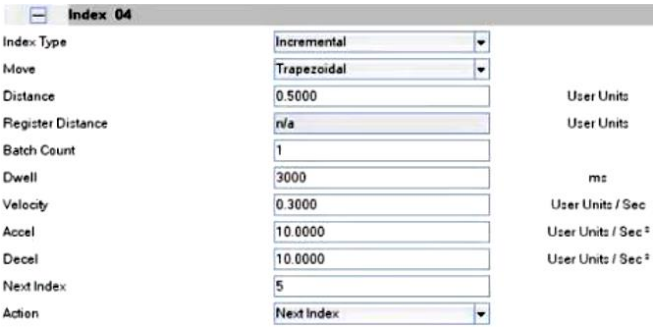


Figura 19.- Index **04 de la aplicación de control en 3 puntos.**

Para la configuración de las salidas y entradas tanto analógicas como digitales se utilizó la misma configuración en Motion View que en la aplicación de mezclado. En el parámetro de home se colocan los valores y se realizan los ajustes necesarios al sistema para que reconozca la señal de home (**Figura 20**)

- Aceleración/desaceleración a home: Define la aceleración y desaceleración que tendrá el servomotor para encontrar el punto de home, en el cual se coloca un valor de ***10 rev/seg².***
- Home switch: La entrada digital que servirá para habilitar la señal de home en el drive, en la cual se selecciona la ***entrada B1***.
- Homing status: Muestra el estado del drive.
  - Está en home.
  - Está en la rutina de home.
  - No tiene home.
- Home method: Muestra el método de home y por lo tanto ejecutara esa rutina de home.
- Start homing: Se puede iniciar la secuencia de home desde motion view.
- Abort homing: Se puede abortar la secuencia de home desde el programa

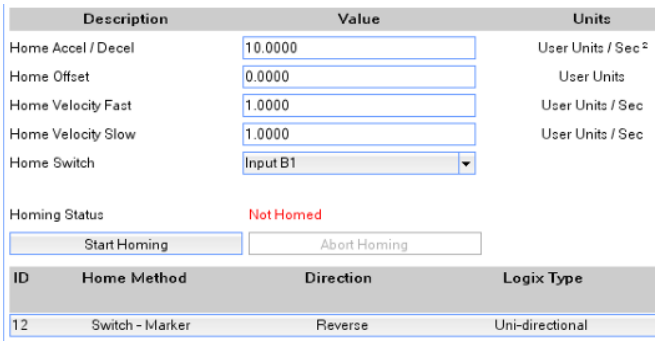


Figura 20.- Configuración del Home aplicación de control en 3 puntos.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Prueba de la mezcladora

Se habilitó el selector de arranque que fue el encargado de iniciar el movimiento del indexado como se muestra en la **Figura 21**.

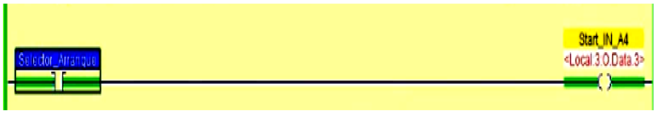


Figura 21 Habilitación del selector arranque aplicación de mezclado.

Se ejecutó del programa en el PAC, en donde el selector de habilitación se accionó para que el servodrive se lograra manipular, de esta manera se observó que los dos indicadores se encontraban encendidos tanto el de posición como el de en paro ya que aún no se iniciaba el movimiento (**Figura 22**). En Motion View se observó que las entradas (A2 y A3) y las salidas (1 y 2) se encontraban habilitadas.



Figura 22.- Ejecución del programa en el PAC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

Ya asegurados que estaban habilitadas las salidas y entradas, se dirigió al apartado de Tools de Motion View, una vez ahí se abrió el osciloscopio en donde se logró observar en el canal 1 (color azul) la señal de la velocidad del indexado y en el canal 2 (color amarillo) la señal de la posición del indexado, así mismo se configuró la escala de los dos canales esto para tener una mejor apreciación en la gráfica como se muestra en la **Figura 23**.

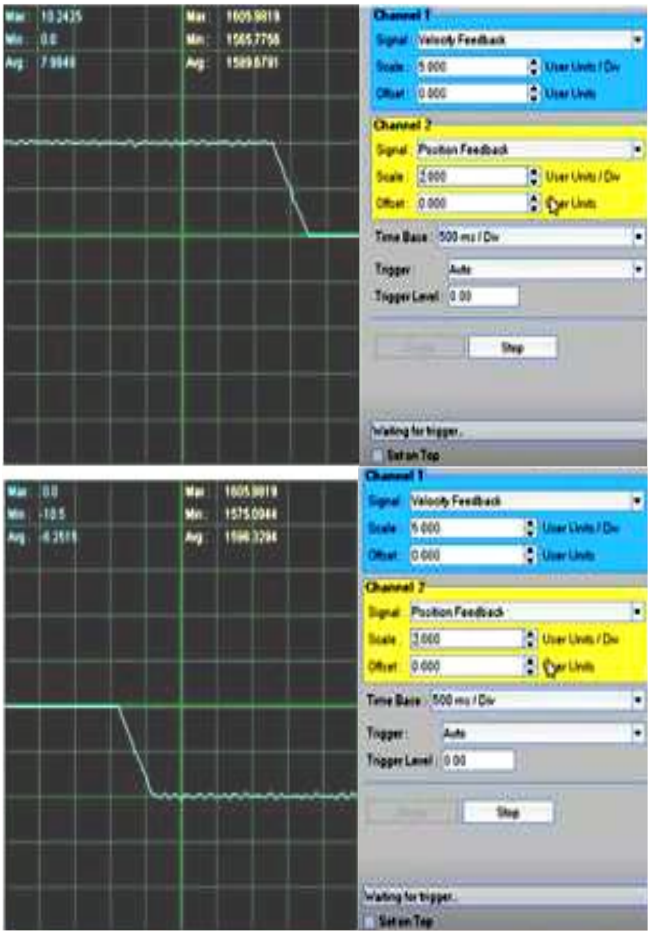


Figura 23.- Simulación de posición y velocidad de indexado de la mezcladora.

Se observa que se alcanzó una velocidad de 10 revs/seg aproximadamente durante la secuencia a la derecha, posteriormente se detiene por 3 seg, luego de ese tiempo inicia la secuencia hacia a la izquierda alcanzando una velocidad de 10 revs/seg. De esta manera en la línea amarilla se mostró la posición formando un trapecio en la parte positiva cuando el movimiento es a la derecha y un trapecio en la parte negativa cuando el giro se realizó a la izquierda. Por otra parte, los indicadores se encontraban apagados ya que el servomotor se encontraba en movimiento.

Finalmente, en Motion View se obsevó en la ventana Motion que se encontraban habilitadas las entradas A2 y A3 y así mismos las salidas 1 y 2 como se muestra en la Fig. 24. Con esto se observó que se encontraban adecuadamente habilitados los pines requeridos.

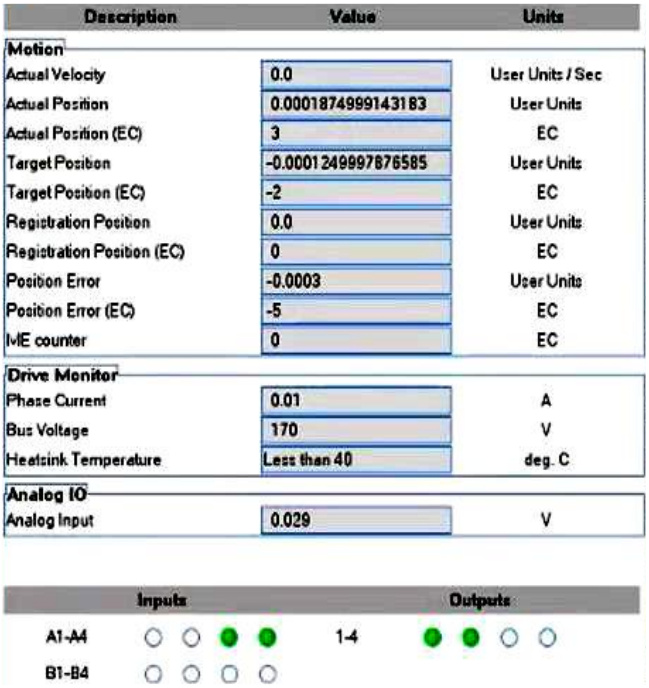


Figura 24 Habilitación de entradas y salidas aplicación de mezclado.

Prueba Control de movimiento de un brazo en tres puntos

Al igual que en la prueba de la mezcladora, se ejecutó del programa en el PAC, en donde el selector de habilitación se accionó para que el servo drive se lograra manipular. En el Motion View se observó en la ventana Motion que se encontraban habilitadas las entradas A3, A4 y B3 como se muestra en la **Figura 25**. Con esto se demuestra la habilitación de los pines requeridos.

Una vez realizado lo anterior se dirigió al apartado de Tools de Motion View, estando ahí se abrió el osciloscopio en donde se observaron en el canal 1 la velocidad del indexado y en el canal 2 la señal de posición. En la **Figura 26** se muestra que se alcanzó una velocidad positiva de 0.3 revs/seg cuando gira a la posición de 0.25 revs y 0.5 revs en sentido positivo, y cuando gira en sentido negativo alcanza una velocidad mínima de 0.3 revs/seg aproximadamente, cuando se desplaza a 0.25 revs y 0.5 revs.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

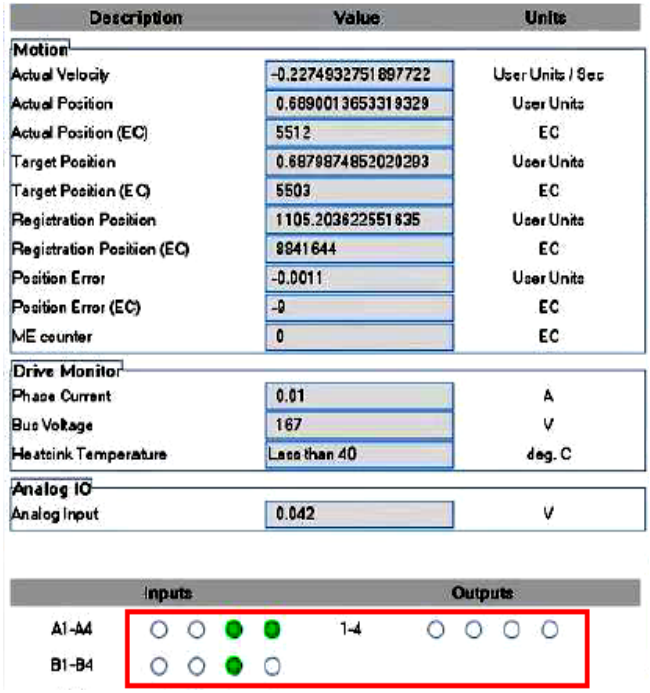


Figura 25.- Habilitación de entradas y salidas de la aplicación del brazo en 3 puntos.

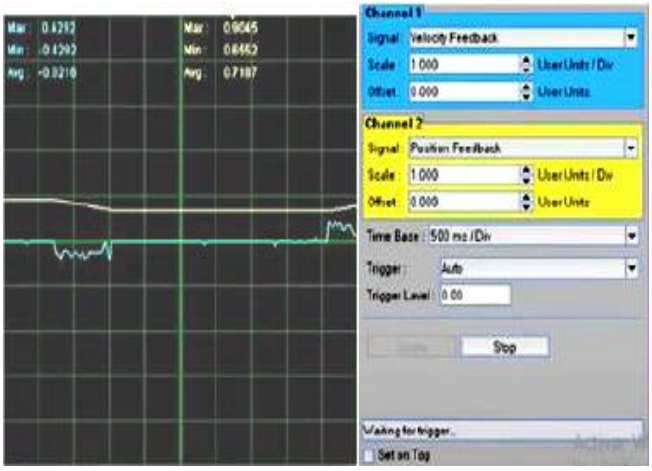




Figura 26.- Simulación de posición y velocidad de indexado de la aplicación del brazo en 3 posiciones.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-05, pág.: 1 a la 11.

CONCLUSIONES

Se realizó un sistema de control de movimiento utilizando la herramienta de indexado para controlar y coordinar variables como velocidad, posición y aceleración. Se desarrollaron las aplicaciones de los distintos tipos de movimiento que ofrece el servodrive, en los cuales se observó que el movimiento incremental disminuye o incremente la posición del servomotor de acuerdo con las rutinas de indexado que se tiene, en el caso del movimiento absoluto, no incrementa ni disminuye la posición, está se mantiene y regresa a cero cada que se inicia un nuevo indexado.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Allen, B. (2020). *Servovariadores de indexado Kinetix 300 EtherNet/IP*. Allen Bradley.

Dorf, R., & Bishop, R. (2021). *Modern Control Systems.* Pearson.

Petruzella, F. (2023). *Programmable Logic Controllers.* Mc. Graw Hill.

Rockwell, A. (2022). *EtherNet/IP Network Devices user Manual.* Rockwell Automation.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Pedro Francisco Huerta González: Ingeniero Electricista de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica, SEPI ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Ivone Cecilia Torres Rodríguez: Ingeniera en Control y Automatización de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica por la SEPI ESIME Zacatenco del IPN. Profesora titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

René Tolentino Eslava: Ingeniero Mecánico de ESIME Azcapotzalco, IPN. M. en C. en Ingeniería Mecánica por la SEPI, ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

Control de temperatura para el secado de etiquetas

***Ivone Cecilia Torres Rodríquez*[1], Pedro Francisco Huerta González[2], René Tolentino Eslava[3]**

RESUMEN

En la industria flexográfica existe una parte en el proceso de impresión, el cual, utiliza una laminadora de extrusión y adhesión para agregar una mezcla de adhesivo, solventes de acetato de etilio y otros elementos para producir diferentes empaques de PET (polietileno tereftalato) metalizado o PE (polietileno), dependiendo del empaque producido, ya que cada tiraje de etiquetas tienen características diferentes como el ancho, grosor, grado de impresión, tamaño del embobinado y la inyección de tinta para cada una. Sin embargo, se tiene un problema en el proceso, pues al momento de salir el producto de la laminadora pasa por el horno de secado, el cual, expulsa aire caliente a una determinada temperatura apuntando al PET metalizado, con el fin de secar la etiqueta y eliminar el olor a solvente que se queda impregnado al momento en que salen de la laminadora para continuar con la siguiente etapa del proceso. Es aquí donde se presenta el inconveniente, pues el aire caliente es distribuido principalmente en la parte central del PET metalizado, descuidando ambos extremos del producto, lo que provoca que el tiempo de secado natural se alargue en una duración de 24 horas. Por lo cual, se plantea una propuesta de control de temperatura de aire caliente para el secado del producto en movimiento en un horno de una laminadora de extrusión y adhesión en la industria flexográfica, a través del uso de sensores de temperatura, resistencias, y un Controlador Lógico Programable (PLC).

ABSTRACT

In the flexographic industry there is a part in the printing process, which uses an extrusion and adhesion laminator to add a mixture of adhesive, ethyl acetate solvents and other elements to produce different metallized PET (polyethylene terephthalate) packaging or PE (polyethylene), depending on the packaging produced, since each run of labels has different characteristics such as width, thickness, printing degree, winding size and ink injection for each one. However, there is a problem in the process, because when the product leaves the laminator it passes through the drying oven, which expels hot air at a certain temperature aimed at the metallized PET, in order to dry the label. and eliminate the smell of solvent that remains impregnated when they leave the laminator to continue with the next stage of the process. This is where the problem arises, since the hot air is distributed mainly in the central part of the metallized PET, neglecting both ends of the product, which causes the natural drying time to be extended by 24 hours. Therefore, a proposal for hot air temperature control is proposed for drying the product in motion in an oven of an extrusion and adhesion laminator in the flexographic industry, through the use of temperature sensors, resistances, and a Programmable logic controller (PLC).

Palabras claves: Controlador Lógico Programable; flexográfica, temperatura,

INTRODUCCIÓN

La industria flexográfica se dedica a la producción de impresiones de etiquetas, embalajes, periódicos y revistas utilizando la técnica de flexografía (Boaglio, 2024). La flexografía es un proceso de impresión que utiliza placas flexibles para transferir tinta a un sustrato, como papel, cartón, plástico, películas y otros materiales, realizando esto a una alta velocidad de producción y bajo costo, lo que genera que muchas empresas lo utilicen para identificar, personalizar y empaquetar sus productos (Flexographic Technical, 2022).

Entre los antecedentes se tiene el trabajo sobre el sistema de control de temperatura de valor constante, basado en el control PID y el control de conmutación (J. Shao, 2023). Por otro lado se tiene el trabajo en donde se desarrollo el control de temperatura de una cámara de prueba para investigar la teoría de control predictivo y establecer el modelo de algoritmo de control predictivo, para diseñar y construir la cámara de prueba del sistema de medición y control de temperatura (Z. Enjing, 2014). Asimismo, en el trabajo (Rata, 2016) se analizaron diferentes soluciones para la alimentación de una resistencia utilizada para calentar líquidos. Los autores proponen la mejor solución en términos de fiabilidad, contaminación armónica de la red eléctrica y control de precisión de la temperatura. Para ello utilizaron: el PLC XC-CPU101, la HMI XV102 (Interfaz Hombre-Máquina) de EATON. El control de la temperatura se realizó mediante un controlador PID basado en el PLC y se observó mediante la HMI. La temperatura deseada la establece el usuario mediante la HMI y el controlador PID, dentro del PLC, intentará minimizar el valor del error como la diferencia entre la temperatura deseada y la temperatura medida mediante el ajuste de una variable de control.

Por lo tanto, el presente trabajo conlleva un proceso que tiene diferentes etapas, las cuales se muestran en la **Figura 1**.

[1] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. ictorres@ipn.mx, Maestra en Ciencias.
[2] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. phuerta@ipn.mx, Maestro en Ciencias.
[3] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Zacatenco, Ingeniería en Control y Automatización. rtolentino@ipn.mx, Maestro en Ciencias.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

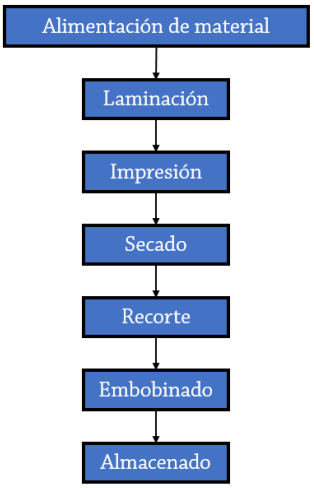


Figura 1.- Diagrama de flujo del proceso flexográfico.

Una de las partes más importantes en el proceso radica en el horno de secado o distribuidor de aire caliente, pues es el encargado de secar cada etiqueta que pase por el mismo. En la **Figura 2**, se indican las etapas de esta.

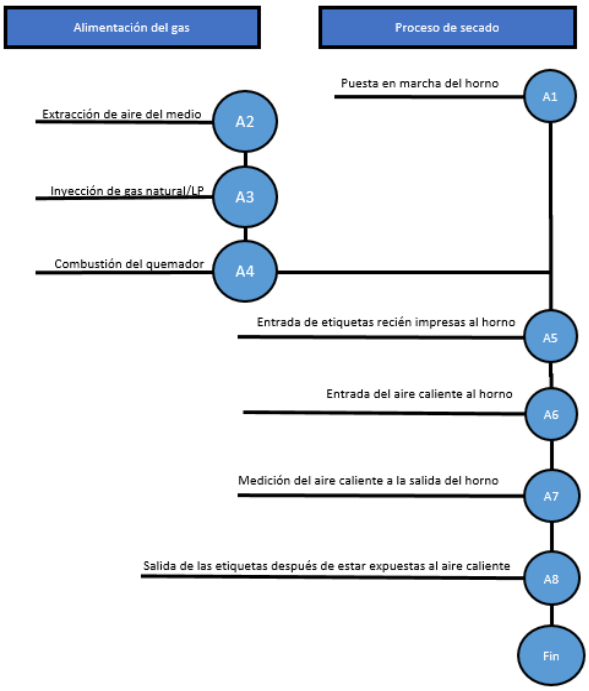


Figura 2.- Diagrama de proceso de secado.

Para la puesta en marcha del horno (A1) es necesario realizar la inyección de aire a temperatura ambiente, éste pasa por un filtro que evita que el producto se contamine con pequeñas impurezas. Por lo cual, inicialmente se tiene una extracción de aire del medio ambiente (A2) que se logra con un ventilador, dicha máquina eléctrica es de la marca Cincinnati fan (modelo HP-12F25) y se alimenta a una tensión de 440 volts, proporcionando una velocidad de giro de 1,750 revoluciones por minuto (a velocidad nominal).
Posteriormente, se procede a iniciar la combustión del quemador (A4), en donde un sensor de presencia de gas actúa como elemento de seguridad, para evitar que dicho gas se escape del quemador, si no se detecta una flama la válvula procede a cerrarse evitando que más gas escape.
Las etiquetas entran al horno (A5) proveniente del proceso anterior (impresión). Dichas etiquetas se reciben con una concentración de solventes, tintas y otros químicos utilizados en su fabricación. El tamaño depende del modelo de etiqueta que se haya trabajado, así como también la velocidad del rodillo que las transporta adentro del horno. Previamente, se verifica que la etiqueta que entra al horno se haya impreso de manera correcta, también, se verifica que no se doblen en la entrada.
Después, el aire llega al horno (A6) a través de 2 tubos de 12 pulgadas de diámetro cada uno, y se expulsa de manera directa sobre las etiquetas de trabajo a través de las 13 diferentes flautas que posee (**Figura 3**). En el centro del horno a la salida de la flauta, existe un termopar que indica la temperatura con la que se está trabajando el proceso de secado.

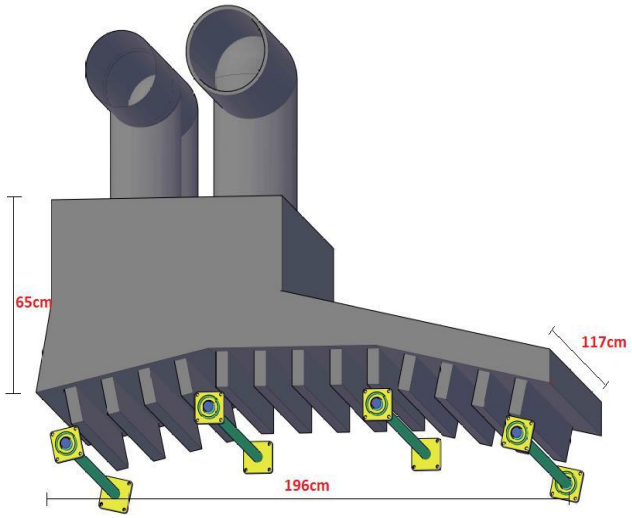


Figura 3.- Horno de secado (flautas y rodillos).

Inicialmente la medición de la temperatura del aire (A7) se realiza con un único sensor de temperatura que envía una señal al controlador para cerrar la válvula de gas inmediatamente, haciendo que la llama del quemador disminuya y así se regule la temperatura dentro del horno. Era un proceso lento porque el controlador actuaba con un control 'ON-OFF', por lo tanto, había varios picos en la temperatura deseada, ya que el set point se mantiene en el tiempo que la temperatura disminuye por el corte de gas.
Cuando las etiquetas salen del horno de secado (A8), se espera que estén secas aproximadamente a un 70%, y el otro 30% se deja que se sequen naturalmente. En la parte inferior, el horno de secado

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

cuenta con cuatro rodillos por donde pasa la etiqueta con la que se está trabajando, a los cuales se les pueden ajustar la velocidad entre 50 a 90 metros por minuto.

METODOLOGÍA

El problema principal se tiene en el horno de secado, debido a una mala distribución del aire sobre las etiquetas. Se hicieron diversas mediciones (**Tabla 1**), comprobando que en los extremos de las etiquetas hay una caída de temperatura de la deseada, de aproximadamente 32°C, es decir, cuando el operador trabaja con cualquier tipo de etiqueta revisa su lista de cotejo y ajusta la temperatura a la necesaria por la etiqueta, la temperatura ajustada es superior en la parte central de la etiqueta, pero en los extremos la temperatura disminuye 32°C (**Figura 4**). Esta caída de temperatura es el problema que provoca que el tiempo de secado natural de los embobinados (idealmente de 6 a 12 hrs) se incremente de 24 a 48 hrs, con lo cual se garantiza que el olor a solvente ha desaparecido y así poder cumplir con la norma ISO 22000.

Tabla 1.- Mediciones de temperatura en el horno.

Número de flauta	Posición aproximada en el eje x (centímetros)	Temperatura en grados centígrados
Valor	500	350
1	14	99
4	56	114
6	84	110
10	154	74
12	168	64
13	182	57

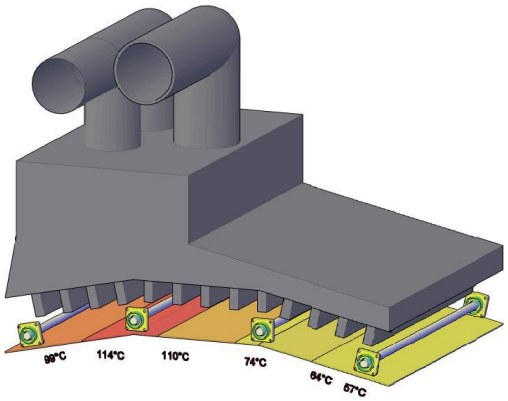


Figura 4.- Medición de los 6 puntos del horno.

Para que aire inyectado al distribuidor tenga una salida uniforme y proporcional sobre la etiqueta, con la finalidad de reducir el tiempo de secado natural se consideró un nuevo modelo del distribuidor, con las mismas dimensiones del anterior, debido a que este ha sido estandarizado para que pueda manejar diferentes tamaños de etiquetas. El nuevo distribuidor consta de 3 entradas (**Figura 5**).

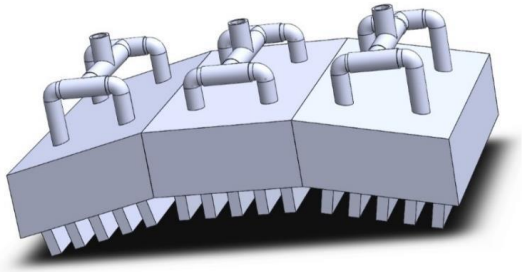


Figura 5.- Diseño del distribuidor de aire caliente.

Utilizando el nuevo distribuidor, se realizó la simulación en el software SolidWorks, con el cual se visualizó una aproximación del flujo de aire. En la **Figura 6**, se muestra el flujo de aire que fluye por el conducto de alimentación principal hasta cada una de las tres separaciones con las que cuenta el distribuidor. Dentro de la propuesta se cambió de sistema de calentamiento del aire, el cual se realizaba mediante un quemador alimentado con gas natural, por lo cual, se propuso el cambio mediante resistencias eléctricas para calentar el aire, las cuales se instalaron en las paredes internas de cada flauta. De esta forma no se utilizará más gas natural y se reducen las emisiones de gases contaminantes generados por el quemador.

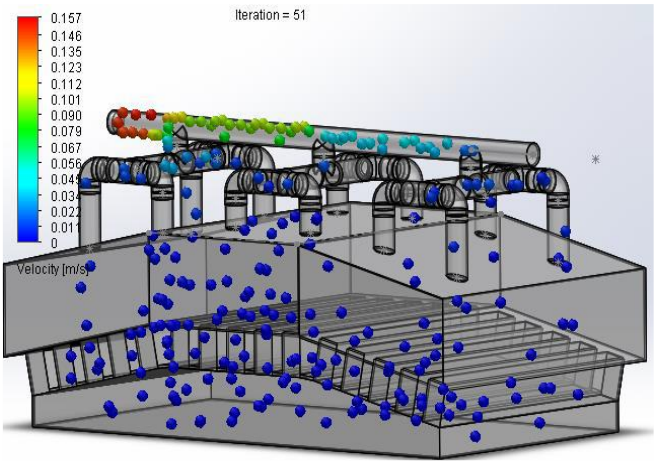


Figura 6.- Simulación de la distribución del aire.

Así mismo, se propuso el incremento de sensores de temperatura para conocer la temperatura promedio del distribuidor de aire caliente. Se consideró prudente utilizar tres termopares adicionales para formar un grupo de cuatro sensores, los cuales, están ubicados en puntos estratégicos para el sensado de la temperatura en un sector del horno. Dichos termopares se colocan de manera que no tengan la posibilidad de chocar con el tren de etiquetas impresas que pasa justo debajo de las flautas o que exista el contacto directo con las flautas, ya que esto puede producir errores en la medición de la temperatura debido al calor por conducción que podría variar la medición esperada del sensor (Krishnaswamy & Vijyachitra, 2020).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

Se incluye un controlador de potencia por ráfaga de disparo por medio de triacs, que es el encargado de variar la potencia entregada por las resistencias eléctricas que se encuentran instaladas dentro de cada flauta. En total se proponen 15 resistencias eléctricas de 100 centímetros de longitud, las cuales, pueden calentarse hasta a 400 grados centígrados. En la **Figura 7**, se muestra el DTI que se considera necesario para la propuesta.

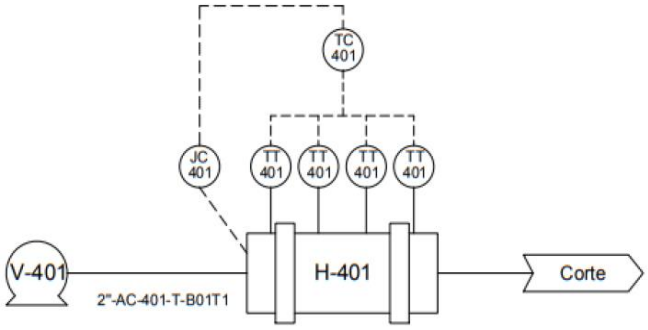


Figura 7.- DTI de propuesta de proceso.

Se propuso utilizar un PLC Micro 830 el cual es el encargado de determinar la ley de control con respecto al punto de consigna que se desee, recibiendo la señal de entrada de los sensores de temperatura (termopares) y mandando una señal de salida de 4 a 10 mA al controlador de potencia, que es el encargado de variar la tensión de alimentación a las resistencias eléctricas, de acuerdo con la ley de control. En la **Figura 8**, se observa las conexiones del sistema propuesto.

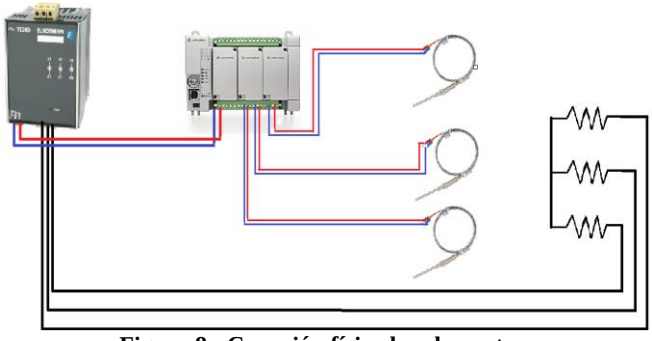


Figura 8.- Conexión física los elementos.

CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE EL PLC

Se utilizó el software Connected Components Workbench (CCW) para la programación del controlador micro PLC 830 2080-LC30-24QBB, en donde inicialmente se generó un nuevo proyecto, como se muestra en la **Figura 9** (Automation, 2023).

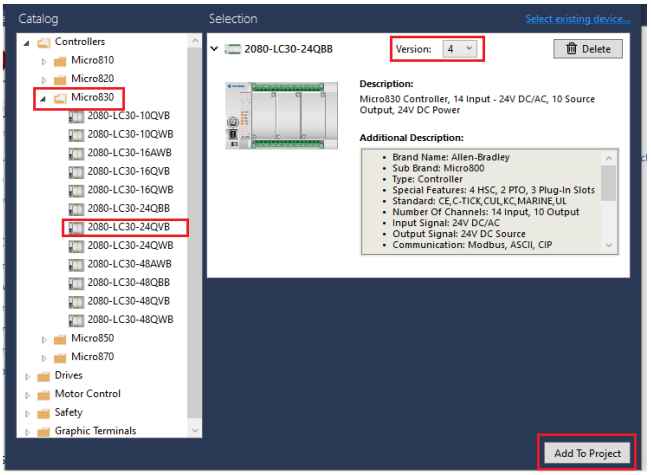


Figura 9.- Connected Components Workbench.

Se anexaron los módulos de entrada y salida analógicos; los de entrada serán los encargados de recibir las señales de los termopares, mientras que el de salida analógica, enviará la señal de control al controlador de potencia con el objetivo de variar la tensión en la alimentación de las resistencias. Cada módulo de entrada analógica soporta dos termopares. Estos canales se configuraron para los termopares tipo J (**Figura 10**).

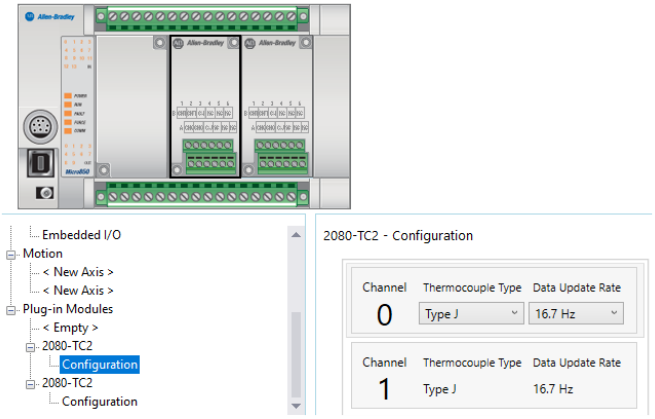
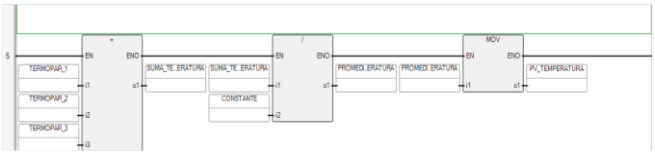


Figura 10.- Configuración Termopares.

Una vez configurado el PLC, se prosiguió a realizar el programa en escalera del control de la temperatura, para ello se empleó una acción de control PID, como se observa en a la **Figura 11**.



AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

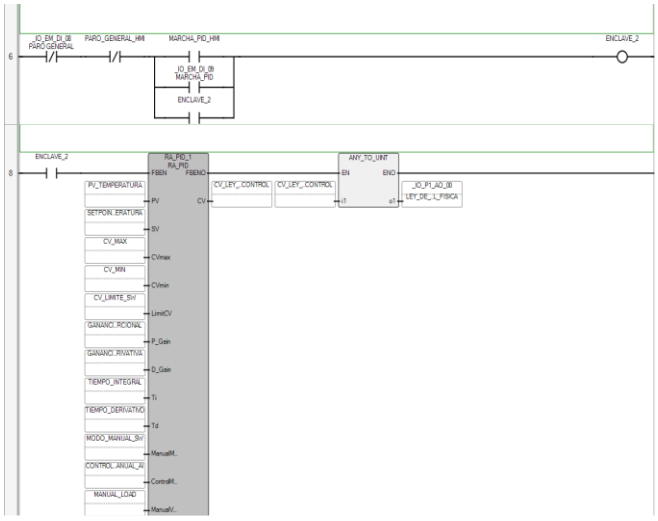


Figura 11.- Control de la temperatura.

Para realizar la sintonización del PID, se utilizó el método de Ziegler-Nichols, para lo cual se realizaron diversas medidas de la temperatura promedio de la lectura de los sensores ubicados en el cuerpo de la campana. La variable controlada fue la manipulación de la tensión de 220 VCA en un arreglo de estrella con neutro que alimenta a las tres resistencias. Se construyó una tabla, en donde se midió la temperatura con ayuda de los termopares en intervalos de tiempo de 5 segundos hasta notar que la temperatura se mantuvo en un punto constante (**Tabla 2**).

Tabla 2.- Muestreo de temperatura en las resistencias.

# Muestreo	Tiempo (s)	Tensión (VCA)	Temperatura (°C)
0	0	0	23
1	5	0	23
2	10	63	24
3	15	63	24
4	20	63	24
5	25	63	24
10	50	63	26
20	100	63	32
30	150	63	41
40	200	63	53
50	250	63	66
100	500	63	113
110	550	63	117
120	600	63	120
130	650	63	122
140	700	63	125
150	750	63	128
200	1000	63	134
210	1050	63	133
220	1100	63	133
230	1150	63	135
240	1200	63	137

Una vez teniendo las muestras se realizó la gráfica del comportamiento del sistema en lazo abierto (**Figura 12**).

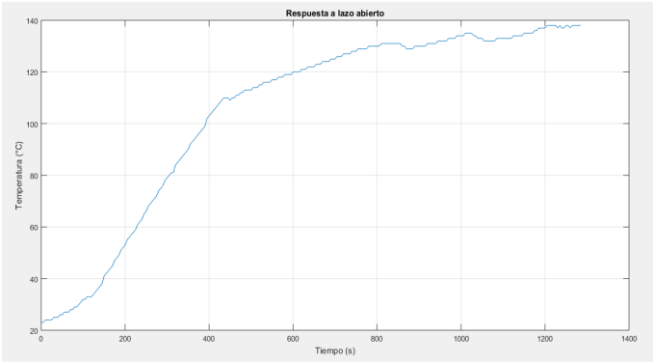


Figura 12.- Respuesta al escalón a lazo abierto.

Para obtener la función de transferencia del sistema se utilizó Matlab, en donde su empleo la herramienta 'System identification' (Swapnil, 2022); esta aplicación ayudó a obtener la función de trasferencia a partir de los vectores que se crearon en el script con los datos obtenidos. En la **Figura 13**, se observa la ventana de la herramienta System Identification después de haber realizado el vaciado de datos para obtener la función de transferencia. Se realizaron 5 aproximaciones, las cuales se muestran en la **Tabla 3**.

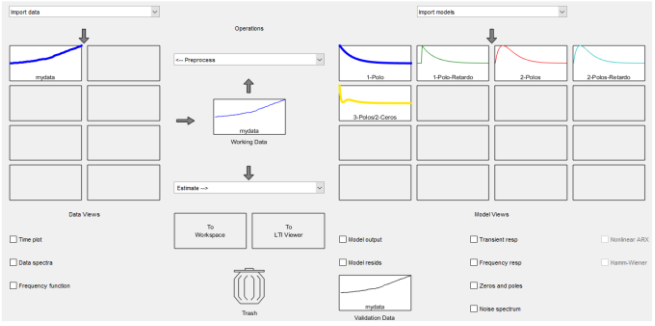


Figura 13.- Interfaz de System Identification.

Tabla 3.- Aproximaciones en a la función de trasferencia.

Aproximación	Forma	Porcentaje de similitud
Un polo sin retardo (azul rey)	$\frac{2.276}{362.28+1}$	86.06%
Un polo con retardo (verde)	$\frac{2.193}{271.44s+1}e^{-92.53s}$	92.55%
Dos polos sin retardo (rojo)	$\frac{2.148}{(189.31s+1)(121.35s+1)}$	94.85%
Dos polos con retardo (azul claro)	$\frac{2.226}{(689.57s+1)(341.45s+1)}e^{-0.31s}$	85.54%
Tres polos y dos ceros (amarillo)	$\frac{0.021s^2+9.38s*e^{-5}+3.65e^{-6}}{s^3+0.035s^2+0.0053s+1.68e^{-6}}$	95.66%

En la **Figura 14**, se observan las diferentes aproximaciones que se elaboraron para la función de transferencia.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

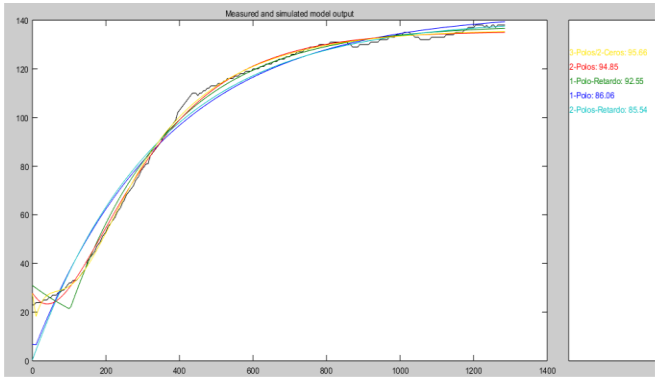


Figura 14.- Obtención de la TF con 'System Identification' de Matlab.

Se selecciona la aproximación de tercer orden por su porcentaje de similitud. Con esta función de transferencia, se procedió a realizar los cálculos para obtener las ganancias que fueron utilizadas en la programación del PLC Micro 830. Para realizar la sintonización se utilizó la herramienta 'PID Tuner' de Matlab, exportando al workspace la función de transferencia y así obtener los parámetros del control. En la **Figura 15**, se observa la curva de respuesta del control PID sobre el sistema. Éstas, fueron la ganancia que se ingresaron al sistema para realizar las pruebas correspondientes. Donde las ganancias obtenidas son: Kp=1.42; Ki=0.0067 y Kd=74.35.

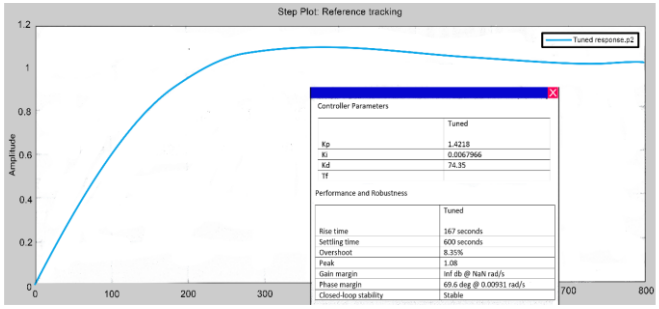


Figura 15.- Obtención de los parámetros del control PID.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Para la comprobación del control empleado, se realizaron diversas pruebas del sistema. Se realizó una prueba con el Set Point de 70°C, en ella el PLC inicia mandando una señal de control alta para elevar la temperatura rápidamente, cuando la variable de proceso está cerca de alcanzar el punto de consigna, ésta empieza a reducir la ley de control para disminuir la tensión de alimentación a las resistencias, sin embargo, esto no fue suficiente para evitar un sobretiro (**Figura 16**).

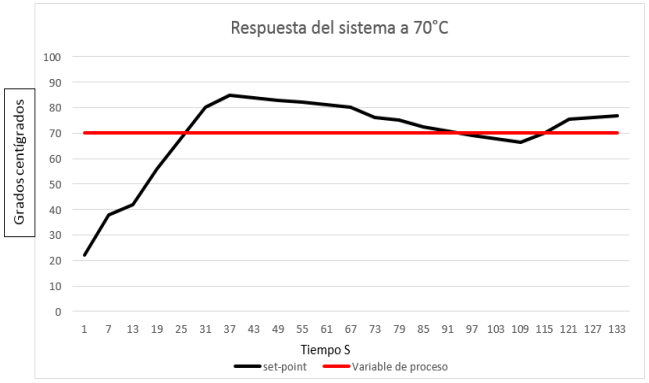


Figura 16.- Respuesta del sistema con ganancias obtenidas.

Para reducir el valor del sobretiro se ajustaron el valor de las ganancias con los siguientes valores: Kp=0.78; Kd=53.4; Ti=0.008 y Td=53. Con estas nuevas ganancias, se probó nuevamente el control y se observó que la respuesta al sistema no genero tanto sobretiro teniendo un margen de error de 3 (**Figura 17**).

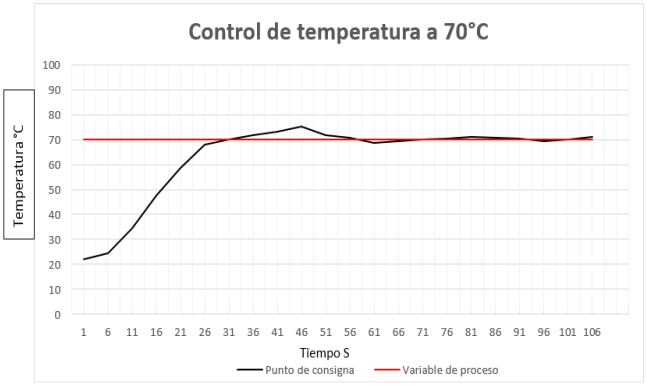


Figura 17.- Respuesta del sistema con a un punto de 70 °C.

Con estas ganancias se manejaron Set Point diferentes, donde se obtuvieron respuestas semejantes (**Figura 18**).

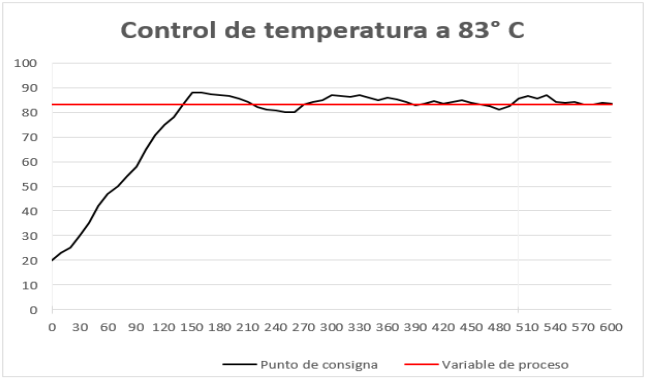


Figura 18.- Respuesta del sistema a un punto de 83°C.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-06, pág.: 1 a la 7.

CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo de propuesta de control de temperatura para el secado de etiquetas flexográficas, se logró la simulación física del control de temperatura con las resistencias, en donde este sistema se tomó como análogo a la problemática real que se tiene en la industria. Se logró simular el sistema real, desde la obtención de la función de transferencia hasta el control de temperatura. Para llegar al punto deseado, Con el software SolidWorks, se obtuvo el diseño de piezas mecánicas y se logró simular el flujo del aire para demostrar que el bosquejo mecánico que se propone es el adecuado logrando una distribución más uniforme a la salida de las flautas en comparación con la campana actual de secado. El bosquejo propuesto del horno de secado fue pensado después de observar e investigar diferentes tipos de hornos de secado para diferentes procesos, tratando de mantener similitud con el horno actual debido a la restricción de no contar con más espacio y por la no modificación del proceso. Otra parte importante que mencionar es la decisión que se toma para cambiar el uso de gas y el quemador por resistencias que sustituirían a los elementos anteriores. Para la programación del PLC encargado del control de temperatura, se realizó un código que hacía referencia al sistema análogo. Se realizó de esta forma para demostrar que el sistema que se toma como análogo al sistema real es capaz de llegar al punto de consigna, utilizando los elementos sugeridos, tales como, resistencias, termopares, PLC y un controlador de potencia. Finalmente, se tiene la sintonización, que se llevó a cabo con ayuda de Matlab para obtener la respuesta del sistema a lazo abierto, debido a que el PLC requería una ganancia proporcional, una derivativa, una de tiempo integral y una de tiempo derivativo fue necesario ir variando el tiempo integral para lograr disminuir las oscilaciones, llegando de esta manera a mantener el sistema en el punto de consigna deseado. Se concluye que los problemas principales que existen actualmente en el proceso de secado es el error demasiado grande en el off-set debido al diseño de la campana, pues el aire se concentra principalmente en una parte lateral, además de que el posicionamiento del único sensor de temperatura está alejado de la parte donde se concentra la salida del aire caliente. Por lo tanto, se concluye que la propuesta de secado de etiquetas funcionaría en caso de ser implementada, pues ha sido demostrado el control de temperatura en un sistema de menor dimensión, pero con características muy similares. Además de disminuir el error que se tiene en el off-set.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Automation, R. (2023). *Micro 830, Micro 850 and Micro 870 Programmable Controllers.*

Boaglio, D. (2024). *Mirada Diferente: Flexografía y Huecograbado.*

Flexographic Technical , A. (2022). *Flexographic Image Reproduction Specifications & Tolerances.*

J. Shao, W. C. (2023). Practical analysis of PID control and switching control in constant value temperature control system. *2023 2nd International Symposium on Sensor Technology and Control (ISSTC)*, (págs. 294-298). Hangzhou, China.

Krishnaswamy, K., & Vijyachitra, S. (2020). *Industrial Instrumentation.*

Rata, G. R. (2016). Temperature control solution with PL. *2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, (págs. 571-575). Iasi, Romania.

Swapnil, P. (2022). *MATLAB and Simulink In Depth: Model based design with Simulink and Stateflow, user interface.*

Z. Enjing, Y. H. (2014). The Design of Temperature Control System of Test Chamber Based on Predictive Control Algorithm. *2014 Fourth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control*, (págs. 226-229). Harbin, China.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Ivone Cecilia Torres Rodríguez: Ingeniera en Control y Automatización de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica por la SEPI ESIME Zacatenco del IPN. Profesora titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Pedro Francisco Huerta González: Ingeniero Electricista de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica, SEPI ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

René Tolentino Eslava: Ingeniero Mecánico de ESIME Azcapotzalco, IPN. M. en C. en Ingeniería Mecánica por la SEPI, ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.

Sistema de automatización para el control y monitoreo en el hogar

***Jonathan Fuentes Euan*, Gabriela Sarahí Vargas López, Tania Abigail Lira Baca, Fernando Gudiño Peñaloza [1]**

RESUMEN

El conjunto de tendencias tecnológicas en el hogar (domótica) o en la industria, escuelas o centros comerciales (inmótica), es un proceso que con el paso del tiempo y los avances en las innovaciones de tecnología se perciben como una realidad para la mayoría de los ciudadanos y como una obligación para los profesionales que se especializan en electrónica, sistemas o mecatrónica. Este trabajo muestra la integración de un sistema de monitoreo ambiental, control de acceso, activación de luminarias, alarmas y algunos dispositivos de uso cotidiano en el hogar a través de una Interfaz Humano-Máquina (HMI por sus siglas en inglés). Se pretende mostrar el desarrollo del proyecto, su implementación bajo un ambiente controlado empleando el laboratorio del área de electrónica de la FES Cuautitlán y en uno relativamente no controlado (cualquier área fuera del laboratorio); permitiendo de esta manera identificar los retos y beneficios que este tipo de sistemas le brindan tanto a los profesionales en el área como a los usuarios finales.

ABSTRACT

The integration of technological trends in home automation (domotics) and building automation for industries, schools, or commercial centers (inmotics) is increasingly becoming a reality for most citizens and a necessity for professionals specializing in electronics, systems, or mechatronics. This paper presents the development and implementation of a comprehensive system for environmental monitoring, access control, lighting activation, alarms, and various everyday household devices through a Human-Machine Interface (HMI). The project was developed and tested in both a controlled environment, using the electronics lab at FES Cuautitlán, and in a relatively uncontrolled environment outside the lab. This dual approach allowed for the identification of challenges and benefits these systems offer to both professionals in the field and end-users. The results demonstrate the practical applications and potential impact of integrating such advanced systems into everyday settings.

Palabras claves: Microcontrolador, ABP, Domótica, Tecnología táctil capacitiva, Interfaz Humano-Máquina.

INTRODUCCIÓN

Fuentes (2021) menciona que mirar al pasado permite recordar (y en este caso aprender) los errores y aciertos que se han tenido, dando como ejemplo el ECHO IV (*Electronic Computing Home Operator* por sus siglas en inglés) un sistema desarrollado en el año de 1966 por el ingeniero James Shutherland; este sistema estaba pensado para permitir tener una casa inteligente, sin embargo, su mayor problema fue el tamaño de la central de operación y los múltiples dispositivos de control (teclados) tenían que estar distribuidos en toda la casa. La solución hoy en día sería ocupar sistemas de control más discretos como una PC, un celular, una Tablet, sensores de movimiento, voz o una pantalla que permita la interacción entre esta y el usuario.

En la actualidad la domótica ha generado un gran interés para las personas gracias a la gran variedad de dispositivos que existen para poder llevar a cabo la automatización y/o el monitoreo de su hogar, brindando a las y los usuarios:

- Confort.
- Seguridad.
- Reducción en el consumo de energía.
- Sistemas fáciles de manejar.
- Accesibilidad.

La interacción que se lleva a cabo entre el humano y la interfaz (física y/o virtual) permite tener una mejor experiencia y tranquilidad al contar con un sistema capaz de resolver varios aspectos al mismo tiempo, por mencionar un ejemplo, la activación de luminarias tradicionalmente se había realizado a través de componentes electromecánicos como son los interruptores que regularmente instalan en los hogares como el que se muestra en la Figura 1.

[1] UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
jfuenteseuan@cuautitlan.unam.mx
Ing. Jonathan Fuentes Euan, Dra. Gabriela Sarahí Vargas López, pIng. Tania Abigail Lira Baca, Dr. Fernando Gudiño Peñaloza.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.



Figura 1.- Interruptor electromecánico que se puede encontrar comúnmente en el hogar para el control de luminarias (imagen de elaboración propia).

Este tipo de interruptores son instalados a una distancia cercana de las luminarias con la finalidad de que, de forma visual, el usuario pueda intuir qué área será la que se active al momento de presionar el interruptor; tomando en consideración esto, cuando se integra una HMI (en este caso una pantalla) podrá instalarse en el lugar que el usuario crea más conveniente, ya sea porque es el área más concurrida en el hogar o porque representa para esta persona un menor desplazamiento.

Estos beneficios que simplifican la interacción con dispositivos de la vida cotidiana o que facilitan la realización de actividades, son posibles no solo por los avances tecnológicos, sino también se deben al trabajo realizado por personas que poseen conocimientos especializados en el ramo. Estos profesionales se forman en los salones de clase, se preparan y experimentan con las opciones que ofrecen las instituciones educativas y gracias a las estrategias que les proveen los profesores.

ANTECEDENTES

Automatización

Agudelo et. al. (2020) comentan que a principios del siglo XX es cuando se lleva a cabo la implementación de la automatización para procesos complejos en donde se utilizan elementos mecánicos y electromecánicos como son motores, relevadores, temporizadores, contadores, entre otros, lo que ha propiciado una carrera por la mejora en cuestiones de automatización en todo el mundo, no siendo esto específicamente en la industria, sino también, dándose en aplicaciones domésticas, quirúrgicas, sociales, de vigilancia, etc.

Cada día, el uso de avances tecnológicos para facilitar las actividades cotidianas se vuelve un factor común en la vida de todas las personas. Diversos estudios, investigaciones y prácticas permiten que la automatización para el control y monitorio de los hogares sea bastante accesible; como afirman Saavedra et. al. (2014), cuando se desarrolla un proyecto domótico, los aspectos más importantes son el aprovechamiento de la infraestructura existente, utilización de dispositivos tecnológicos económicos y de fácil implementación, ya que, de esta manera, se beneficiará a la sociedad y se fomentará el desarrollo tecnológico.

Considerando que la integración de la tecnología en el diseño automatizado de un hogar implica el uso simultáneo de electricidad, electrónica, informática y/o comunicaciones, además de los diversos componentes que existen y permiten establecer un sistema de este tipo, por ello, es necesario analizar las opciones y seleccionar aquellas que son más accesibles y que permiten alcanzar los objetivos. Por ejemplo, de acuerdo con Pérez (2017), para realizar las acciones, podrían utilizarse celulares o pantallas LCD (las cuales, son de cristal líquido y están formadas por un número de pixeles colocados delante de una fuente de luz) o pantallas táctiles (que son láminas transparentes basadas en sensores que reconocen las pulsaciones y envían los datos al dispositivo que lo esté requiriendo).

Las necesidades de las personas son diversas, varían de acuerdo con sus condiciones físicas, sociales y económicas; los avances e innovaciones tecnológicas se acentúan día con día, esto hace que los proyectos en materia de automatización y domótica que sean exitosos hoy podrían verse obsoletos mañana. Con la finalidad de que los proyectos que se desarrollen estén en posibilidades de alcanzar su propósito, es importante enseñarles a los estudiantes de ingeniería a mantenerse actualizados con los nuevos dispositivos, descubrimientos y prácticas.

Aprendizaje Basado en Proyectos

Según Estalayo et. al. (2021), el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un modelo educativo que permite que las y los alumnos desarrollen habilidades de trabajo como planear, implementar y evaluar procesos, acciones y productos que se asemejan al mundo real.

Esta metodología supone que el estudiante se convierte en protagonista de su propio aprendizaje, quedando comprometido a reconocer tanto sus aciertos y cualidades como aquellas áreas donde requiere esmerarse o necesita ayuda.

El primer paso del ABP implica establecer un proyecto que deberá realizarse de manera colaborativa, el cual, no tiene que ser fijo, esto quiere decir que brinda la posibilidad de modificarse o adaptarse de acuerdo con las necesidades, experiencias, gustos y expectativas de los participantes. Cuando el estudiantado es partícipe de la elaboración de este tipo de propuestas, tal como afirma Viveros (2023), se logra un aprendizaje significativo.

Para algunas asignaturas de las carreras de ingeniería, el ABP resulta bastante satisfactorio considerando que para obtener un producto exitoso es necesario que las y los alumnos posean un saber amplio de diversas áreas, que investiguen aquello que no aprendieron, que olvidaron o simplemente va más allá de lo que se puede enseñar en el aula de clases.

En las asignaturas de las carreras de ingeniería, específicamente en Domótica, el procedimiento inicia con el establecimiento de un proyecto sencillo, donde cada estudiante debe contemplar el dominio de conocimientos matemáticos, físicos, eléctricos,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.

mecánicos, electrónicos e, incluso, económico-administrativos. Conforme se avanza en el desarrollo del proyecto, cada estudiante va concientizando los conocimientos que posee y aquellos de los que carece; agregan o modifican de todo tipo de detalles: botones, opciones, funcionalidades, visualización de la interfaz; un aspecto que comienzan a considerar es el costo de cada elemento que compone el proyecto y las ventajas y desventajas de cada uno de estos.

Finalmente, colaborando en equipo y con la guía del docente las y los alumnos consiguen implementar un sistema de automatización para el control y monitoreo en el hogar, identificando de manera adicional, posibles áreas de mejora para futuros proyectos.

DESARROLLO

Se consideró realizar un sistema que fuera capaz de automatizar y monitorear algunos espacios en el hogar, derivado de esto para iniciar con el desarrollo del proyecto los primeros cuestionamientos que surgieron fueron: ¿Qué tipo de pantalla se debería implementar para poder generar la HMI de acuerdo con el diseño previamente planteado? ¿Cuántos módulos se pretenden tener? ¿Cuáles son los trabajos futuros que se podrían realizar apoyados de los elementos que se utilicen en este trabajo?

Elección de pantalla para generar la HMI

Al momento de iniciar el proyecto se contaba con una pantalla NX3224F028 (Figura 2), que de acuerdo con la página web oficial de Nextion (s/f a) en la hoja de datos de este dispositivo las características mencionadas son las siguientes:

- Serie: Discovery.
- Tipo de tecnología táctil: Resistiva.
- Tamaño de pantalla: 2.8”
- Resolución: 320x240 píxeles.
- Peso: 22g
- Memoria FLASH: 4MB
- Los voltajes de operación en corriente directa son de:
  Mínimo: 4.65V
  Recomendado: 5.0V
  Máximo: 6.0V
- Corriente de operación:
  Pantalla con el 100% de brillo: 105mA
  Pantalla en modo reposo normal: 4.5mA
  Pantalla en modo reposo profundo: 0.25mA

Nota: Para este modelo se recomienda utilizar una fuente que opere a 5V y 500mA de corriente directa.



Figura 2.- Vista frontal de la pantalla NX3224F028 mientras no está energizada (Imagen de elaboración propia).

Se esperaba que al implementar una pantalla de tamaño reducido ayudara en la organización del espacio en donde podría colocarse y que el funcionamiento fuera el más adecuado. Se generó una interfaz que permitiera a través de un control de accesos no identificable el ingreso a las personas que contaran con un usuario y contraseña previamente establecidos a través de la programación, es decir, si se requiere generar un nuevo usuario y contraseña solo se podrá realizar si se cuenta con el acceso al código del programa y se da de alta, siendo el mismo caso para cuando se quiera eliminar a una cuenta.

Sin embargo, una de las desventajas más grandes que se presenta en este tipo de pantalla es que, al contar con tecnología táctil resistiva, al momento de presionar las teclas de forma rápida o sin la fuerza suficiente no se reconoce el dato seleccionado, propiciando que se genere un error al verificar los datos de acceso al sistema, asimismo, el brillo que brinda no permite una correcta visualización de la interfaz más allá que del tamaño que tiene y aunque en el planteamiento del desarrollo del sistema, la pantalla presumía ser un dispositivo discreto y que estaba pensado para colocarse en casi cualquier lugar que se requiriera, se intuyó que podría haberse requerido más de dos pantallas.

Por estos motivos es que se consideró implementar la pantalla NX8048P050-011C (Figura 3) ya que, con base en lo descrito en las hojas de datos que presenta Nextion (s/f b) la pantalla cuenta principalmente con las características técnicas que se listan a continuación:

- Serie: Intelligent.
- Tipo de tecnología táctil: Capacitiva.
- Tamaño de pantalla: 5.0”
- Resolución: 800x480 píxeles.
- Peso: 143g
- Memoria FLASH: 120MB
- RTC: Incorporado en la pantalla (requiere batería).
- Puertos de entrada/salida: 8 puertos (IO0 – IO7)
  IO6 e IO7 admiten PWM.
- Los voltajes de operación en corriente directa son de:
  Mínimo: 4.65V
  Recomendado: 5.0V

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.

Máximo: 6.5V

- Corriente de operación:
  Pantalla con el 100% de brillo: 220 mA
  Pantalla en modo de reposo: 170 mA

Nota: Para este modelo se recomienda utilizar una fuente que opere a 5V y 1.0A de corriente directa.



Figura 3.- Vista frontal de la pantalla NX8048P050-011C mientras no está energizada (Imagen de elaboración propia).

Finalmente, se optó por utilizar la pantalla NX8048P050-011C ya que en comparación con la NX3224F028 el brillo que brinda es mejor, permitiendo visualizar la pantalla en ambientes con cualquier condición de intensidad luminosa, asimismo, al contar con una pantalla más grande y con tecnología táctil capacitiva permitió que la interacción entre el usuario y la interfaz fuera más fluida y eficiente, además es posible generar dos o más pulsaciones al mismo tiempo.

Gestión de seguridad

La primera interfaz que el usuario visualizará es la que se muestra en la Figura 4, de modo que una vez que el sistema encienda el individuo debe identificarse, la seguridad implementada se basa en un control de accesos no identificable en el cual se solicita el ingreso de uno de los usuarios con la respectiva contraseña.

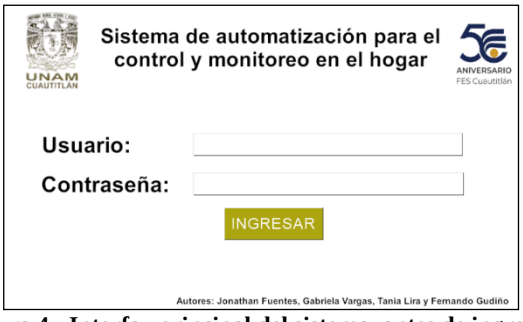


Figura 4.- Interfaz principal del sistema, antes de ingresar datos en los campos de usuario y contraseña (imagen de elaboración propia).

Para brindar mayor seguridad al sistema en la generación de usuarios y contraseñas se brinda la opción de insertar datos alfanuméricos, símbolos y espacios, además se hace diferencia entre el ingreso de letras escritas en mayúsculas y minúsculas, asimismo, como otra forma de seguridad al momento de ir ingresando la contraseña cada uno de los caracteres se representan a través de un asterisco (figura 5).



Figura 5.- Interfaz después de ingresar como usuario la palabra: Congreso 2024 y en contraseña: FESC.2024 (imagen de elaboración propia).

Si el usuario y la contraseña son erróneos, entonces el sistema muestra una pantalla de error, esta se cierra pulsando la X que se encuentra en la parte superior derecha del aviso y en color rojo, una vez que se pulsó se muestra la pantalla principal (Figura 4) quitando los datos que se habían ingresado previamente (Figura 6).

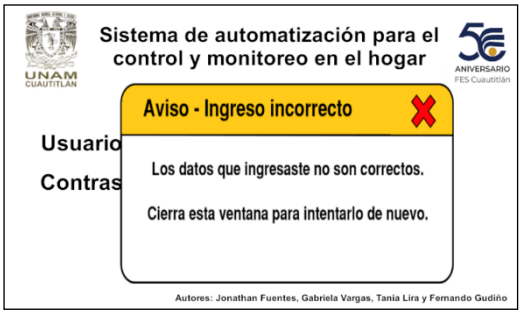


Figura 6.- Aviso de error que arroja el sistema cuando se ingresaron usuario o contraseña de forma errónea (imagen de elaboración propia).

De este modo es como se otorga seguridad al sistema, manteniendo a las o los intrusos al margen del menú del sistema que es en donde se puede acceder a los servicios que se pueden monitorear y controlar del hogar.

Menú del sistema

En la Figura 7 se muestra el menú del sistema al cual se tiene acceso una vez que se detectó el usuario y contraseña correctos, en la imagen se puede observar los siguientes elementos de control y/o monitoreo:

1. Apertura y cierre de una cerradura.
2. Control de las luminarias.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.

3. Monitoreo del clima.

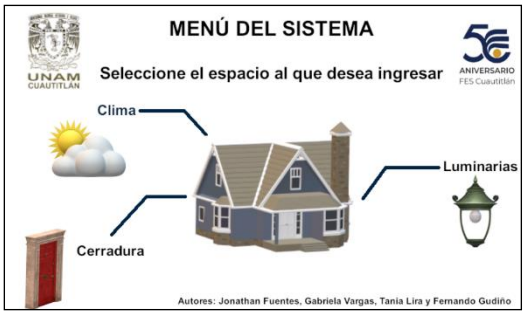


Figura 7.- Menú del sistema que permite elegir el sistema a monitorear o controlar (imagen de elaboración propia).

De igual forma, se activó un botón en el nombre del MENÚ DEL SISTEMA, con la finalidad de cambiar de usuario si así se desea, ya que el menú puede estar personalizado de acuerdo con el usuario que haya ingresado.

Activación y desactivación de la cerradura

En este punto se muestra la interfaz que permite el control de la cerradura dependiendo de la acción que se desea realizar, ya sea que se necesite generar la apertura o el cierre de la cerradura. Para ello se requiere hacer uso del botón que tiene forma de puerta el cual simula la activación al ser presionado (Figura 8) o la desactivación de esta como se muestra en la Figura 9.



Figura 8.- La puerta se muestra cerrada hasta que se presione para cambiar su estado (imagen de elaboración propia).

El mensaje de bienvenida permanece activo sin importar si la cerradura se activó o desactivo, sin embargo, este puede cambiar también de acuerdo con el usuario que haya ingresado, para efectos de este desarrollo solo se muestra el mensaje establecido para el usuario Congreso 2024 con contraseña FESC.2024.



Figura 9.- Visualización al desactivar la cerradura, simulando que se apertura una puerta (imagen de elaboración propia).

Aunque el sistema funciona adecuadamente, se considera que solo debe de ser de entendimiento de cómo se puede integrar la apertura de la puerta a un menú, sin embargo, lo ideal es que una vez que se ingresaron los datos correctos en la pantalla del control de acceso, automáticamente la cerradura se desactivara.

Control de luminarias

Asimismo, al mencionar un sistema domótico no puede faltar una de las automatizaciones más comunes que son el control ON/OFF de las luminarias, en este paso se generó una interfaz que permite activar y desactivar el área que se desea alumbrar implementando un interruptor digital, para ello se desarrolló una interfaz que muestra un foco en color gris claro cuando una luminaria se encuentra apagada como se puede ver en la Figura 10.



Figura 10.- Interfaz que muestra las luminarias apagadas (imagen de elaboración propia).

Como se comentó al momento de realizar la elección de pantalla, en este módulo es en donde mejor se puede observar el potencial de contar con una pantalla con tecnología táctil capacitiva, en donde se pudieron activar y desactivar las luminarias, dependiendo el estado actual en el que se encuentren; suponiendo que las luminarias se encontraban apagadas (Figura 10) y se decide presionar al mismo tiempo los botones de “Cochera, Planta baja y Planta alta” las luminarias y la interfaz cambio de modo que ahora se muestra la activación de las mismas tal como se puede apreciar en la Figura 11.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.



Figura 11.- Interfaz que muestra todas las luminarias encendidas (imagen de elaboración propia).

En las Figuras 8, 9, 10 y 11 se puede observar que hay un botón con la palabra "Regresar", este elemento sirve para cumplir con dos condiciones, la primera es poder volver al menú principal (Figura 7) y la segunda es que en este caso se supuso que una vez que el usuario lo oprimiera todo el sistema del que se sale debería de quedar desactivado, ya que esto permitirá el ahorro de energía y al mismo tiempo seguirá brindando seguridad, ya que no se mantendrán las luminarias encendidas alargando su tiempo de vida y previniendo que se calienten y eso pueda generar un accidente, sin embargo, aquí depende del enfoque que se le quiera dar, ya que también se puede programar de modo que mantenga los estados actuales de las luminarias y que se tengan que desactivar forzosamente presionando las áreas correspondientes en la pantalla.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados son favorables ya que se puedo automatizar dos procesos que permiten el control de una cerradura y tres luminarias, para ambos sistemas se puede conocer el estado en el que se encuentran (activados o desactivados) ya que de forma visual los íconos cambian, asimismo, en el caso de las luminarias se pueden activar de forma independiente y de manera simultánea si así se desea, solo se requiere presionar los íconos al mismo tiempo para verificar su correcto funcionamiento.

Una de las áreas de oportunidad en este proyecto es la implementación del sistema físico, ya que en lugar de utilizar una *protoboard* para el armado de los circuitos se espera poder diseñar una placa fenólica que apoye a la disminución del cableado, asimismo, por cuestiones de mejorar los costos se pretende utilizar un microcontrolador en lugar de la tarjeta de desarrollo de Arduino. Si bien este trabajo pretende demostrar el comportamiento de un sistema automatizado, se quiere hacer énfasis que es pensado para el mejoramiento de la enseñanza para las y los estudiantes de ingeniería que se interesen en comprender mejor el funcionamiento de los sistemas y desarrollo de los sistemas domóticos a través de los ABP.

El ABP es complejo y requiere que todos los involucrados colaboren con dedicación y esfuerzo; es posible decir que los resultados son beneficiosos debido a que el estudiantado concluye que la comprensión de los temas es sencilla gracias a la visualización palpable de proyectos que implementar en sus hogares. Al mismo tiempo, los docentes comentan que la comunidad estudiantil se muestra curiosa e interesada.

Con respecto a los retos que se presentaron al implementar el sistema de automatización para el control y monitoreo en el hogar se pueden citar los siguientes:

- Los usuarios deben tener cierta familiarización con el uso de dispositivos o, al menos, deben tener la disposición a utilizarlos.
- Es posible compartir los datos de acceso para la gestión del control.
- Se requiere nombrar los espacios y recordar estas denominaciones.
- Los gustos y necesidades de los usuarios en cuanto al encendido de luminarias, por mencionar un ejemplo son variables: algunos prefieren que exista una opción para apagarlas todas con un solo botón, otros prefieren que al salir de la aplicación las luminarias se desactiven de manera automática.

Se espera poder integrar más módulos enfocados a la domótica y mejorar las interfaces gráficas, asimismo, actualmente se está trabajando en incorporar paneles solares con la idea de que el sistema central que está operado por el microcontrolador, algunos dispositivos electrónicos de entrada y la pantalla aproveche este tipo de energía mejorando aún más el gasto eléctrico a diferencia si todo estuviera alimentado por la energía eléctrica del hogar.

Se cuenta con una celda que opera a 5V y entrega 160mA, por lo que permite la activación de la pantalla de tipo resistiva, sin embargo, solo para poner en funcionamiento la pantalla capacitiva está 60mA por deba de la corriente de operación requerida, por ello se espera poder adquirir otras celdas y realizar la configuración correspondiente para que aumente el amperaje requerido para el funcionamiento del sistema.

AGRADECIMIENTOS

- Trabajo realizado con el apoyo de la Cátedra de Investigación CI2480
- Trabajo realizado con el apoyo del programa FESC-PIAPIME 1.31.09.24

REFERENCIAS

Agudelo, N., Tano, G., & Vargas, C. A. (2020). Historia de la Automatización. Universidad Ecci. https://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia%20de%20la%20Automatizacion.pdf

Burbano, A., Ureña, F., Cardoso, F. & Almario, A. (2017). Control de luces de taller con dispositivo móvil. Informe final de seminario. Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/406ecdbc-87ac-4020-a817-4458903195a1

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-07, pág.: 1 a la 7.

Chandomí, J. & Farrera, D. (2017). Desarrollo de un manual de procedimientos de operación de sistemas de automatización y control para casas y edificios. Informe final de proyecto de residencia profesional. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2643

Estalayo, A., Gordillo, S., Iglesias A. & López, M. (2021). La historia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). En Pérez de Albéniz, A., Fonseca, E. & Lucas, B. (coords.). *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos. Claves para su implementación.* Universidad de la Rioja.

Fuentes, J. (2021). Desarrollo de aplicaciones domóticas en MATLAB App Designer, implementadas en una tarjeta de desarrollo Arduino (tesis de licenciatura, FESC-UNAM). TESIUNAM

Mosquera, I. (28 de enero de 2019). El aprendizaje por proyectos: una apuesta de futuro con muchos años de recorrido. Universidad Internacional de La Rioja. https://www.unir.net/educacion/revista/el-aprendizaje-por-proyectos-una-apuesta-de-futuro-con-muchos-anos-de-recorrido/

Nextion. (s/f a). NX3224F028. Consultado el 14 de junio de 2024. https://nextion.tech/datasheets/nx3224f028/

Nextion. (s/f b). NX8048P050-011C. Consultado el 14 de junio de 2024. https://nextion.tech/datasheets/nx8048p050-011c/

Pérez, M. (2017). Diseño y fabricación de dispositivo táctil para el manejo y control de luces. Universidad Carlos III de Madrid. https://e-archivo.uc3m.es/entities/publication/1f100116-7d0c-495a-b421-145d806df287

Saavedra, H., Aguirre, J., Mejía, A., Riaño, K., Romero, C. & Sierra, C. (2014). Diseño e implementación de un prototipo para automatización de vivienda. Memorias 1er Encuentro Nacional de Semilleros de Investigación en Ingeniería Electrónica. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

Viveros, M. (2023). Aprendizaje Basado en Proyectos para asignaturas de Ingeniería y Administración. UPAEP. https://investigacion.upaep.mx/micrositios/ebpd/assets/aprendizaje_basado_en_proyectos.pdf

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Jonathan Fuentes Euan: Ingeniero en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Gabriela Sarahí Vargas López: Doctora en Educación por el Centro Pedagógico de Cuautitlán Izcalli, Maestra en Finanzas por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM y Licenciada en Administración por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Tania Abigail Lira Baca: Egresada de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Fernando Gudiño Peñaloza: Doctor y Maestro en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Ingeniero Mecánico Electricista por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

Sistema y dispositivo integral de control numérico computarizado para corte y grabado

Devean Axiel González Diaz[1], Castillo Yescas Itayetzi[1], Naiobi Van Vértiz Figueroa [2], [3]Dr. Iván Alberto Vértiz Maldonado, [4]Dr. Allan Ronier Diez Barroso Agraz

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema integral para el corte y el grabado de perfiles y estructuras sólidas, principalmente metales y cerámicas.

Este sistema se basa en la implementación de un lenguaje de programación vectorial mediante el cual se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas (segmentos de recta y arcos de circunferencia), junto con sus parámetros de maquinado (velocidades y avance de herramienta), para el desarrollo de un mecanismo que permita definir procesos de producción de piezas diversas. Este mecanismo dirigirá el movimiento mediante el uso de comandos programados, implementando una placa de circuito electrónico diseñada específicamente para controlar los motores, facilitando la conexión, velocidad, aceleración, alimentación y el control de los componentes electrónicos del sistema de software, como las coordenadas y vectores mediante el código G, con la finalidad de asegurar cortes precisos sin necesidad de acabados posteriores. Para lograr esto, se emplearon tecnologías en el diseño del software de control para optimizar la velocidad, la precisión y la eficiencia del sistema en términos de repetibilidad, flexibilidad, reducción de errores y, por supuesto, el aprovechamiento de la materia prima.

Además del aspecto del software, el proyecto incluye el diseño y desarrollo del dispositivo físico encargado de realizar los cortes. Este dispositivo está diseñado teniendo en cuenta las necesidades primarias, como la rigidez estructural, la durabilidad de los componentes y la facilidad del proceso de armado.

El proyecto se enfoca principalmente en el desarrollo de un mecanismo, que permita implementar diversas operaciones, tales como corte, trazo y grabado entre otras, incorporando herramientas de software para ofrecer precisión y flexibilidad en la técnica de corte a estructuras sólidas y especialmente en materiales como metales y cerámicos.

[1] [2] Universidad Politécnica del Valle de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, División de Ingeniería Mecatrónica, investigacionupvm@gmail.com, Estudiantes de Licenciatura.

[3] Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco, Academia Hidráulica, Catedrático.

ABSTRACT

The project aims to develop an integrated system for cutting and engraving profiles and solid structures, primarily metals and ceramics.

This system is based on the implementation of a vector programming language through which simple actions and simple geometric entities (straight line segments and circumference arcs) are described together with their machining parameters (speeds and tool feed) for the development of a mechanism to define production processes of various parts, which in turn will direct the movement through the use of programmed commands, implementing an electronic circuit board specifically designed to control the motors facilitating the connection, speed, acceleration, power supply and control of the electronic components of the software system, such as coordinates and vectors through G code, in order to ensure that they are accurate cuts without the need to carry subsequent finishes, to achieve this, technologies were used in the design of the control software to optimize the speed, accuracy and efficiency of the system in repeatability, flexibility, error reduction and of course the use of raw material.

In addition to the software aspect, the project includes the design and development of the physical device in charge of making the cuts. This device is designed taking into account the primary needs such as structural rigidity, durability of the components and ease of the assembly process.

In summary, the project focuses on the development of a mechanism that allows the implementation of diverse operations such as line cutting and engraving among others, incorporating software tools to offer precision and flexibility in the cutting technique to solid structures, especially in materials such as metals and ceramics.

Palabras claves: CNC, Software, Mecanismo, Sistema

[4] Universidad Politécnica del Valle de México, División de Ingeniería Mecatrónica, Dirección General, IntGen Technologies de México S.A de C.V proyectos@intgen.com.mx, M. en C.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

INTRODUCCIÓN

La CNC (Control Numérico Computarizado) es una tecnología utilizada para controlar herramientas y máquinas mediante instrucciones codificadas en un programa. Estos programas contienen datos específicos, como coordenadas y parámetros de operación, que guían los movimientos precisos de las máquinas para realizar tareas como corte, fresado, torneado y grabado en una variedad de materiales, incluidos metales, plásticos y maderas.

El funcionamiento de las máquinas CNC se basa en el uso de comandos programados, a menudo en un lenguaje conocido como código G, que dictan cada movimiento y operación de la herramienta. Estas instrucciones permiten automatizar procesos de manufactura, mejorando la precisión, eficiencia y repetibilidad en la producción de piezas complejas.

A través de este proyecto, se explora la conceptualización, diseño y puesta en práctica de un sistema integral CNC, centrándose en comprender y aplicar los principios fundamentales del control numérico y las aplicaciones potenciales de automatización en diversos sectores industriales, así como en destacar su importancia en la era de la manufactura digitalizada y automatizada.

Además, este documento aborda los componentes básicos y elementales del funcionamiento y los beneficios del sistema, proporcionando una visión exhaustiva de su contribución al avance continuo de la tecnología de fabricación actual.

ANALISIS DE DATOS

Comúnmente, el número de ejes de un dispositivo CNC puede variar de 2 a 5 o más, lo que determina la complejidad de los grabados interiores y exteriores que puede ejecutar, así como su capacidad para moverse con precisión a lo largo de cada eje. La propuesta del modelo se diseñó con la optimización de 2 ejes principales, que son X e Y.

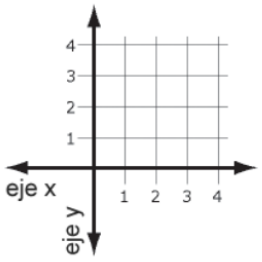


Figura 1.- Eje de coordenadas en el plano

Héctor, A. (2022). Articulo. EL EJE DE COORDENADAS.

Para evaluar el rendimiento del dispositivo, se llevó a cabo una recopilación de datos sobre el tiempo de operación, el tiempo de inactividad y el consumo de energía. Los datos indican que el tiempo de operación promedio diario es de 6.2 horas, durante 4 días consecutivos del mes 03 mientras que el tiempo de inactividad durante esos mismos días el promedio diario es de 2.8 horas.

Referencia (1) y (2)

Calculo:

Promedio diario de tiempo de operación:

$(7+8+9+7)/5 = 6.2$ horas (1)

Promedio diario de tiempo de inactividad:

$(3+4+2.5+4.5)/5 = 2.8$ horas (2)

Estas cifras se obtienen de los siguientes tiempos: 7, 8, 5 y 11 horas de operación, y 3, 4, 2.5 y 4.5 horas de inactividad, respectivamente. Este análisis de las tendencias de tiempo nos proporciona una visión sobre el rendimiento y la eficiencia del dispositivo, abarcando aspectos críticos como el tiempo de operación y el consumo de energía.

Fecha	Tiempo de Operación (h)	Tiempo de Inactividad (h)	Consumo de Energía (kWh)
2024-08-03	7	3	0.013
2024-09-03	8	4	0.016
2024-10-03	9	2.5	0.018
2024-11-03	7	4.5	0.012

Diseño Autoral. (2024).

ESPECIFICACIONES ELECTRONICAS

En base a lo expuesto anteriormente, a continuación, se muestran las especificaciones del material electrónico utilizado para el dispositivo.

Los drivers A4988 para los motores a pasos se usaron principalmente para regular y controlar la velocidad y la dirección. El voltaje de entrada tiene un amplio rango que va desde 9V hasta 42V y es capaz de soportar picos de corriente de hasta 4 A, lo cual es suficiente para la mayoría de los motores a pasos comerciales.

El driver cuenta con un dip switch que permite configurar la corriente y la opción de usar microstepping. Además, se incluyen datos sobre las propiedades del driver en la (Tabla 2).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

Tabla 2.- Especificaciones del Driver

Especificación	Rango
Corriente de entrada	0 a 4A
Voltaje de entrada	9 a 42V
Salida de corriente	0.5 a 4A (ajustable)
Señales de control	3.3 a 24V
Potencia máxima	160W
Micro step	1, 2/A, 2/B, 4, 8, 16, 32
Temperatura de funcionamiento	-10°C a 45°C

Diseño Autoral. (2024).

MICROSTEPPING

Normalmente, los motores necesitan un número específico de pulsos para completar una vuelta completa. Por ejemplo, los motores NEMA 17 con un ángulo de 1.8° necesitan 200 pulsos para completar una vuelta completa.

El microstepping nos permite una mayor precisión, llegando hasta 6400 pulsos por revolución. Además, logra movimientos más suaves y aumenta ligeramente la velocidad.

Cuando queremos que nuestro motor se mueva un paso, el driver envía una cantidad de corriente específica, necesaria para que el motor dé ese paso. Si le indicamos al driver que realice micro pasos, este enviará un porcentaje de esa corriente, de manera que, en lugar de moverse un paso completo, el motor se moverá un poco menos. El driver ajustará la corriente enviada al motor para dar micro pasos hasta completar un paso entero. (Figura 2).

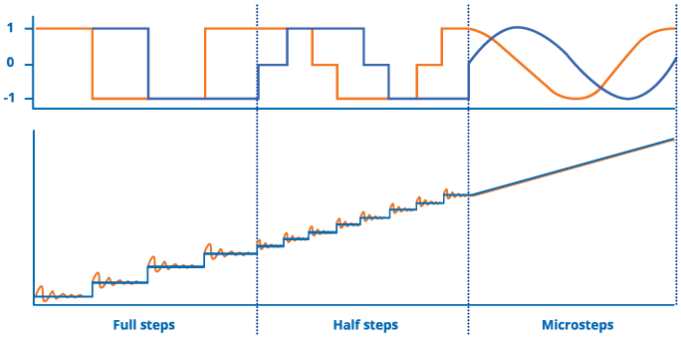


Figura 2.- Eje de coordenadas en el plano

Analog Devices. (2024). Publicación. OPTIMIZACIÓN DE MOTORES PASO A PASO CON MICROPASOS

Como es mostrada en la (Figura 2). Esto tiene como objetivo impulsar a los motores con una forma de onda de corriente sinusoidal y hacer que los pasos sean completos, medios pasos o también micro pasos.

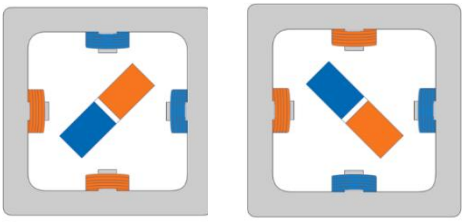


Figura 3.- Embobamiento electromagnético del motor

Analog Devices. (2024). Publicación. OPTIMIZACIÓN DE MOTORES PASO A PASO CON MICROPASOS

Debido a la rápida respuesta de los motores, estos se convirtieron en una opción viable para el posicionamiento en bucle abierto. Ayudan a enviar una corriente eléctrica de manera eficiente a través de las bobinas del motor, forzando así al rotor magnético (Figura 3) a mover los ejes a la posición deseada.

Tabla 3.- Especificaciones del Motor

Especificación	Rango
Modelo	42HD4027-01-A
Corriente de entrada	0 a 4A
Conector del cable	4 pin Dupont female
Fases	2
Par de retención	400 mN*m
Voltaje nominal	3.3 V
Corriente nominal	1.5 A
Inductancia por fase	3.8 mH ± 20%
Resistencia por fase	2 Ω ± 10%
Ángulo de paso	1.8°

Diseño Autoral. (2024).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

MODELADO 3D

Se emplearon modelados en diseño 3D, utilizando el software de diseño asistido por computadora Fusion 360. Estos incluyen lo siguiente:

- **Base y Estructura:** La base está construida con perfiles de aluminio extruido, proporcionando una plataforma estable y rígida.
- **Mesa de Trabajo:** Montada sobre guías lineales, la mesa de trabajo se desplaza en el eje X e Y con precisión gracias a los motores NEMA 17 y las correas GT2.
- **Sistema de Transmisión y Grabado:** Utiliza una fresa de grabado para el sistema de diseño y poleas con correas dentadas GT2, conectadas a los motores NEMA 17, permitiendo un control del movimiento de la mesa de trabajo.

A continuación, se muestran los diseños de cada componente:

Componentes principales:

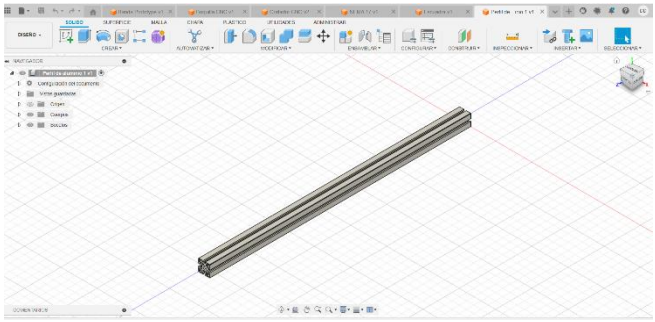


Figura 4.- Perfil de Aluminio 1.0

Diseño Autoral. (2024).

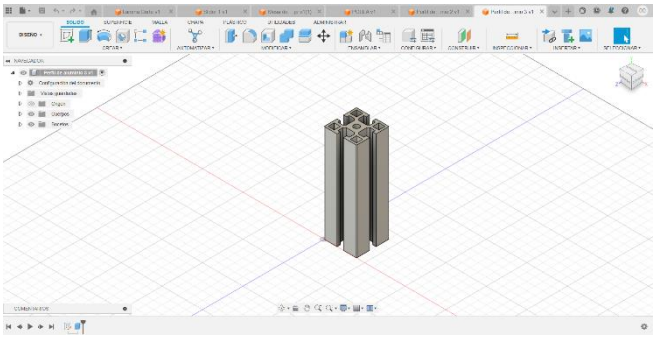


Figura 5.- Perfil de Aluminio 2.0

Diseño Autoral. (2024).

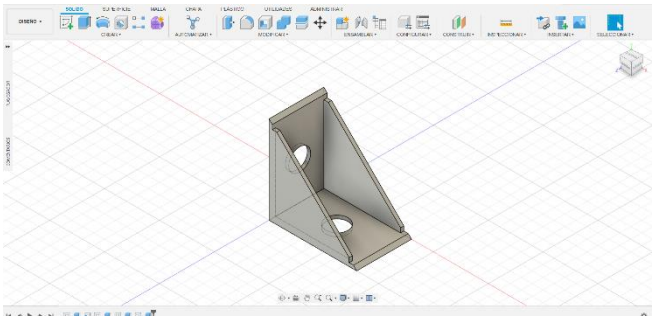


Figura 6.- Escuadra plana

Diseño Autoral. (2024).

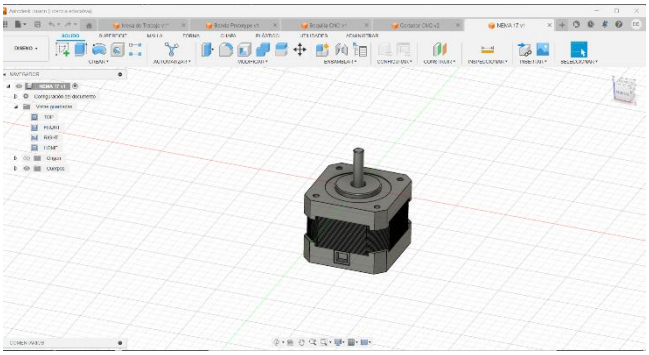


Figura 7.- Motor NEMA 17

Diseño Autoral. (2024).

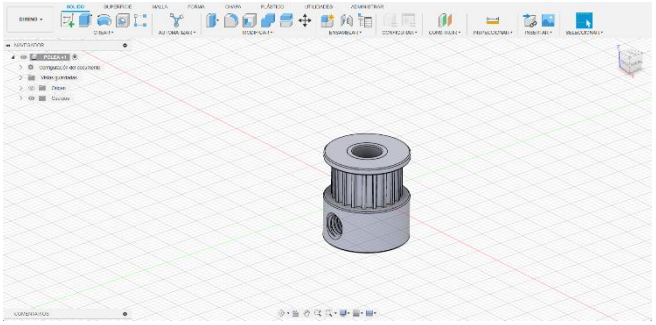


Figura 8.- Polea

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

Diseño Autoral. (2024).

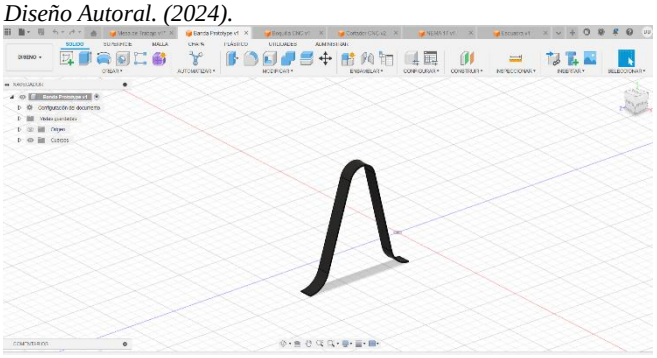


Figura 9.- Cuerda/Banda dentada GT2

Diseño Autoral. (2024).

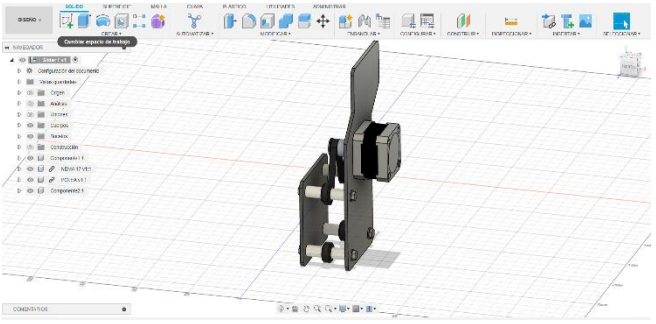


Figura 10.- Slider/Motor (Sistema de polea)

Diseño Autoral. (2024).

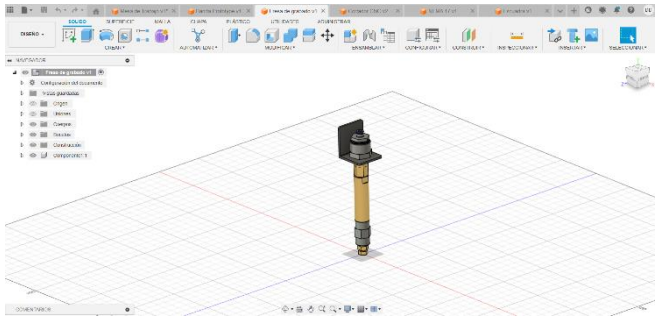


Figura 11.- Fresa de grabado

Diseño Autoral. (2024).

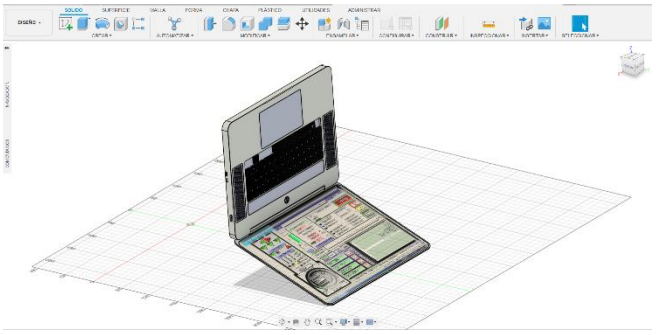


Figura 12.- Computadora

Diseño Autoral. (2024).

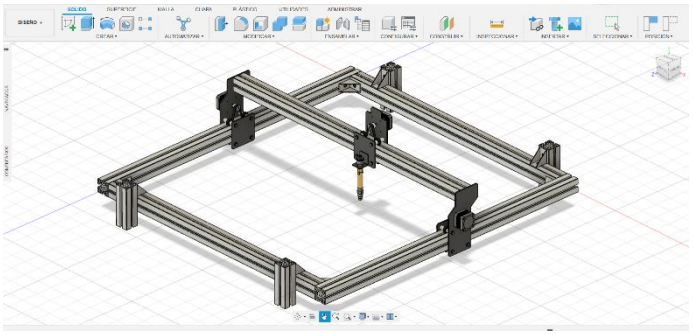


Figura 13.- Pantógrafo CNC (Ensamblaje)

Diseño Autoral. (2024).

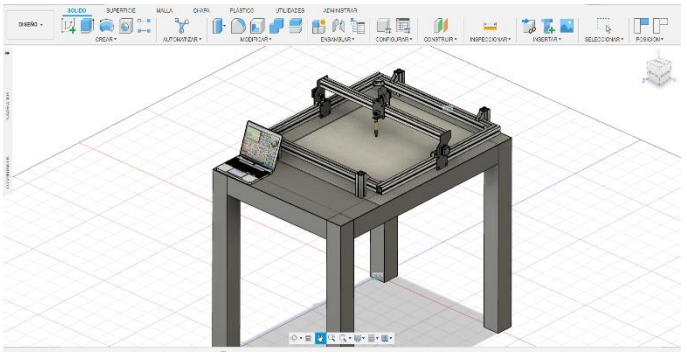


Figura 14.- Mesa de trabajo CNC (Ensamblaje)

Diseño Autoral. (2024).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

CODIGOS Y ESQUEMA DE PROGRAMACION

La programación utilizada consta básicamente de una lista secuencial de instrucciones que son ejecutadas por la máquina y guían a la CNC en la realización de operaciones de mecanizado. Estas instrucciones se escriben principalmente en un lenguaje especializado llamado G-code, el cual permite controlar todos los movimientos y operaciones de la máquina.



Figura 15.- Lista secuencial de instrucciones

Groover, M. (2018). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.). EE. UU.: Pearson.

Un programa CNC consta de varios caracteres. Los más usuales son las letras, que deben ir siempre en mayúsculas y se conocen como códigos. Por su parte, los números representan datos. La combinación de una letra con números se conoce como una "palabra", y la combinación de varias palabras se denomina "línea" o "bloque de programa". Finalmente, la combinación de varios bloques forma un programa CNC completo.



Figura 16.- Estructura de un programa

TecnoEdu. (2019). Programación de máquinas de CNC con códigos G&M.

Los códigos G, conocidos como funciones preparatorias o de movimiento de la máquina, realizan la mayoría de los movimientos necesarios para el corte de material (Tabla 4).

Los más comunes son los siguientes:

Tabla 4.- Tabla de funciones principales (Código G)

Código G	Acción
G00	Movimiento rápido
G01	Interpolación lineal
G02	Interpolación circular a favor de las manecillas del reloj
G03	Interpolación circular en contra de las manecillas del reloj
G04	Pausa en segundos
G17	Selección del plano de trabajo X Y
G18	Selección del plano de trabajo X Z
G19	Selección del plano de trabajo Y Z
G20	Entrada de datos en pulgadas
G21	Entrada de datos en milímetros
G28	Retorno a la posición de home
G29	Retorno de home a la última posición de trabajo
G40	Cancelación de la compensación diámetro del cortador
G41	Compensación del diámetro del cortador hacia la izquierda
G42	Compensación del diámetro del cortador hacia la derecha
G43	Compensación en altura del cortador
G49	Cancelación de la compensación en altura del cortador
G54	Memoria de cero de pieza
G55	Memoria de cero de pieza
G56	Memoria de cero de pieza
G57	Memoria de cero de pieza
G58	Memoria de cero de pieza
G59	Memoria de cero de pieza
G73	Ciclo de taladrado con retracción al plano de seguridad
G80	Cancelación de ciclo de taladrado
G81	Ciclo de taladrado de poca profundidad
G82	Ciclo de taladrado con pausa
G83	Ciclo de taladrado profundo
G84	Ciclo de machuelado
G90	Coordenadas absolutas
G91	Coordenadas incrementales
G92	Desplazamiento del área de trabajo.
G94	Velocidad de corte expresada en avance por minuto.
G95	Velocidad de corte expresada en avance por revolución.
G98	Retorno al nivel inicial.
G99	Retorno al nivel R.
G107	Programación del 4o. eje.

TecnoEdu. (2019). Programación de máquinas de CNC con códigos G&M.

Ejemplo de aplicación de código G

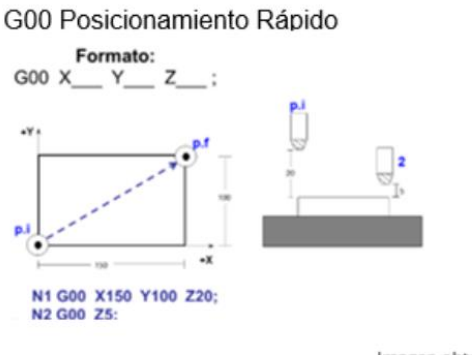


Figura 18.- Estructuración de Código – G para posicionamiento

DMTC. (D.F.). (2019)., VDL600A-DMTG-Centros-De-Mecanizado-CNC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

Además del código G, existen los códigos M, que forman parte de la misma estructura secuencial, pero tienen funciones distintas. Los códigos M se utilizan para realizar funciones auxiliares o misceláneas de la máquina, que apoyan el movimiento de la herramienta para producir el corte en la pieza de trabajo (Tabla 5).

Tabla 5.- Tabla de funciones principales (Código M)

Código	Función
M00	Paro incondicional del programa
M01	Paro opcional del programa
M02	Fin de programa, corte de energía
M03	Giro del husillo a favor de la manecillas del reloj
M04	Giro del husillo en contra de la manecillas del reloj
M05	Paro del husillo
M06	Tomar herramienta
M08	Encendido del refrigerante
M09	Apagado del refrigerante
M30	Fin programa
M41	Abrir prensa
M42	Cerrar presa
M43	Señal recíproca entre fresa y otro dispositivo
M46	Abrir puerta
M47	Cerrar puerta
M98	Llamado a subprograma
M99	Regreso al programa principal

TecnoEdu. (2019). Programación de máquinas de CNC con códigos G&M.

IMAGEN DIGITAL Y VECTORIAL

Con base en el análisis anterior sobre la programación del maquinado CNC, el diseño de vectores CNC implica la creación de archivos digitales en formato vectorial, como los utilizados en láseres y routers. Estos archivos contienen instrucciones precisas sobre cómo la máquina debe cortar y grabar.

La vectorización consiste en convertir imágenes formadas por píxeles en imágenes formadas por vectores, tal como se muestra en la (Figura 19).



Figura 19.- Vectorización de imagen

Florencia, U. (2016). Imagen Digital. Definición ABC.

Para la vectorización de un diseño en CNC, primero se debe preparar un bosquejo abriendo un archivo en un software de diseño vectorial. Ejemplos de estos programas son Adobe Illustrator, CorelDRAW e Inkscape. Es importante asegurarse de que el diseño esté completo y listo antes de importar la imagen que se desea vectorizar, seleccionando la opción "Archivo" y luego "Importar" (Figura 20).

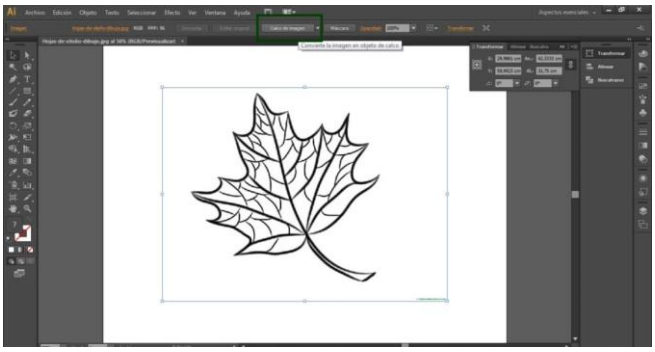


Figura 20.- Software de vectorización digital Inkscape

Florencia, U. (2016). Imagen Digital. Definición ABC.

Dentro del software de vectorización, se deben seleccionar las herramientas de trazado disponibles en el programa. Con ellas, se obtienen detalles que son editables. Luego, se puede comenzar a modificar los trazos y eliminar los colores hasta obtener los resultados deseados. Una vez completado el proceso de vectorización, el diseño debe guardarse en un formato compatible para que el software de código G pueda interpretarlo. Los formatos especialmente compatibles son DXF y SVG (Figura 21).

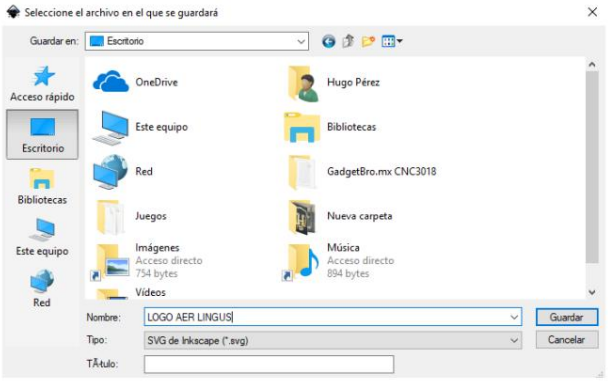


Figura 21.- Imagen ejemplificativa del archivo

Florencia, U. (2016). Imagen Digital. Definición ABC.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

SOFWARE CONTROLADOR AUTONOMO DE INTERACCION UNIVERSAL CNC A CODIGO - G

Para llevar a cabo los movimientos e instrucciones dadas a la máquina CNC, es necesario implementar un software de interacción vectorial que interprete una imagen mediante comandos o código G. En este caso, se utilizó el software llamado Universal G-Code Sender, más conocido como UGS. Este es un software de control CNC que recibe el nombre de "Universal" porque es compatible con varias opciones de firmware, como GRBL, TinyG, Smoothieware y G2core.

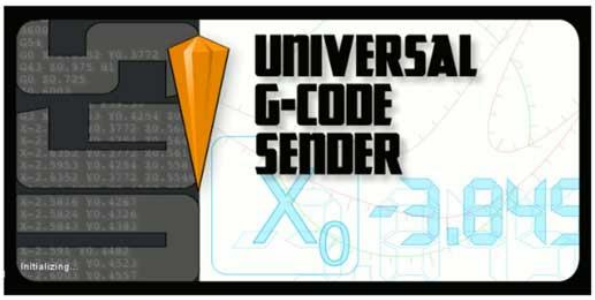


Figura 22.- Universal G Code Sender

Keith H. (2020). CNC UGS Universal Gcode Sender

El software de control facilita la comunicación entre la máquina CNC y la computadora. Permite gestionar el proceso de mecanizado CNC directamente desde la computadora y ofrece ventajas como una mayor supervisión de la máquina y una vista en tiempo real de la trayectoria de la herramienta. Al abrir UGS, verá una pantalla que contiene cinco ventanas informativas (Figura 23).

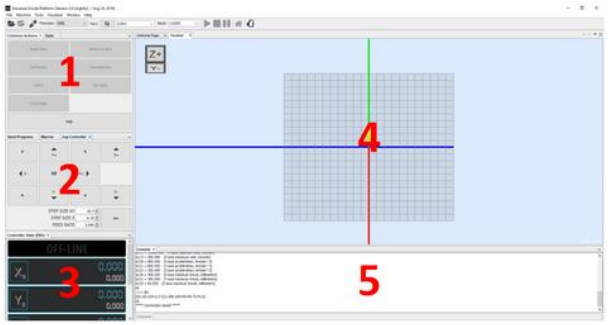


Figura 23.- Interfaz principal

Imagen Autoral (2024).

- **Ventana de acción/estado común.**
- **Ventana de control de JOG.**
- **Ventana de lectura digital (DRO).**
- **Ventana del visualizador.**
- **Ventana de consola**

La ventana del visualizador muestra una animación en tiempo real a medida que se ejecuta el archivo G-code.

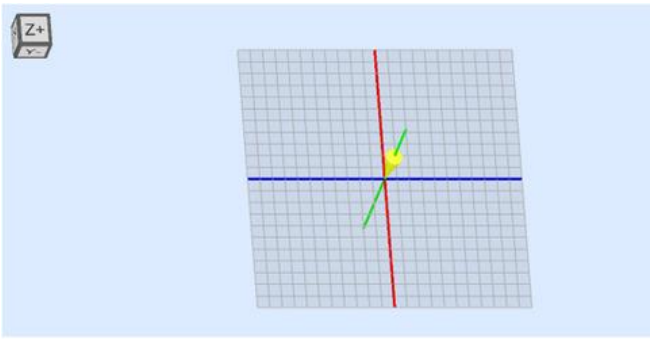


Figura 24.- Visualizador cartesiano (Ejes X, Y, Z)

Imagen Autoral (2024).

La ventana "Estado del controlador" (Figura 25), también conocida como ventana de lectura digital (DRO), muestra la ubicación en tiempo real de la fresa de la herramienta en relación con las coordenadas iniciales de la máquina, así como con las coordenadas cero configuradas en UGS.

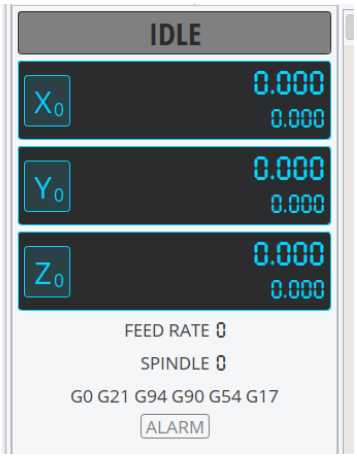


Figura 25.- Estado del controlador

Imagen Autoral (2024).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

Por otra parte, la consola muestra la configuración de firmware actual de la máquina con un cuadro de comando en la parte inferior. En él, se puede cambiar manualmente la configuración del firmware de los motores a pasos. (Figura 26).

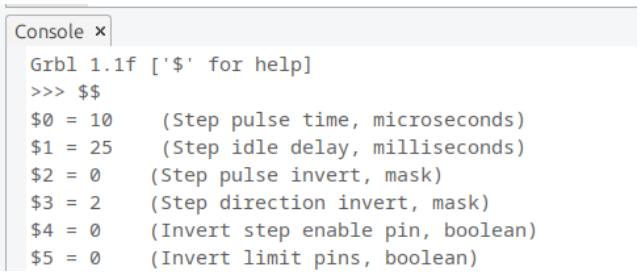


Figura 26.- Consola

Imagen Autoral (2024).

La ventana emergente, después de importar una imagen previamente vectorizada, se visualizará en el área de "Source" del lado inferior izquierdo. Esta ventana muestra los parámetros del Código G generados por cada uno de los vectores de la imagen, permitiendo que el software interprete los movimientos y desplazamientos establecidos para que la máquina comience a crear la figura de la imagen.

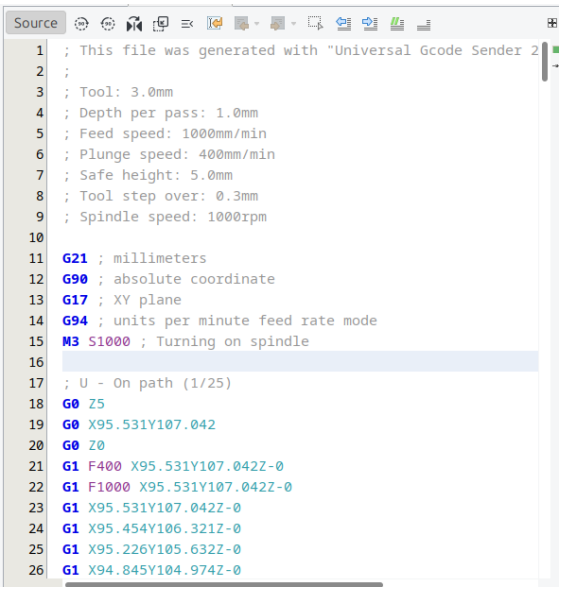


Figura 27.- Consola de comandos Código G

Imagen Autoral (2024).

A continuación, se muestra la ventana del control de JOG. Sus comandos están principalmente destinados a mover la fresa (enrutador) a lo largo de los ejes X, Y y Z. El "step size" se refiere a la distancia que la fresa se moverá en un eje. Como regla general, cuanto más cerca esté la fresa de la pieza de trabajo, más pequeño debe ser el tamaño del paso. El botón grande, ubicado a la izquierda del control de tamaño del paso y la velocidad de avance, se utiliza para alternar entre pulgadas y milímetros.

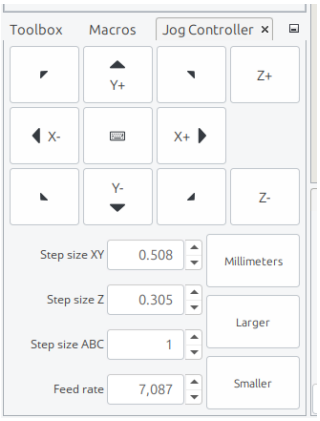


Figura 28.- Controlador JOG

Imagen Autoral (2024).

UGS ofrece características avanzadas, como la visualización en 3D del trayecto de la herramienta. Esto nos permite previsualizar y ajustar proyectos antes de la ejecución real, minimizando errores y optimizando resultados. Aunque es una solución robusta y confiable para trabajos de CNC, también facilita el control preciso y eficiente de la máquina.

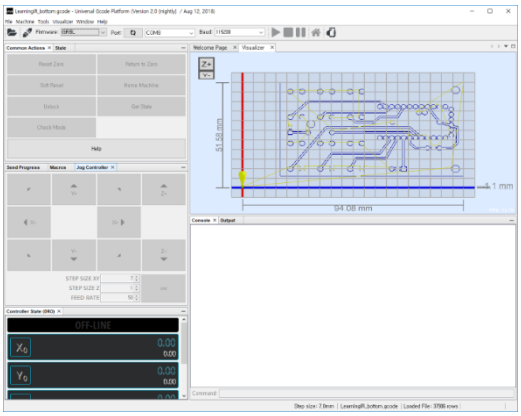


Figura 27.- Consola de comandos Código G

BD Maker. (2018). Tallado de PCB.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

RESULTADOS

En este resumen se presenta un análisis de un sistema de corte y grabado que puede ser utilizado de manera amigable y compatible con cualquier persona sin conocimientos previos. Este sistema, comúnmente conocido como CNC, se ha convertido en una herramienta esencial en la manufactura moderna debido a su precisión y versatilidad.

Utilizando Universal G-code Sender (UGS) como software de control, se logró una precisión de corte y grabado de ±0.05 mm. Esta precisión se mantuvo constante gracias a la estabilidad de las bandas y a la eficiencia de los motores NEMA 17.

El sistema demostró una optimización en operaciones continuas. Las pruebas de rendimiento mostraron que la máquina puede operar sin interrupciones durante más de 8 horas, con un consumo energético optimizado gracias a la correcta configuración y sincronización de los componentes.

La utilización de UGS proporcionó una interfaz de usuario intuitiva, facilitando la programación y el control de la máquina. La visualización en 3D del trayecto de la herramienta ofreció una buena previsualización, permitiendo ajustes antes de la ejecución y reduciendo la tasa de errores.

El código G se ha mostrado como un esquema fiable para programar y ejecutar comandos de movimiento y posicionamiento cartesiano en los ejes X, Y y Z, permitiendo al usuario optimizar el trayecto de la herramienta y definir trayectorias eficientes.

Inkscape demostró su capacidad para convertir imágenes rasterizadas en vectores. Las líneas y contornos generados fueron fieles a los detalles originales de la imagen, conservando claridad y bordes definidos.

CONCLUSIONES

El sistema demostró ser consistente en todas las operaciones realizadas. Desde el inicio, la calibración de los motores NEMA 17 garantizó que cada movimiento y corte se ejecutaran con precisión, manteniendo la alineación a lo largo de todo el proceso.

En términos de eficiencia operativa, el dispositivo mostró su capacidad para manejar trabajos prolongados sin comprometer la calidad del resultado. Esto fue especialmente notable durante sesiones de trabajo continuo, en las que la máquina pudo mantener un buen desempeño.

La interfaz del software UGS fue fundamental para la gestión y supervisión de las operaciones. Esta capacidad de previsualización ayudó a minimizar errores y a optimizar el tiempo de producción. Además, el sistema demostró ser robusto y fácil de mantener, mostrando su valor tanto en entornos comunes como en aplicaciones creativas.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Héctor, A. (2022). Articulo. EL EJE DE COORDENADAS. https://docs.hektorprofe.net/escueladevideojuegos/articulos/el-eje-de-coordenadas/

Analog Devices. (2024). Publicación. OPTIMIZACIÓN DE MOTORES PASO A PASO CON MICROPASOS. https://www.analog.com/en/lp/001/optimizing-stepper-motors-microstepping.html

Groover, M. (2018). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing (5th ed.). EE. UU.: Pearson. https://industri.fatek.unpatti.ac.id/wp-content/uploads/2019.pdf

BD Maker. (2018). Tallado de PCB. https://blog.naver.com/beodeulpiri/221343399247

Cajamarca Naula, J. D., & Talbot Cuenca, R. X. (2017). Diseño y construcción de un robot cartesiano controlado por código G. https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6657

Florencia, U. (2016). Imagen Digital. Definición ABC. https://significado.com/imagen-digital/

DMTC. (D.F.). VDL600A-DMTG-Centros-De-Mecanizado-CNC. Recuperado el 30 de Mayo de 2019. http://www.utsc.edu.mx/vidaEstudiantil/pdf/pdf_pades/manual_cnc.pdf

Rincón Castrillo, E. D., & Bermudez Santaella, J. R. (2020). Implementación del sistema eléctrico-electrónico y sistema de software de una máquina CNC. https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1337

Muñoz Cristóbal, J. A., & Escudero Mancebo, D. (2023). Seminarios sobre Imagen Digital y Vectorial. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/59572/Seminario-Imagen.pdf

Alonso, D. A., Gil, J. E., & Martínez, F. H. (2015). Prototipo de máquina fresadora CNC para circuitos impresos. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/1043

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IF-08, pág.: 1 a la 11.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Devean Axiel González Diaz: Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco (TESCo.) San Francisco Coacalco, Estado de México.

Itayetzi Castillo Yescas: Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco (TESCo.) San Francisco Coacalco, Estado de México.

Naiobi Van Vértiz Figueroa: Estudiante de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

Dr. Iván Alberto Vértiz Maldonado: Profesor investigador de tiempo completo en la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México y Catedrático en el Instituto Politécnico Nacional, Azcapotzalco, Ciudad de México.

Dr. Allan Ronier Diez Barroso Agraz: Profesor en ciencias, investigador de tiempo completo en el Instituto Politécnico Nacional, Azcapotzalco, Ciudad de México y director general de IntGen Technologies de México S.A de C.V.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-01, pág.: 1 a la 6.

Análisis termodinámico de un transformador de calor por absorción para revalorizar calor de baja entalpía

Ing. Marco Antonio Mendoza Zamorano, Dr. Francisco Noe Demesa López, Dr. Juan Serrano Arellano, Dr. Mario Antonio Jiménez Torrez

RESUMEN

El transformador de calor por absorción (TCA), tiene como función principal la revalorización de la energía hasta un 50% de la cantidad de la energía con la que se abastece. En este trabajo se presenta un análisis termodinámico de un TCA, sus componentes, ecuaciones gobernantes y un análisis desde el punto de vista energético. Se muestra los resultados simulados, bajo diferentes condiciones de operación utilizando H_2O - *LiBr*. Con temperaturas de calentamiento en el generador desde 65 a 90 °C se determinó las mejores condiciones de operación para maximizar el rendimiento de energía (*COP*). Los resultados muestran que es posible alcanzar rendimientos de hasta 0.49 manteniendo una temperatura de activación en el generador de 75°.

ABSTRACT

The Absorption Heat Transformer (AHT) has as its main function the revaluation of energy up to 50% of the amount of energy supplied. This work presents a thermodynamic analysis of an AHT, its components, governing equations, and an energy perspective analysis. Simulated results are shown under different operating conditions using H_2O - *LiBr*. With heating temperatures in the generator ranging from 65 to 90 °C, the best operating conditions were determined to maximize energy efficiency (COP). The results show that it is possible to achieve efficiencies of up to 0.31 while maintaining an activation temperature in the generator of 90°C.

Palabras claves: Transformador de calor, absorción, análisis energético, calor de baja entalpia

INTRODUCCIÓN

La revalorización del calor de baja entalpia a través de transformadores térmicos de absorción es un área de creciente interés. Se reporta que el 72% de consumo mundial de energía primaria se pierde después de su conversión y 63% de esta energía son corrientes de calor residual a una temperatura inferior de 100 °C Forman (2015). Los sistemas de transformadores de calor por absorción son atractivos porque utilizan esta energía residual, que se puede reciclar como fuentes de energía renovables con enfoque de mejora de temperatura. Contribuyendo al avance de tecnologías más sostenibles y eficientes en la gestión de energía térmica.

Un sistema de transformador de calor de absorción de una sola etapa; consta básicamente de un evaporador, un condensador, un generador, un absorbedor y un intercambiador de calor de solución. El generador y el evaporador reciben calor residual a la misma temperatura, lo que genera un mayor calor que se puede utilizar en el absorbedor Horuz (2015).

Diversos estudios presentan datos experimentales limitados o ecuaciones diferenciales complejas para la obtención de resultados y cambios en la solución Merkel (2018) Ghiasirad (2021) Huicochea (2013). En este artículo, presentamos los principios fundamentales de estos transformadores, componentes, el ciclo termodinámico, ecuaciones gobernantes y un análisis desde el punto de vista energético a través de Matlab para verificar su eficacia con estudios experimentales. Disminuyendo considerablemente el tiempo para verificar nuevos diseños y variantes antes de una implementación real, lo que ayudara a detectar áreas de oportunidad en el proceso de desarrollo para luego ser útil en la integración con sistemas de cogeneración, para desalinización y destilación de agua de mar, entre otras aplicaciones.

ANTECEDENTES

A continuación, se define el concepto general de trasformador de calor por absorción y se detalla el ciclo termodinámico.

Un Transformador de calor por absorción entra en un grupo de tecnologías que transfieren calor desde una baja temperatura a una alta temperatura. Tal transferencia requiere una entrada termodinámica en forma de trabajo o de calor. El proceso de absorción es un ejemplo de una tecnología impulsada por calor Herold (2016).

Transformador de calor por absorción (TCA)

* Institución, Escuela, Departamento, Correo electrónico. Información de adscripción, grados del autor y coautores del artículo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-01, pág.: 1 a la 6.

Los TCA son máquinas de absorción que constan principalmente de cinco componentes principales: generador (GE), condensador (CO), evaporador (EV), absorbedor (AB) y el economizador (EC). Los cuales son intercambiadores de calor con corrientes externas que trabajan con 2 niveles de presión; presión alta en la sección del absorbedor (P_{AB}) y presión baja en la sección del generador (P_{GE}) y con 3 niveles de temperatura; temperatura baja en el condensador (T_{CO}), temperatura media siempre y cuando se alimente la misma fuente al evaporador y generador ($T_{EV} = T_{GE}$) y la temperatura alta en el absorbedor (T_{AB}), esta última es una de las características principales que se pueden observar en este tipo de dispositivos, pues, es siempre mayor a la de los demás componentes Wang (2018).

El rendimiento de un ciclo de transformador de calor se mide típicamente mediante un COP (Coeficiente de operación) obtenido a partir de la (ecuación 1) Herold (2016).

$$COP_{TCA} = \frac{\dot{Q}_{abs}}{\dot{Q}_{gen}+\dot{Q}_{eva}} \qquad (1)$$

Descripción del ciclo TCA

De forma general, el ciclo termodinámico comienza en el generador, suministrando de una fuente de calentamiento $\dot{Q}_{GE}$ (energía térmica o calor de desecho) a una temperatura intermedia **T_{GE}**, donde, se vaporiza parcialmente el refrigerante de la solución absorbente, el refrigerante en forma de vapor es enviado al condensador donde cambia de fase al rechazar una cantidad de calor $\dot{Q}_{CO}$, el condensado resultante es bombeado al evaporador que se encuentra a una presión mayor, donde nuevamente regresa a fase de vapor con el mismo suministro y temperatura de calentamiento que el generador (considerando que el sistema se encuentra perfectamente aislado y por lo tanto las pérdidas de calor son despreciables), por lo que $\dot{Q}_{EV} = \dot{Q}_{GE}$ y **T_{EV}** = **T_{GE}** respectivamente; el refrigerante en fase de vapor es enviado al absorbedor donde entra en contacto con la solución concentrada en absorbente proveniente del generador, la absorción de vapor por la solución concentrada provoca una reacción exotérmica, liberando calor $\dot{Q}_{AB}$ a una temperatura mayor **T_{AB}**, la solución concentrada de absorbente se diluye y es enviado desde el absorbedor al generador, para comenzar nuevamente el ciclo. La **Figura 1.** muestra el diagrama esquemático de un TCA básico o también llamado de simple efecto [Wakim, 2019].

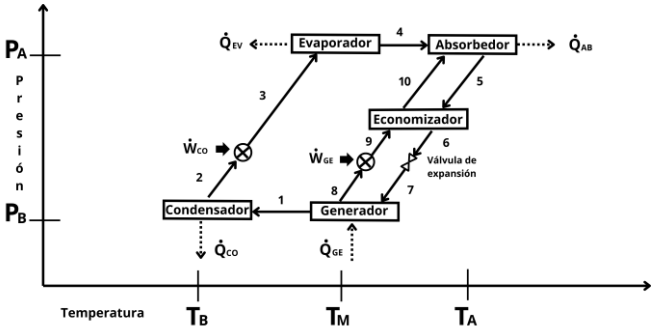


Figura 1.- Diagrama esquemático de un TCA simple.

Análisis energético

El análisis energético se basa en la primera ley de la termodinámica. Esta ley establece que la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso; sólo puede cambiar de forma Cengel (2012). Por lo tanto, cada cantidad de energía por pequeña que sea debe justificarse durante un proceso.

Balance de energía

En el análisis de energía del TCA en cada intercambiador de calor se utiliza la (ecuación 2). En todos los casos, no se toma en cuenta la energía interna debido que no existe acumulación de masa, se desprecia la energía cinética ya que no hay cambios en la velocidad entrada y salida, no se presenta energía potencial y los intercambiadores de calor usualmente no tienen que ver con interacciones de trabajo por lo tanto el trabajo es despreciable**.**

$$\sum_E (h+\frac{v^2}{2}+zg)\,m_E - \sum_S \left(h+\frac{v^2}{2}+zg\right) m_S + \sum \dot{Q} + \sum W = m_{total}(U+\frac{v^2}{2}+zg) \qquad (2)$$

Balance de masa

Durante un proceso de flujo estacionario, la cantidad total de masa contenida dentro de un volumen de control no cambia con el tiempo ($\dot{m}VC{=}constante$). Cuando se trata de procesos de flujo estacionario, el interés no se centra en la cantidad de masa que entra o sale de un dispositivo con el tiempo, pero sí se está interesado en la cantidad de masa que fluye por unidad de tiempo, es decir, el flujo másico $\dot{m}$. Para un sistema general de flujo estacionario con entradas y salidas múltiples se puede expresar en forma de tasa como (ecuación 3):

$$\sum \dot{m}_E = \sum \dot{m}_S \qquad (3)$$

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-01, pág.: 1 a la 6.

Balance de concentración

En el caso de los intercambiadores de calor, el balance de concentraciones puede llevarse a cabo si de alguna manera se tiene un punto de mezcla en el que se tiene lugar una reacción química, es decir el balance de concentración involucra el flujo másico y concentración de la solución para cada línea de entrada y salida donde se tenga una solución de trabajo, como se presenta en la (ecuación 4).

$$\sum \dot{m}_E X_E = \sum \dot{m}_S X_S \quad \textbf{(4)}$$

DESARROLLO DEL TEMA

A continuación, plantearemos el modelo matemático (balance de materia, concentración y energía); para la programación del transformador en Simulink de Matlab. Con ello, se resuelven las ecuaciones planteadas y se verifica los resultados experimentales reportados en la literatura

Consideraciones para el modelo termodinámico

Para el análisis termodinámico se basó en el modelo propuesto en diversos trabajos teóricos Rivera (1994) Demesa (2015) sobres estos sistemas, con las consideraciones que a continuación se describen:

1.-Condiciones de equilibrio termodinámico y estado estable.
2.-La solución tiene condiciones de saturación a la salida del generador y absorbedor, el fluido de trabajo tiene condiciones de saturación a la salida del condensador y evaporador.
3.- A la entrada del condensador entra vapor sobrecalentado.
4.-Se desprecian las pérdidas o ganancias de calor y masa en todo el sistema.
5.-Los cambios de presión en el interior de cada componente son despreciables.
6.-El paso del líquido por las válvulas es isoentálpico.
7.-El absorbente no se evapora en ninguna parte del sistema.

Modelo matemático basado en la primera ley de la termodinámica.

El cálculo de las propiedades del sistema acoplado se basa en las líneas de entrada y salida del diagrama expuesto en la **Figura 1.** y el análisis de este se lleva a cabo mediante la solución del siguiente algoritmo.

a) Se conocen las temperaturas de salida de los dos componentes en el circuito y las temperaturas de entrada de los otros dos intercambiadores de calor.

b) Para el cálculo de las entalpías están en función de la temperatura, presión y la concentración de par de trabajo. Las concentraciones en el generador ($Xgen$) y absorbedor ($Xabs$) están en función de las presiones y temperaturas.

$P_{CO} = f(T_2)$ **(5)**
$P_{EV} = f(T_4)$ **(6)**
$X_{GE} = f(P_{CO}, T8)$ **(7)**
$X_{AB} = f(P_{EV}, T5)$ **(8)**

Planteado las ecuaciones 5,6,7 y 8 se pueden calcular las entalpías de entrada y salida en cada componente.

$h_1 = h_{vap,sob}(T_1, P_1)$ **(9)**
$h_2 = h_{liq,sat}(T_2)$ **(10)**
$h_3 = h_2$ **(11)**
$h_4 = h_{vap,sat}(T_4)$ **(12)**
$h_5 = h_{liq,sat}(T_5, X_5)$ **(13)**
$h_6 = h_{liq,sat}(T_8, X_8)$ **(14)**
$h_7 = h_8$ **(15)**

c) El intercambiador de calor (economizador) tiene la finalidad de precalentar el flujo que va del generador al absorbedor para poder así aumentar la carga térmica en el absorbedor. El grado de transferencia de calor dependerá de la efectividad que tenga el intercambiador (ε) el cual está definido como el flujo de calor transferido entre el flujo máximo de calor que es posible transferir y está dado por la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{h_{10} - h_9}{h_{10,5} - h_9} \quad \textbf{(16)}$$

En donde $h_{10,5}$ es la entalpía de la solución evaluada a la concentración X_{10} y a la temperatura T_5, en el intercambiador se considera que no hay pérdidas en los alrededores.

d) Para encontrar la entalpía en el punto 10 (ecuación 18), conocida la efectividad del intercambiador de solución, es necesario primeramente evaluar la entalpía $X_{10,5}$ (ecuación 17) la cual surge de la definición de la efectividad y se calcula con la ecuación 17.

$$h_{10,5} = h(T_5, X_{10}) \quad \textbf{(17)}$$

$$h_{10} = h_9 + \varepsilon(h_{10,5} - h_9) \quad \textbf{(18)}$$

e) Para h_6 se despeja a partir del balance de energía del economizador (ecuación 19).

$$m_5 * h_5 + m_9 * h_9 = m_6 * h_6 + m_{10} * h_{10} \quad \textbf{(19)}$$

f) El COP indica el rendimiento térmico de todo el sistema y se define como el calor útil del absorbedor con respecto al calor

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-01, pág.: 1 a la 6.

suministrado a temperatura media en el generador y el evaporador, y se determina a partir de la (ecuación 1).

Para el análisis termodinámico de cada intercambiador de calor se realizaron los balances de energía:

Absorbedor:

$$\dot{Q}_{AB} \quad \dot{m}_{10} + \dot{m}_4 = \dot{m}_5 \qquad \textbf{(20)}$$
$$\dot{m}_{10} * X_{10} = \dot{m}_5 * X_5 \qquad \textbf{(21)}$$
$$\dot{Q}_{AB} = \dot{m}_5 h_5 - \dot{m}_4 h_4 - \dot{m}_{10} h_{10} \qquad \textbf{(22)}$$

Evaporador:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 \qquad \textbf{(23)}$$
$$\dot{Q}_{EV} = \dot{m}_4 (h_4 - h_3) \qquad \textbf{(24)}$$

Generador:

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_1 + \dot{m}_8 \qquad \textbf{(25)}$$
$$\dot{m}_7 X_7 = (\dot{m}_8 X_8) + (\dot{m}_1 X_1) \qquad \textbf{(26)}$$
$$\dot{Q}_{GE} = (\dot{m}_1 h_1) + (\dot{m}_8 h_8) - (\dot{m}_7 h_7) \qquad \textbf{(27)}$$

Condensador:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \qquad \textbf{(28)}$$
$$\dot{Q}_{CO} = (\dot{m}_2 h_2) - (\dot{m}_1 h_1) \qquad \textbf{(29)}$$

Economizador:

$$\dot{m}_9 + \dot{m}_5 = \dot{m}_6 + \dot{m}_{10} \qquad \textbf{(30)}$$
$$(\dot{m}_9 X_9) + (\dot{m}_5 X_5) = (\dot{m}_6 X_6) + (\dot{m}_{10} X_{10}) \qquad \textbf{(31)}$$
$$\dot{Q}_{EC} = (\dot{m}_6 h_6) + (\dot{m}_{10} h_{10}) - (\dot{m}_9 h_9) - (\dot{m}_5 h_5) \qquad \textbf{(32)}$$

Uso de Matlab para resolver TCA

La función proporcionada por Matlab es la solución numérica de operaciones algebraicas. Proporcionando funciones termodinámicas y propiedades de transporte integradas de fluidos.

El criterio de verificación utilizado fue el error relativo porcentual entre el valor obtenido experimentalmente del COP y el valor reportado por el programa de simulación según la siguiente ecuación:

$$\%Error = \frac{(Vo - Vs)}{Vs} * 100\% \qquad \textbf{(33)}$$

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las simulaciones y los resultados numéricos de este artículo se presentan en Matlab.

Los parámetros de entrada a utilizados son los siguientes:

Tabla 1.- Parámetros de entrada del sistema

Propiedad	Valor
Efectividad del economizador	0.7%
Potencia térmica del evaporador	100 kW
Temperatura de salida del evaporador	74.15 °C
Temperatura del condensador	20-30°C
Temperatura del absorbedor	123.1 °C

La verificación del programa se hizo en función al coeficiente de operación (COP) en diferentes configuraciones de temperatura del condensador. Se compara los resultados por Rivera (2003) en **Figura 2**.

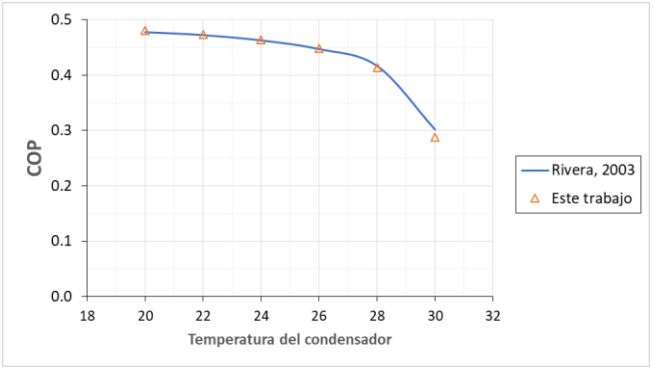


Figura 2.- Efectos de la temperatura del condensador en el COP

Como se indica en la tabla los resultados concuerdan bastante con el artículo publicado; donde el error no supera el 5%.

Análisis paramétrico del TCA.

Se planteó la siguiente estrategia de análisis para mejorar el rendimiento del sistema:

A medida que se incrementa la temperatura de activación se genera mayor vapor sobrecalentado y líquido saturado en el generador, así como, una solución de trabajo con mayor concentración en la salida del generador. La reacción exotérmica en el absorbedor a alta presión siempre es favorecida por la máxima absorción del refrigerante en la solución de trabajo concentrada, mejorando el COP de 0.31 A 0.49 como se muestra en la **Figura 3.**

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-01, pág.: 1 a la 6.

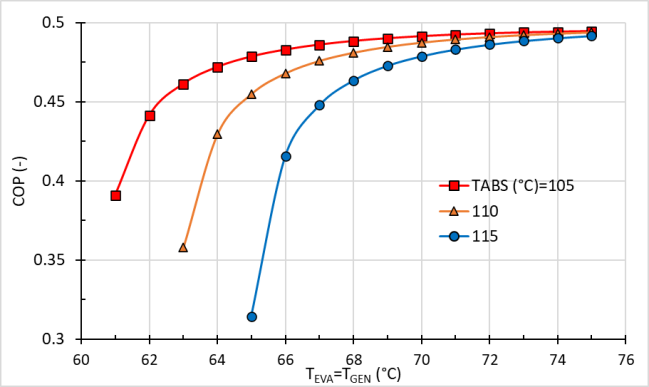


Figura 3.- COP en función de la temperatura de generación

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó un análisis basado en la primera ley de la termodinámica de un TCA que opera con la mezcla de H_2O - $LiBr$, con la finalidad de verificar su rendimiento energético (COP), así como también de manera general el ciclo de operación, lo cual se concluye lo siguiente:

La verificación fue exitosa del modelo planteado. Los resultados coinciden razonablemente bien con los datos experimentales en una amplia gama de condiciones, concluyendo que el modelo termodinámico es adecuado para representar el comportamiento de un transformador de calor por absorción.

El COP mejora cuando el evaporador y el condensador incrementan su capacidad térmica, esto representa un 58% más al aumentar la temperatura de calentamiento del generador de 65 °C a 75 °C, es decir el COP varia de 0.31 a 0.49, debido a que ingresa mayor vapor en la entrada del absorbedor mejorando la reacción exotérmica.

Las principales contribuciones es la definición del modelo termodinámico, con una verificación de resultados confiables mediante la simulación en Matlab. Lo que permitirá en futuros estudios hacer un análisis de eficiencia en cada uno de los componentes, análisis de sensibilidad para identificar parámetros que tengan mayor impacto en el rendimiento del transformado, optimización del diseño con base al tamaño de los intercambiadores de calor y un análisis económico para la viabilidad, inversión, recuperación y mantenimiento del sistema.

NOMENCLATURA

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Acevedo A. (2021). Coeficientes de tranferencia de calor y masa para un transformador térmico por absorción experimental [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1546

Behnam, P., Arefi, A., & Shafii, M. B. (2018). Exergetic and thermoeconomic analysis of a trigeneration system producing electricity, hot water, and fresh water driven by low-temperature geothermal sources. Energy Conversion and Management, 157, 266–276. DOI: 10.1016/j.enconman.2017.12.014.

Demesa N., Hernández J. A., Siqueiros J., García J. C. and Huicochea A. (2015). Improvement of The Performance of an Absorption Heat Transformer Through a Single
Effect Process to Obtain Freshwater. Appl Therm Engin; Vol. 78: pp.162- 171.

Forman, C., Muritala, I. K., Pardemann, R., & Meyer, B. (2016). Estimating the global waste heat potential. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57, 1568-1579. doi:10.1016/j.rser.2015.12.192

Ghiasirad, H., Asgari, N., Khoshbakhti Saray, R., & Mirmasoumi, S. (2021). Thermoeconomic assessment of a geothermal based combined cooling, heating, and power system, integrated with a humidification-dehumidification desalination unit and an absorption heat transformer. Energy Conversion and Management, 235, 113969. doi:10.1016/j.enconman.2021.113969

Herold K. E., Radermacher R., Klein S. A. (2016), Absorption chillers and heat pumps, Taylor & Francis Group, 2a edicion.

Horuz, I. and Kurt, B. (2009), Single stage and double absorption heat transformers in an industrial application. Int. J. Energy Res., 33: 787-798. doi:10.1002/er.1512

Huicochea, A., Rivera, W., Martínez, H., Siqueiros, J., & Cadenas, E. (2013). Analysis of the behavior of an experimental absorption heat transformer for water purification for different mass flux rates in the generator. Applied Thermal Engineering, 52(1), 38–45. doi:10.1016/j.applthermaleng.2012.11

Kiyan Parham, Mortaza Yari, Ugur Atikol, “Alternative absorption heat transformer configurations integrated with water desalination system”, Desalination, Volume 328, 2013, Pages 74-82, ISSN 0011-9164, https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.08.013.

Merkel, N., Bücherl, M., Zimmermann, M., Wagner, V., & Schaber, K. (2018). Operation of an absorption heat transformer

using water/ionic liquid as working fluid. Applied Thermal Engineering, 131, 370-380. doi:10.1016/j.applthermaleng.2017.11

Rivera W., Best R., Hernández J., Heard CL., and Holland FA. (1994). Thermodynamic Study of Advanced Absorption Heat Transformers. Part I: Single and Two Stage Configuration with Heat Exchangers. Heat Recov Syst, Vol. 2, pp.173–183.

M. Wakim and R. Rivera-Tinoco, "Absorption heat transformers: Sensitivity study to answer existing discrepancies," Renew. Energy, vol. 130, pp. 881–890, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.06.111.

Rivera, Wilfrido & Cerezo, Jesús & Rivero, R. & Cervantes, Jaime & Best, Roberto. (2003). Single stage and double absorption heat transformers used to recover energy in a distillation column of butane and pentane. International Journal of Energy Research. 27. 1279 - 1292. 10.1002/er.943.

S. Wang., Y. Liu., Y. Chen., Q. Wang., X. Xu., G. Chen., S. Deng., "Experimental investigations on the temperature lift performance of a novel diffusion absorption heat transformer," Energy, vol. 170, pp. 906–914, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.154.

Yunus A. Cengel, Michel A. Boles, Termodinámica 7ª edición (2012) ed. Mc Graw Hill.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Marco Antonio Mendoza Zamorano: Ingeniero Aeronáutico en Manufactura egresado de la Universidad Aeronáutica en Querétaro.

Francisco Noé Demesa López: Ingeniero Químico egresado de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Maestro en Ingeniería y Ciencias Aplicadas con Opción terminal en Tecnología Química egresado del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) de la UAEM, así como Doctor en Ingeniería y Ciencias Aplicadas egresado del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) de la UAEM.

Juan Serrano Arellano: Ingeniero Industrial-Mecánico egresado del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, Maestro en Ciencias en ingeniería Mecánica por el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET).

Mario Antonio Jiménez Torres: Ingeniero en Energías Renovables egresado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Maestro en Ingeniería opción Energías Renovables por la Universidad Autónoma de Yucatán, Doctor en Ingeniería opción Energías Renovables por la Universidad Autónoma de Yucatán.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-02, pág.: 1 a la 5.

Simulación computacional de la condensación del vapor de agua para mitigar el transporte de electrolito (KOH) en un sistema de purificación de gas oxihidrógeno

***Rafael Axayacatl López Baranda*[1], Juan Manuel Sandoval-Pineda[1], Luis Armando Flores Herrera, *Edgar Adhair Montes Gómez*[1]**

RESUMEN

Se efectúa una simulación computacional empleando el Método del Elemento Finito para modelar el fenómeno de condensación de vapor de agua con impurezas de hidróxido de potasio. Este proceso se lleva a cabo en un recipiente cilíndrico designado como condensador, integrado en un sistema de purificación diseñado para evitar el arrastre de electrolito de hidróxido de potasio (KOH). Este sistema se emplea en un electrolizador alcalino destinado a la producción de gas oxihidrógeno.La purificación del gas es uno de los principales problemas que existen durante la electrolisis, debido a que el gas arrastra electrolito (KOH) el cual ha sido demostrado que es moderadamente contaminante, lo cual reduce la utilidad del gas HHO en cámaras de combustión en los motores, se ha observado la manifestación de índices de corrosión en partes metálicas como son; las válvulas, pistones e inyectores, lo cual reduce la vida útil de los componentes metálicos, por lo que es necesario realizar mantenimientos con mayor frecuencia, así como el cambio prematuro de pieza. El diseño del recipiente a presión se lleva a cabo mediante la implementación de la Metodología "Teoría de resolución de problemas inventivos" (TRIZ), utilizando software CAD 3D para el modelado, y software de análisis numérico para simular el proceso y evaluar la transferencia de calor y cambio de fase. En este diseño, se emplea un recipiente cilíndrico con un serpentín como intercambiador de calor, utilizando la Metodología Ashby para la selección y optimización del material más adecuado. Se busca garantizar la resistencia a la presión y la temperatura, así como la compatibilidad con los fluidos y condiciones de operación específicas. Además, se optimiza la efectividad del recipiente para llevar a cabo eficientemente el cambio de fase, considerando aspectos como la geometría del recipiente, la velocidad del flujo del fluido y las condiciones térmicas pertinentes.

* MIM Rafael Axayacatl López Baranda, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad. Azcapotzalco Institución, rafaaxayacatl@gmail.com..

ABSTRACT

A computational simulation is performed using the Finite Element Method to model the phenomenon of water vapor condensation with potassium hydroxide impurities. This process takes place in a cylindrical container designated as a condenser, integrated into a purification system designed to prevent the entrainment of potassium hydroxide (KOH) electrolyte. This system is used in an alkaline electrolyzer intended for the production of oxyhydrogen gas. Gas purification is one of the main challenges during electrolysis because the gas entrains electrolyte (KOH), which has been shown to be moderately polluting, reducing the usefulness of HHO gas in combustion chambers in engines. Corrosion rates have been observed in metal parts such as valves, pistons, and injectors, which decreases the lifespan of these components, necessitating more frequent maintenance and premature part replacement. The pressure vessel design is carried out by implementing the "Theory of Inventive Problem Solving" (TRIZ) Methodology, using 3D CAD software for modeling, and numerical analysis software to simulate the process and evaluate heat transfer and phase change. In this design, a cylindrical vessel with a coil is used as a heat exchanger, applying the Ashby Methodology for selecting and optimizing the most suitable material. The goal is to ensure resistance to pressure and temperature, as well as compatibility with specific fluids and operating conditions. Additionally, the vessel's effectiveness is optimized to efficiently carry out the phase change, considering aspects such as the vessel's geometry, fluid flow speed, and relevant thermal conditions.

Palabras claves: Simulación computacional, condensador, arrastre de electrolito, cambio de fase.

INTRODUCCIÓN

La generación de energía a través de sistemas convencionales está asociada con un consumo excesivo y la liberación de emisiones contaminantes que impactan negativamente al medio ambiente [1]. La sobreexplotación de combustibles fósiles resalta la necesidad de una transición hacia fuentes de energía renovables y sostenibles para mitigar estos efectos [3].

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-02, pág.: 1 a la 5.

En México, un país históricamente dependiente de la extracción petrolera, el sector transporte es el mayor emisor de gases de efecto invernadero, representando una cuarta parte de las emisiones totales. El diésel, que constituye el 28% del consumo nacional, es la segunda fuente más significativa. Optimizar su consumo y eficiencia de combustión es crucial para reducir dichas emisiones [4].

A nivel global, la demanda de energía sigue siendo dominada por combustibles fósiles, lo que presenta desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental [5]. En México, la diversificación de la matriz energética en el sector transporte, ante la disminución de la producción y reservas de combustibles fósiles, plantea un escenario crítico a corto plazo [2]. Es necesario que las políticas públicas fomenten el desarrollo e implementación de soluciones basadas en energía limpia y renovable [6].

Se proyecta que para 2050, biocombustibles, electricidad e hidrógeno representarán la mitad de los combustibles en el transporte, desplazando a la gasolina y el diésel. Sin embargo, los biocombustibles enfrentan dilemas éticos al derivarse de la biodiversidad, lo que favorece al hidrógeno como una alternativa limpia. Aunque el hidrógeno se produce principalmente a partir de gas natural, su combustión no genera CO2, CO, SO2 ni partículas suspendidas, aunque sí vapor y NOx debido a la temperatura del motor [7].

El hidrógeno tiene un gran potencial para la movilidad, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, su éxito depende de superar barreras como los altos costos y la limitada infraestructura [7], [10]. Los electrolizadores alcalinos han avanzado en la producción de hidrógeno a partir de energía eólica y solar, reduciendo las emisiones asociadas, pero enfrentan desafíos como la contaminación del gas por arrastre de electrolito y vapor de agua [8], [9].

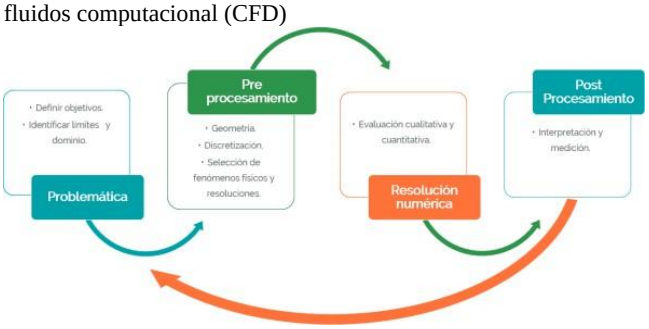
Los condensadores, dispositivos que permiten la condensación del vapor de agua y su separación del hidrógeno gaseoso, son clave para garantizar la pureza del hidrógeno. Este proceso es esencial para su uso eficiente en celdas de combustible y otros sistemas energéticos. El enfriamiento del gas hasta que el vapor de agua se condense es crucial para obtener hidrógeno seco y listo para su uso.

Integrar condensadores en la producción y distribución de hidrógeno no solo mejora la calidad del gas, sino que también aumenta la eficiencia y durabilidad de los dispositivos que lo utilizan. La eliminación del vapor de agua previene la corrosión y degradación en celdas de combustible, prolongando su vida útil. Además, su implementación es viable y de bajo costo en infraestructuras existentes, como los electrolizadores alcalinos, apoyando la transición hacia una economía baja en carbono y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles.

▪ DESARROLLO

Para el desarrollo de esta simulación se empleó la metodología de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) la cual es esencial para analizar y diseñar sistemas complejos, como condensadores. La imagen muestra una guía visual que abarca las fases clave del proceso de simulación CFD en ANSYS:

Diagrama 1. Metodología utilizada en el análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD)



Nota. Kin Energy. (n.d.). CFD: Una herramienta para la simulación y modelado en ingeniería. Kin Energy. https://www.kin.energy/blogs/post/cfd-una-herramienta-para-la-simulacion-y-modelado-en-ingenieria

El proceso de simulación CFD se divide en cuatro fases principales:

1. Problemática: Se definieron los objetivos del estudio, enfocándose en la reducción del arrastre del electrolito y la optimización de la transferencia de calor en el condensador. Los límites del problema se establecieron en función de las condiciones operativas del electrolizador y del condensador.

2. Preprocesamiento: Se creó la geometría del condensador y se discretizó el dominio mediante una malla compuesta por 384,587 nodos y 497,391 elementos, dentro de las limitaciones de ANSYS STUDENT. La selección de los fenómenos físicos incluyó la transferencia de calor, el cambio de fase del vapor de agua y la interacción entre el fluido caliente y el refrigerante.

3. Resolución Numérica: Se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa del modelo. La entalpía de vaporización del vapor de agua a 70°C se consideró como un parámetro crítico, dado que es determinante para la eficiencia del proceso de condensación.

4. Postprocesamiento: Se interpretaron los resultados obtenidos, analizando la distribución de temperatura en el condensador y evaluando la eficiencia del sistema en la reducción del transporte de KOH. Los resultados se compararon con las condiciones de entrada y salida del

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-02, pág.: 1 a la 5.

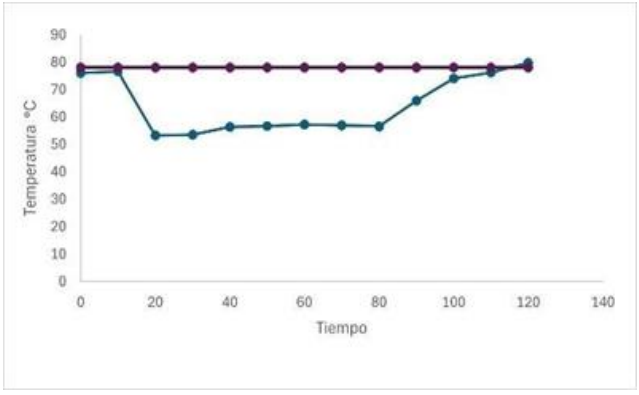
fluido caliente y del refrigerante, observando la efectividad de la transferencia de calor.

Condiciones de frontera del condensador.

El condensador fue modelado para operar bajo condiciones específicas: el fluido caliente, una mezcla de gas oxihidrógeno y vapor de agua, ingresa a una temperatura de 70°C y un caudal de 0.00011887 m³/s, mientras que el refrigerante, un anticongelante, entra a 25°C con un caudal de 8.33E-5 m³/s. El material seleccionado para la construcción del condensador fue acero inoxidable 304, conocido por su resistencia a la corrosión y su capacidad para soportar temperaturas moderadamente altas.

La entalpía de vaporización del vapor de agua a 70°C es crucial, con un valor de 2643.7 kJ/kg, indicando la energía necesaria para condensar el vapor. Las condiciones de salida esperadas son que el fluido caliente salga a una temperatura inferior a 70°C como se observa en la Grafica 1. Dependiendo de la transferencia de calor al refrigerante, mientras que éste saldrá a una temperatura superior a 25°C después de absorber el calor del fluido caliente.

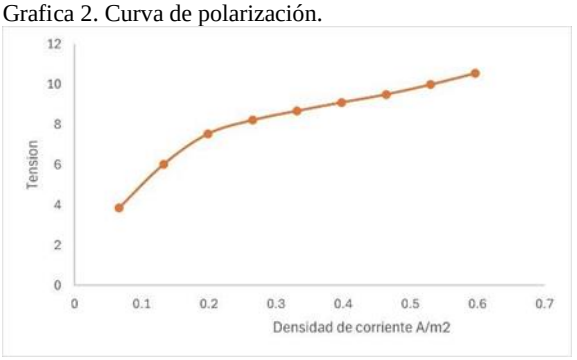
Grafica 1. Temperatura de operación del electrolizador.



Nota. Gráfica de la temperatura de salida del electrolizador alcalino en función del tiempo de operación del electrolizador. Elaboración propia.

Se hace el diagrama de ruta a seguir para niquelar niquelar como se muestra en la Figura 1 junto con la Tabla 2, en donde se enlista el número de actividad, la acción que representa dicho número de actividad, y el proceso anterior a realizar antes de cada actividad, así como el tiempo total q toma cada actividad, por ejemplo, la actividad numero 2 será el enjuague, el cual antes pasa por un proceso de lijado y el tiempo que demora la actividad de enjuague va de los 40 segundos a 1 minuto (4 minutos en total de las veces que se repite el proceso), y finalmente pasando a la etapa de desengrase electrolítico.

Grafica 2. Curva de polarización.



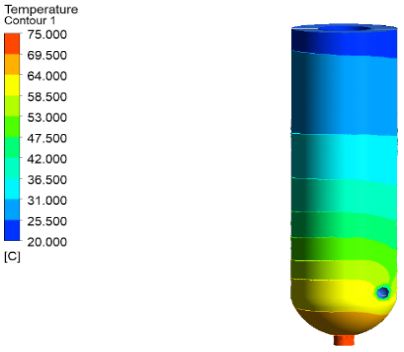
Nota. Gráfica de la curva de polarización de un electrolizador alcalino comparando el voltaje aplicado que cambia en función de la densidad de corriente que pasa por el electrolizador. Elaboración propia.

La densidad de corriente de 5 A/cm² indica la cantidad de corriente eléctrica aplicada por unidad de área de electrodo en el electrolizador. Un control preciso de esta densidad de corriente es necesario para asegurar una producción constante y controlada de gas oxihidrógeno. Esto, a su vez, garantiza que la composición del fluido caliente sea consistente y cumpla con las especificaciones de temperatura y composición necesarias para el funcionamiento eficiente del condensador.

▪ RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la simulación de condensación en ANSYS, considerando las condiciones de frontera previamente especificadas, demuestran que la temperatura del fluido caliente, inicialmente a 70°C, disminuye de manera gradual mientras interactúa con el refrigerante a 25°C a lo largo del condensador.

Fig. 2. Simulación de transferencia de calor.

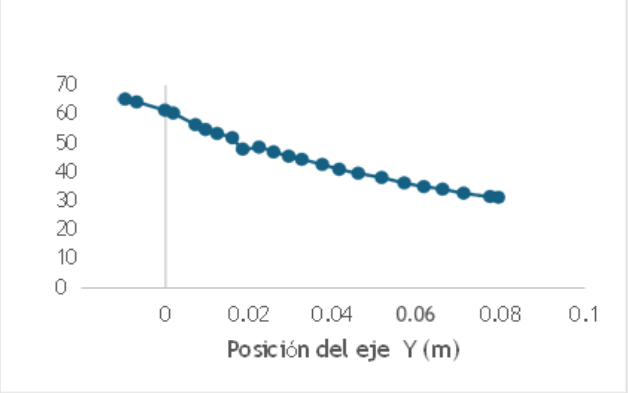


Nota. Simulación de transferencia de calor realizada utilizando el software “Ansys Student Edition”. Elaboración propia.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-02, pág.: 1 a la 5.

El fluido caliente, constituido por una mezcla de gas oxihidrógeno y vapor de agua a 70°C, ingresa al condensador. A medida que el fluido avanza a través del dispositivo, experimenta una notable reducción de temperatura debido a la transferencia de calor hacia el refrigerante más frío. Este proceso facilita la condensación del vapor de agua contenido en el fluido caliente, especialmente en las zonas donde la diferencia de temperatura entre el fluido caliente y el refrigerante es más significativa.

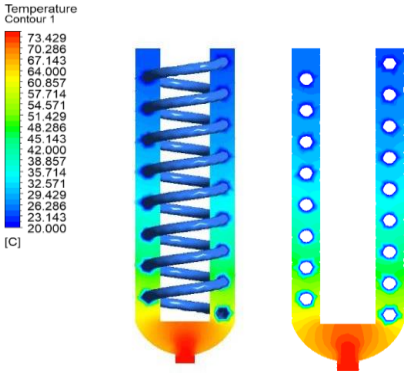
Gráfica 3. Temperatura vs. Altura (posición en el condensador).



Nota. Gráfica de la transferencia de calor en función del ascenso del vapor de agua a lo largo del condensador, basada en datos obtenidos mediante simulación. Elaboración propia.

Durante la simulación, se observa una variación en la distribución de la temperatura a lo largo del condensador. Las áreas donde el fluido caliente entra en contacto directo con el refrigerante muestran una disminución rápida de la temperatura, indicando una alta eficiencia en la transferencia de calor y en la condensación del vapor de agua. Por otro lado, las regiones con temperaturas relativamente altas sugieren la necesidad de una mejora en la distribución del flujo o una optimización adicional en el diseño del condensador.

Fig. 3. Distribución de temperaturas dentro del condensador.



Nota. Figura que ilustra la distribución de temperatura en el medio gaseoso a lo largo del plano medio en los ejes XY del modelo de condensador analizado, utilizando el software "Ansys Student Edition". Elaboración propia.

El modelo CAD final para la manufactura del condensador helicoidal integra un diseño funcional con una manufacturabilidad optimizada, garantizando un rendimiento eficiente y una construcción robusta. Este condensador, con su configuración en espiral, maximiza el contacto entre los fluidos y favorece una transferencia de calor eficiente.

Fig. 4. Componentes del condensador.



Nota. Componentes del condensador (tapa superior, carcasa, tubería helicoidal y tapa inferior), diseñados con el software SolidWorks. Elaboración propia

El diseño del condensador incluye tres secciones, lo que permite una limpieza efectiva y asegura condiciones óptimas para la transferencia de calor, además de prevenir la acumulación de incrustaciones derivadas de las impurezas presentes en el gas oxihidrógeno.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Arróliga Galeano, S. E., & Betanco, J. A. (2021). Eficiencia energética: una tarea para las universidades. Revista Científica Estelí, 0(0). https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11617

[2] Guzman A. (2022). Zapotlán el Grande: Diagnóstico del municipio, agosto 2022. Consultado el 20/06/2024. Recuperado de https://iieg.gob.mx/uploads/2022/10/Zapotlan-el-Grande-diagnostico- agosto-2022.pdf

[3] Armaroli, N., & Balzani, V. (2011). Towards an electricity-powered world. Energy and Environmental Science, 4(9), 3193-3222. https://doi.org/10.1039/C1EE01249E

[4] Damyanov, I. (2018). The role of infographics for the development of skills for cognitive modeling in education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 13(01), 82. https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.7541

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-02, pág.: 1 a la 5.

[5] Peters, G. P., et al. (2021). Global fossil fuel emissions database. Version 2021. Open Access Government. https://doi.org/10.5194/essd-14-845-2022
[6] Aragón-Aguilar, A., Arellano-Gómez, V., Barragán-Reyes, R. M., & Guido-Aldana, P. (2019). Análisis de declinación de la producción para la caracterización de yacimientos [Analysis of production decline for reservoir characterization]. Journal of Technology in the Americas, Advance online publication. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-02-07
[7] Kumar, A., Molli, P. R., Pakala, S. B., Bui Nguyen, T. M., Rayala, S. K., & Kumar, R. (2009). PAK thread from amoeba to mammals. Journal of Cell Biochemistry, 107(4), 579-585. https://doi.org/10.1002/jcb.22175
[8] Diputados. (2022). Cámara de Diputados. Recuperado el 24 de junio de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/actual.
[9] Samuelsen, Scott, and Brouwer, Jack, Fuel Cell Gas Turbine Hybrid Systems, Chapter in "Encyclopedia of Electrochemical Power Sources," C.K. Dyer et al., eds., 4538 pages, ISBN-13: 978-0-444-52093-7, Elsevier, 2009.
[10] Barreto, L., Makihira, A., & Riahi, K. (2003). The hydrogen economy in the 21st century: A sustainable development scenario. International Journal of Hydrogen Energy, 28(3), 267-284. https://doi.org/10.1016/S0360-3199(02)00074-5

INFORMACIÓN ACADÉMICA

*Autor de Correspondencia, MIM Rafael Axayacatl López Baranda, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad. Azcapotzalco Institución, rafaaxayacatl@gmail.com.
MIM Edgar Adhair Montes Gómez1, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad. Azcapotzalco. edgar99.m.g@gmail.com
Dr. Juan Manuel Sandoval Pineda, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco. jsandovalp@ipn.mx
Dr. Luis Armando Flores Herrera, Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Azcapotzalco. lafloresh@ipn.mx

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

Implementación de la metodología TRIZ para el diseño de componentes de un laboratorio de enseñanza de microfluídica

Pérez Ríos Stephani Jazmín, Garfias Becerril Giovanni; *Aguilar Pérez Luis Antonio, Torres Guzmán Didier**

RESUMEN

Los dispositivos denominados como Lab-on-a-chip son sistemas que manipulan pequeñas cantidades de líquidos en canales de flujo extremadamente diminutos, de solo apenas unas milésimas de milímetro de diámetro. Para lograr este control tan preciso, estos dispositivos deben ser capaces de manejar volúmenes muy pequeños de fluidos (microlitros) y contar con elementos que permitan medir las variables asociadas al fluido. En este trabajo, se propone utilizar la metodología TRIZ para evaluar las características de diseño funcionales y dimensionales necesarias para un proponer un sistema de microfluídica integral que sea capaz de realizar las mediciones de variables como flujo, presión, temperatura y color. El proyecto se basa en el diseño modular de sistemas que gestionan líquidos en pequeños volúmenes, e incorpora módulos de sensores embebidos dentro de los propios elementos que facilitan el control de las variables del sistema por parte de usuarios sin experiencia en el manejo de líquidos en pequeñas cantidades. Gracias al análisis TRIZ, se ha propuesto un diseño de laboratorio que brinda a los usuarios no especializados una comprensión general sobre el diseño, control y monitoreo de sistemas de microfluídica.

Palabras claves: Diseño, Microfluídica, Metodología TRIZ

ABSTRACT

Lab-on-a-chip devices are systems that manipulate small quantities of liquids in extremely tiny flow channels, with diameters measuring only a few thousandths of a millimeter. To achieve such precise control, these devices must be capable of handling small volumes of fluids (microliters) and include elements that allow for the measurement of fluid-associated variables. In this work, the TRIZ methodology is proposed to evaluate the functional and dimensional design characteristics necessary for an integrated microfluidic system capable of measuring variables such as flow, pressure, temperature, and color. The project is based on the modular design of systems that manage small volumes of liquids and incorporates embedded sensor modules within the elements themselves, facilitating the control of system variables by users without experience in handling small volumes of liquids. Thanks to the TRIZ analysis, a laboratory design has been proposed that provides non-specialized users with a general understanding of the design, control, and monitoring of microfluidic systems.

Keywords: Design, Microfluidics, TRIZ Methodology

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de fluidos a microescalas muchas veces llega a ser distinto del que estos presentarían en otras escalas de manejo. Esto generalmente sucede debido a que variables que afectan el fluido como la tensión superficial, la disipación de la energía o la resistencia al flujo se ven modificados porque su viscosidad no es constante al variar con respecto a la tasa de esfuerzo cortante aplicado sobre el fluido la cantidad de líquido presente (Ong, Zhang , Du, & Fu, 2008).

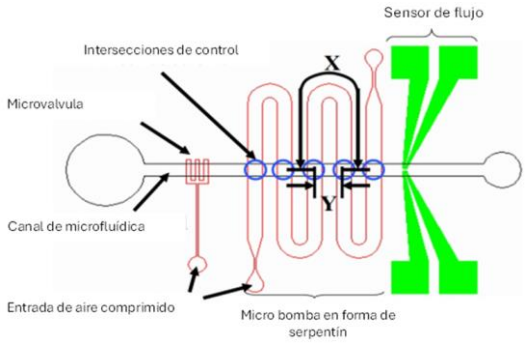


Figura 1.- Diagrama de un sistema de microfluídica tipo Lab-on-a-Chip (Au, Lai, Utela, & Folch, 2011)

Para poder estudiar estos comportamientos de los fluidos, se han desarrollado en las últimas décadas los dispositivos conocidos como Lab-on-chip (León Torres & Torrealba Anzola, 2011) (Figura 1). Estos dispositivos permiten miniaturizar procesos de laboratorio en sistemas de muy bajo flujo, mediante los cuales se pueden exportar soluciones a los procesos de áreas de la salud, farmacéutica y química (Temiz, Lovchik, Kaigala, & Delamarche, 2015). En estos dispositivos, la manipulación de los fluidos es un

* Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad, Ciudad Universitaria 3000 Coyoacán.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

aspecto crucial para su correcto funcionamiento. Estos componentes utilizan canales con geometrías especializadas, reservorios, sensores, mezcladores y filtros para lograr su adecuado funcionamiento (Lashkaripour, Rodriguez, Ortiz, & Densmore, 2019; Jovic, Rakovic, Cantrak, & Jankovic, 2018). Por su parte, la manufactura de este tipo de dispositivos se puede realizar mediante técnicas como la impresión 3D, el control numérico CNC, la fotolitografía, el grabado láser, el moldeo por inyección y vaciado, entre otros (Nguyen & Wu, 2005; Waghwani, y otros, 2020; Lashkaripour, Silva, & Densmore, Desktop micromilled microfluidics, 2018).

En particular, uno de los principales parámetros de diseño en este tipo de sistemas son la elección de la técnica de bombeo utilizada para el manejo de los fluidos. En este apartado existen diversos tipos de uso de sistemas. Existen por ejemplo las bombas peristálticas, de presión y de desplazamiento positivo permiten el control preciso de fluidos, esencial para aplicaciones portátiles y en condiciones no controladas (Behrens, y otros, 2020; Armignacco, y otros, 2015; Frank, Haefner, Elstner, & Richter, 2016; Watson & Senyo, 2019; Luo, Qin, & Lin, 2009). En la siguiente figura se muestran distintos tipos de bombas para controlar el flujo de fluidos. En estos la elección de la bomba adecuada afecta directamente la funcionalidad y seguridad del dispositivo, especialmente en entornos que van desde condiciones de laboratorio hasta equipos utilizados por pacientes con uso de wearables (Armignacco, y otros, 2015; Au, Lai, Utela, & Folch, 2011).

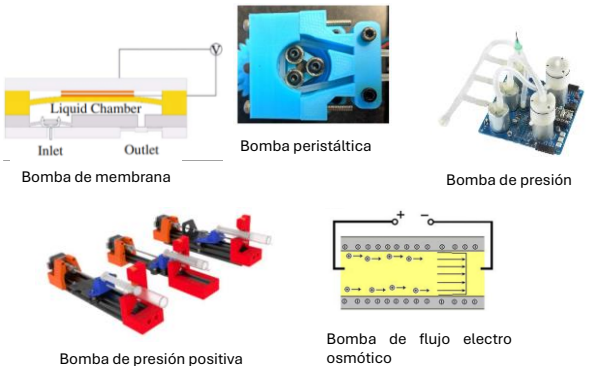


Figura 2. Distintos tipos de bombas de microfluídica utilizadas en dispositivos Lab-on-chip a) Bomba de membrana (Amirouche, Zhou, & Johnson, 2009), b) Bomba peristáltica (Behrens, y otros, 2020), C) Bomba de presión (Temiz, Lovchik, Kaigala, & Delamarche, 2015), D) Bomba de jeringa (A.S., 2020) e) Bomba de flujo electro osmótico (Luo, Qin, & Lin, 2009)

Además de estas, otro elemento clave en el diseño de estos tipos de dispositivos son los tipos de micro válvulas, entre las que se destacan las electrocinéticas que usan un flujo electro osmótico para controlar el flujo de los fluidos entre los canales, las neumáticas que son válvulas que utilizan membranas flexibles para aislar el fluido de control del fluido controlado, las de pinza que deforman físicamente el material de soporte del dispositivo usando presión mecánica o las de ruptura que pueden llegar a considerarse como válvulas de un solo uso o de emergencia, ya que solo se abren cuando se supera una resistencia determinada al flujo del fluido (Luo, Qin, & Lin, 2009). Los micro mezcladores son elementos que permiten el mezclado de dos fluidos al interno de un dispositivo de microfluídica (Figura 3). Estos se clasifican como pasivos (que no requieren energía externa) y activos (que utilizan perturbaciones generadas por un campo externo [6]) (Nguyen & Wu, 2005))

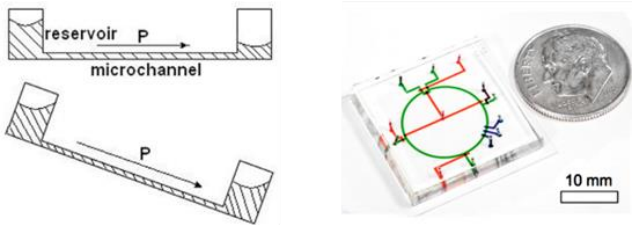


Figura 3.- Micro mezcladores embebidos en sistemas de microfluídica a) sistemas pasivos (Luo, Qin, & Lin, 2009), b) Sistemas activos (Kong, y otros, 2017)

En la investigación sobre el diseño de dispositivos para microfluídica, es esencial abordar las brechas entre la precisión y calidad de manufactura, así como la optimización del manejo de fluidos. En este sentido, las simulaciones de dinámica de fluidos (CFD) son vitales para el diseño y validación de dichos micro dispositivos, aunque enfrentan desafíos como la inmiscibilidad de fluidos y la calidad de las herramientas computacionales en softwares actuales (Kong, y otros, 2017; Ebner & Wille, 2023). Por su parte el uso de software de código abierto y técnicas avanzadas de manufactura, como la impresión 3D y la litografía, permiten mejorar el diseño y funcionalidad de estos dispositivos, permitiendo una mejor adaptación a las necesidades específicas del proyecto (Mirela, 2019). En particular, una de las principales características de diseño son el uso de técnicas especializadas de manufactura. Dependiendo de que tipo de técnica sea utilizada, estas presentaran limitaciones que afectan la funcionalidad y durabilidad de los dispositivos, especialmente en aplicaciones especializadas. Además de que la compatibilidad de la elección y diseño de bombas y sistemas

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

de manejo de fluidos requieren un análisis exhaustivo para asegurar su eficacia en diversas condiciones. Por ejemplo, en (Gale, y otros, 2018) se señala que entre las técnicas más populares para la fabricación de dispositivos de microfluídica se encuentran los laminados o apilamiento de capas individuales creadas mediante corte y unión mecánica o química, el moldeo que incluye moldeo por replica, inyección y estampado, Impresión 3D incluyendo deposición por hilo fundido o FDM, estereolitografía, modelado por sinterizado laser, nano fabricación obtenida a partir de litografía de ultravioleta extrema y litografía de haz de electrones.

La investigación realizada sobre el diseño de dispositivos microfluídica resulta crucial abordar un equilibrio entre las brechas presentes en el uso de la tecnología de manufactura y el alcance en la precisión que pueda lograrse con los equipos disponibles (Gale, y otros, 2018; Nguyen & Wu, 2005; Temiz, Lovchik, Kaigala, & Delamarche, 2015). Las técnicas de manufactura actuales presentan limitaciones que afectan la funcionalidad y durabilidad de los dispositivos, especialmente en aplicaciones especializadas. Otro parámetro funcional que debe ser considerado además es la elección y diseño del tipo de bomba y sistemas de manejo de fluidos que requieren este tipo de sistemas por lo que requieren un análisis exhaustivo para asegurar su eficacia en diversas condiciones.

Materiales y Métodos

El propósito del conjunto de textos analizados radica en mejorar la comprensión y desarrollo de dispositivos utilizados en sistemas de laboratorio de microfluídica, abordando para su diseño características que permitan delimitar parámetros de diseño dimensionales y funcionales requeridos previo al momento del diseño de un sistema para el manejo de fluidos. Es por esta razón que en este trabajo se utilizó la metodología TRIZ para determinar los principales problemas que se pueden asociar al diseño de sistemas de microfluídica. Esta metodología fue desarrollada por Genrich Altshuller en el año 1946. La metodología TRIZ se centra en identificar y resolver contradicciones encontradas durante el análisis de sistemas técnicos, mediante las cuales se logre innovar y mejorar su funcionamiento. Para lograr esta identificación se utilizan herramientas secundarias como lo son el análisis campo sustancia (Su-Field), herramienta analítica que permite modelar problemas relacionados a sistemas existentes y de esta manera buscar soluciones genéricas aplicables a problemas específicos.

La metodología TRIZ puede entonces ser dividida en varios pasos estructurados que permitan el análisis de un problema específico como es nuestro caso. El primer paso es entonces identificar los parámetros funcionales y dimensionales que involucran al sistema. Posteriormente se debe realizar un análisis Campo-Substancia donde se determine de manera clara como es que los parámetros de diseño del sistema interactúan entre sí. Para ello, en este paso es posible apoyarse de herramientas como los análisis FODA que permiten enfocar la atención en cuales son las áreas problemáticas del sistema. Una vez realizado este proceso, se procede entonces a realizar un primer análisis de completitud mediante el cual se pueda dar un acercamiento a la solución final. Para ello, la metodología TRIZ sugiere el uso de la herramienta denominada como 76 soluciones estándar. Estas soluciones estándar asocian reglas que permiten agrupar tipos de soluciones cuando el sistema no se encuentra completo. Entre las categorías se tienen las siguientes:

1. Soluciones estándar para mejorar el sistema con cambios menores
2. Soluciones estándar para mejorar el sistema mediante la introducción de elementos adicionales
3. Soluciones estándar para mejorar el sistema mediante la modificación de elementos del sistema
4. Soluciones estándar para detectar y medir partes del sistema
5. Soluciones estándar para simplificar y mejorar partes del sistema

Finalmente, se deberá elegir entonces un escenario de implementación donde las soluciones propuestas puedan ser evaluadas para que, en su caso sean entonces evaluadas y de esta manera mejoradas en un proceso iterativo. Para lograr la solución de estos 76 problemas inventivos enfocados al diseño de los sistemas de microfluídica, es entonces que podemos utilizar la ultima herramienta que nos facilita el proceso la metodología TRIZ, los 39 parámetros técnicos y los 40 principios inventivos. Con esto entonces se puede proponer el diseño de componentes para un laboratorio de enseñanza de Microfluídica. Por ejemplo, siguiendo la metodología descrita anteriormente, el uso de tecnologías avanzadas de manufactura y software de simulación son componentes clave en el diseño de este tipo de prototipos, mejorando así la precisión, durabilidad y funcionalidad de estos dispositivos en aplicaciones prácticas y en condiciones no controladas.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

Tabla 1.- Parámetros principales para el diseño de un sistema de microfluídica tipo Lab-on-a-Chip

Parámetro de diseño	Parámetros Dimensionales	Parámetros Funcionales
Canales de microfluídica:	Tamaño de los canales: Deben ser diseñados con geometrías específicas para guiar y controlar el flujo de los líquidos.	Control del flujo de fluidos: Dependerá del tipo de líquido a manejar, pero en general puede ser mediante Cargas eléctricas (Electroforesis-Electroósmosis) Micro bombas Movimientos externos Capilaridad
	Dimensiones mínimas: La precisión de las microestructuras y en particular de los orificios debe ser menor entre 100 µm (micrómetros) y 10 µm [4]	Simulaciones CFD para evaluación de parámetros dimensionales Utilizadas para modelar y predecir el comportamiento de los fluidos dentro del dispositivo
	Materiales: Pueden ser fabricados con polidimetilsiloxano PDMS, policarbonato o mediante algún polímero especializado	Fabricación mediante técnicas como el desbaste del material, el moldeo por vaciado de material o la impresión 3D.
Reservorios:	Dimensiones: Dependiendo del experimento a realizar, pueden variar entre una capacidad carga y descarga eficiente de un volumen de 10 a 30 ml. Las paredes de los reservorios deben ser inertes al líquido, con un índice de refracción entre 1.3 y 1.52	Capacidad: Deben ser capaces de contener los fluidos necesarios para ser introducidos en los canales microfluídica, además de permitir la visualización del contenido de la muestra procesada.
Sensores y Detectores	Tamaño y ubicación: Deben ser suficientemente pequeños para integrarse a los canales y permitir el manejo de fluidos en tiempo real.	Sensibilidad: Deben ser capaces de detectar cambios en propiedades físicas, químicas o biológicas de los fluidos
Bombas y Sistemas de Manejo de Fluidos:	Requerimientos: Soporte de flujo con manejo de presiones desde 100 mbar hasta un máximo de 400mbar, Flujo desde 0.1 ml/min hasta 10 ml/min Transporte de líquidos no corrosivos,	Tipos de bombas: Desplazamiento positivo, peristálticas, centrífugas, axiales, de turbina y rotativas. La elección debe permitir garantizar que el equipo sea seguro, fácil de usar, confiables, portátiles, silenciosas y de bajo consumo energético.
Sellado y Conexiones:	Interconexiones: Insertables, reversibles, permanentes y monolíticas mediante impresión 3D.	Métodos de sellado: Enlaces fuertes (bonding) como PDMS, adhesivos UV, pegamentos químicos.

Análisis Campo-substancia

Una vez determinados los principales parámetros para el diseño del sistema de microfluídica, podemos enumerar entonces las principales necesidades de nuestro sistema. Para establecer estas, se detalla en la tabla 2 el diagrama de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

Tabla 2.- Diagrama FODA Aplicado al sistema de microfluídica

Fortalezas	**Debilidades**
Miniaturización de procesos Aplicaciones diversas Precisión en el control de fluidos Avances en manufactura:	Limitaciones en técnicas de manufactura Desafíos en simulaciones CFD Elección de bombas adecuada Calidad inconsistente
Oportunidades	**Amenazas**
Integración de tecnologías avanzadas Adaptación a necesidades específicas Innovaciones en manejo de fluidos Expansión de aplicaciones	Competencia tecnológica: Regulaciones estrictas: Costos de desarrollo: Desafíos en adopción del mercado

Identificando entonces las fortalezas del sistema de microfluídica y evaluando las oportunidades de nuestra propuesta, procedimos a establecer las áreas de oportunidad de diseño, identificando en el proceso las sustancias o elementos involucrados en cada área y como se encuentran estas relacionadas.

- Problema 1: Precisión y calidad de la Manufactura
  - Sustancia S1: Dispositivos de microfluídica (producto final)
  - Sustancia S2: Materiales de manufactura (PDMS, policarbonato, polímeros)
  - Campo F: Energía mecánica (técnicas de manufactura como impresión 3D, CNC, fotolitografía)

- Problema 2: Control y manejo de los fluidos
  - Sustancia S1: Fluido (líquido en canales de microfluídica)
  - Sustancia S2: Micro bombas y válvulas
  - Campo F: Energía hidráulica (movimiento del fluido)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

- Problema 3: Simulación y validación del sistema
  - Sustancia S1: Modelo de microfluídica
  - Sustancia S2: Software de simulación CFD
  - Campo F: Energía computacional

- Problema 4: Modularidad y flexibilidad
  - Sustancia S1: Componentes del dispositivo (módulos intercambiables)
  - Sustancia S2: Técnicas de ensamblaje (interconexiones, adhesivos)
  - Campo F: Energía mecánica

- Problema 5: Portabilidad y usabilidad del sistema
  - Sustancia S1: Dispositivo portátil
  - Sustancia S2: Diseño ergonómico y materiales ligeros
  - Campo F: Energía mecánica y diseño industrial

Evaluando estas condiciones, podemos señalar que la precisión y calidad de la manufactura se encuentra en una completitud moderada, ya que las herramientas de manufactura en este momento son muchas y de buena calidad dependerán de las herramientas con las que se cuente al momento de generar el diseño del sistema de microfluídica. Por su parte el control y manejo de los fluidos depende de la compatibilidad del fluido, y la aplicación final que se requiera replicar, por lo que podemos señalar que el nivel de completitud se encuentra en un nivel intermedio. Añadiendo esto, los sistemas de simulación y validación no se encuentran directamente relacionados en estos momentos, ya que, aunque mediante estos se pueden validar las soluciones de los sistemas de microfluídica, estos no dependen de la construcción inicial del sistema de microfluídica por lo que el análisis de esta propuesta queda descartado en este primer análisis. El problema 4, Modularidad y flexibilidad y el problema 5 Portabilidad y usabilidad del sistema, al ser evaluados como subproductos del sistema completo de microfluídica permiten entonces dirigir la atención a intentar resolver mayormente estas problemáticas por lo que podríamos señalar que estos sistemas se encuentran incompletos en estos momentos.

Para poder completar el diagrama campo substancia, se procede entonces a definir una aplicación: la generación de gotas de agua inmersas en aceite. El principio de funcionamiento de este sistema de control es ampliamente utilizado en la medición de contaminantes presentes en agua (Waghwani, y otros, 2020).

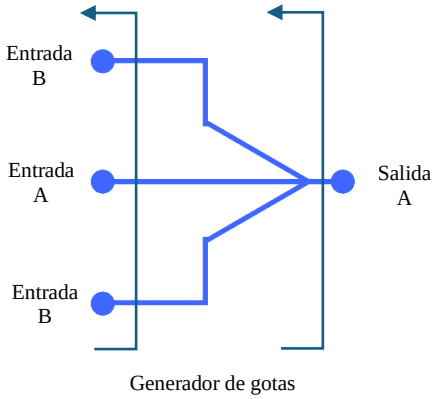


Figura 4.- Propuesta de circuito de microfluídica

Dentro de los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de este sistema se encuentran los siguientes componentes de diseño:

- Bombas de desplazamiento positivo: Integración de bombas desplazamiento positivo tipo jeringa
- Sensores integrados: Uso de sensores de para la medición de presión para monitorizar y ajustar los parámetros de manejo de fluidos en tiempo real, colorimetría y temperatura.
- Micro válvulas eficientes: Incorporación de micro válvulas que permitan un control preciso del flujo y la mezcla de fluidos.

Para la construcción de este dispositivo de microfluídica, se utilizará como método de fabricación la técnica de impresión 3D utilizando una máquina para estereolitografía (SLA). Con este parámetro de diseño definido, procedemos a realizar los esquemas de incompletitud del sistema utilizando la metodología descrita en el análisis campo substancia anterior quedando de la siguiente manera. Finalmente utilizando los principios de TRIZ para abordar los problemas y mejorar el diseño de los dispositivos Lab-on-chip y sistemas de microfluídica se proponen las siguientes soluciones.

Problema 1: Precisión y Calidad de Manufactura
Contradicción: Mejorar la precisión y calidad de manufactura puede incrementar los costos y complejidad del proceso.

- Principio 2: Separación:
- Principio 10: Acción Previa
- Principio 35: Transformación de Propiedades

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

Problema 2: Control y Manejo de Fluidos
Contradicción: Mejorar el control y manejo de fluidos puede aumentar la complejidad y tamaño del dispositivo.

- Principio 1: Segmentación
- Principio 19: Periodicidad
- Principio 24: Intermediario

Problema 3: Modularidad y Flexibilidad
Contradicción: Crear componentes modulares que faciliten la personalización y el mantenimiento puede aumentar la complejidad del diseño y la fabricación.

- Principio 15: Dinamismo
- Principio 6: Universalidad
- Principio 7: Anidamiento

Problema 4: Portabilidad y Usabilidad
Diseñar dispositivos compactos y ligeros que sean fáciles de transportar y usar en condiciones no controladas puede comprometer la robustez y durabilidad del dispositivo.

- Principio 17: Dimensión Adicional
- Principio 30: Flexibilidad
- Principio 4: Asimetría

Resultados

De acuerdo con el análisis realizado previamente, se sugiere entonces implementar la solución de dividir los componentes críticos en módulos intercambiables. Por ejemplo, los canales de microfluídica pueden ser fabricados con técnicas de alta precisión como la impresión 3D, mientras que los componentes menos críticos pueden ser fabricados con métodos más tradicionales. En este sentido se propone el siguiente diagrama de conexiones que nos permite identificar cuáles son los principales componentes que integran el sistema completo de microfluídica.

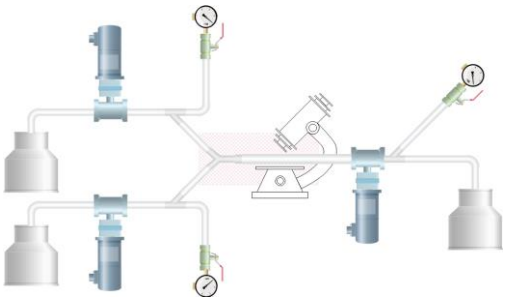


Figura 5.- Circuito de microfluídica integrado al dispositivo Lab-on-a-chip (Imagen creada por el autor)

Este sistema entonces nos indica que todos los sistemas pueden ser conectados mediante conectores tubing de 1 a 2mm de diámetro externo. Además de esto podemos visualizar que requerimos de 3 bombas de presión positiva. Estas se muestran en la siguiente figura

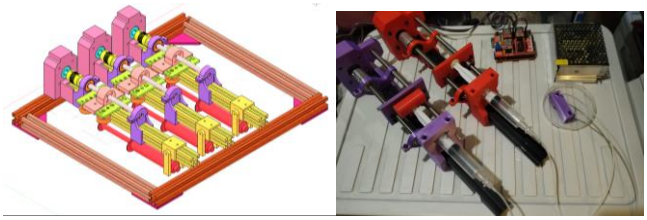


Figura 6.-Sistema de bombeo mediante jeringa para alimentar el dispositivo Lab-on-a-chip a) Componentes diseñados por computadora b) Manufactura de elementos (Imagen creada por el autor)

Por su parte, todos los elementos seran conectados directamente a un sistema de microfluidica encargado de realizar distintos tipos de operaciones, por ejemplo el circuito de microfluídica se muestra a continuacion



Figura 7.- Construcción del circuito de microfluídica

La temperatura es un parámetro que regula la mayoría de los procesos físicos, químicos y biológicos. La variación de la temperatura tendrá efecto en los resultados de cualquiera de estos procesos. La temperatura se puede medir utilizando diversos dispositivos, como termómetros, y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la ciencia y la ingeniería hasta la meteorología y la vida cotidiana. Por estas razones se integró dentro del diseño de dispositivos de microfluídica el uso de un sensor termopar, el cual medirá la temperatura a la que se encuentra el líquido todo el tiempo. En la siguiente figura se muestra el diagrama de conexión de este dispositivo.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-03, pág.: 1 a la 8.

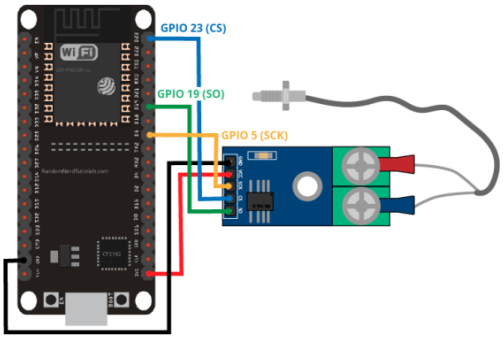


Figura 8.-Diagrama de conexión y sonda de medición de temperatura (Imagen creada por el autor)

Finalmente, el sistema la mayoría de los sensores de presión miden la deformación de una membrana debido a la presión que actúa sobre ella, obteniendo así el valor de presión diferencial que se quiere determinar. Dado que esta membrana tiene dos lados, se aplica otra presión sobre el segundo lado, de manera que la deformación medida es el resultado de la diferencia de presión entre los dos lados. Esta descripción de funcionamiento se puede entonces integrar dentro del diseño del sistema de microfluídica tal como se muestra a continuación.

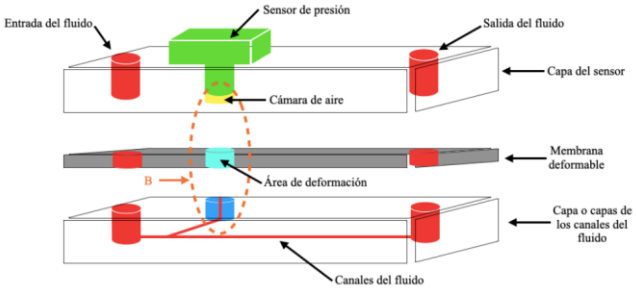


Figura 9.-Diagrama de integración del sensor de presión a un dispositivo de generación de gotas (Imagen creada por el autor)

Adicionalmente se necesita un convertidor analógico-digital y un amplificador de instrumentación para algunos de los sensores, el convertidor AD se puede manejar con un microcontrolador que lo incluya como la ESP32.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una recopilación de las principales características necesarias para diseñar un sistema de microfluídica el cual pueda ser implementado en la enseñanza del comportamiento de sistemas biológicos a alumnos de licenciatura. Para poder establecer los componentes claves se determinó el uso de un dispositivo Lab-on-a-chip cuyo circuito de microfluídica ha sido ampliamente estudiado en otros trabajos. Utilizando este elemento como punto de partida, se determinó que la fabricación de estos tipos de dispositivos requiere de técnicas avanzadas de manufactura como la impresión 3D, donde la precisión y calidad de la manufactura son esenciales para asegurar que los micro canales cumplan adecuadamente con los requisitos dimensionales y de diseño que son requeridos por estos dispositivos. Posteriormente, utilizando la metodología TRIZ, aplicando el análisis de campo substancia, se llegó a la conclusión de que para poder facilitar la enseñanza de este tipo de dispositivos a nivel licenciatura, era necesario dividir los elementos de manera que cada uno de estos fuera construido de manera individual. En este proceso se generó el diagrama de conexiones que permite identificar los requerimientos para la completitud del sistema. Se diseñó además la integración de dos tipos de sensores embebidos en el sistema de microfluídica, a partir de los cuales se establecieron las necesidades técnicas de conexión y de integración con el dispositivo. Finalmente, en este trabajo se presento una metodología para el diseño de componentes de un laboratorio de enseñanza de Microfluídica.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

A.S., S. (2020). Syringe pump created using 3D printing Technology and arduino platform. *Journal of analyticial chemestry, 75*(3), 416-421. doi:10.1134/S1061934820030156

Amirouche, F., Zhou, Y., & Johnson, T. (2009). Current micropump technologies and their biomedical applications. *Microsystem thecnologies, 15*, 647-666. doi:10.1007/s00542-009-0804-7

Armignacco, P., Garzotto, F., Bellini, C., Neri, M., Lorenzin, A., Sartori, M., & Ronco, C. (2015). Pumps in wearable ultrafiltration devices. *Blood Purif, 39*, 115-124. doi:10.1159/000368943

Au, A., Lai, H., Utela, B., & Folch, A. (2011). Microvalves and Micropumps for BioMEMS. *Micromachines, 2*, 179-220. doi:10.3390/mi2020179

Behrens, M., Fuller, H., Swist, E., Wu, J., Islam, M., Long, Z., . . . Steward, R. (2020). Open-source, 3D-printed Peristaltic Pumps for Small Volume Point-of-Care Liquid Handling. *Scientific Reports, 10*(1543). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-020-58246-6

Ebner, P., & Wille, R. (2023). CFD for microfluidics: A workflow for setting up the simulation of microfluidic devices. *Euromicro Conference on Digital System Design.*

Frank, P., Haefner, S., Elstner, M., & Richter, A. (2016). Fully-Programmable, Low-Cost, "Do-It-Yourself" Pressure Source for General Purpose Use in the Microfluidic Laboratory. *Inventions, 1*(2). doi:10.3390/inventions1020013

Gale, B., Jafek, A., Lambert, C., Goenner, B., Moghimifam, H., Nze, U., & Kamarapu, S. (2018). A Review of Current Methods in Microfluidic Device Fabrication and Future Commercialization Prospects. *Inventions, 3*(3). doi:10.3390/inventions3030060

Jovic, A., Rakovic, M., Cantrak, D., & Jankovic, N. (2018). Do-it-yourself microfluidics and possibilities for micro PIV. *FME Transactions, 46*(4), 525-529. doi:10.5937/fmet1804525J

Kong, D., Thorsen, T., Babb, J., Wick, S., Gam, J., Weiss, R., & Carr, P. (2017). Open-source, community-driven microfluidics with Metafluidics. *Nature Biotechnology, 35*(6), 523-529. doi:10.1038/nbt.3873

Lashkaripour, A., Rodriguez, C., Ortiz, L., & Densmore, D. (2019). Performance Tuning of Microfluidic Flow-Focusing Droplet Generators. *Lab on a chip, 19*, 1041-1053. doi:https://doi.org/10.1039/C8LC01253A

Lashkaripour, A., Silva, R., & Densmore, D. (2018). Desktop micromilled microfluidics. *Microfluidics and Nanofluidics, 22*(31). doi:10.1007/s10404-018-2048-2

León Torres, E., & Torrealba Anzola, F. (2011). Los Lab on a chip: Aplicaciones existentes y desafios futuros. *Revista digital de investigacion y posgrado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio Jose de sucre, 1*(1), 19-34.

Luo, Y., Qin, J., & Lin, B. (2009). Methods for pumping fluids on biomedical lab-on-a-chip. *Frontiers in Bioscience*. doi:10.2735/3500

Mirela, A. (2019). Mobile Microfluidics. *Bioengineering, 6*(1), 1-19. doi:10.3390/bioengineering6010005

Nguyen, N.-T., & Wu, Z. (2005). Micromixers—A Review. *Journal of Micromechanics and Microengineering, 15*(2), 1-16. doi:10.1088/0960-1317/15/2/R01

Ong, S.-E., Zhang , S., Du, H., & Fu, Y. (2008). Fundamental principles and applications of microfluidic systems. *Frontiers in Bioscience, 13*, 2757-2773. doi:10.2741/2883

Temiz, Y., Lovchik, R., Kaigala, G., & Delamarche, E. (2015). Lab-on-a-chip devices: How to close and plug the lab? *Microelectronic Engineering, 132*, 156-175. doi:10.1016/j.mee.2014.10.013

Waghwani, B., Ali, S., Anjankar, S., Balpande, S., Mondal, P., & Kalambe, J. (2020). In vitro detection of water contaminants using microfluidic chip and luminescence sensing platform. *Microfluidics and Nanofluidics, 24*(73). doi:10.1007/s10404-020-02381-z

Watson, C., & Senyo, S. (2019). All-in-one automated microfluidics control system. *HardwareX*. doi:10.1016/j.ohx.2019.e00063

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-04, pág.: 1 a la 5.

Banco de Pruebas de Bombas Centrífugas en Serie-Paralelo

René Tolentino Eslava, **Ivone Cecilia Torres Rodríguez, Pedro Francisco Huerta González***

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un banco de pruebas de bombas centrífugas en serie-paralelo, accionadas cada una por un motor trifásico de 0.372 kW (0.5 hp). En esta instalación experimental se obtendrán las curvas características de cada bomba centrífuga; así como la curva de flujo-carga cuando ambas bombas operen en serie o paralelo. La alineación de las bombas para las diferentes configuraciones a evaluar se realiza mediante válvulas solenoides y válvulas manuales. Esta instalación experimental se empleará a futuro para la evaluación de estrategias de control de las variables de presión y flujo; así como en estudios de ahorro de energía en sistemas de bombeo.

ABSTRACT

This paper presents the development of a test bench of centrifugal pumps in serie-parallel, each driven by a three-phase motor of 0.372 kW (0.5 hp). In this experimental facility, the characteristic curves of each centrifugal pump will be obtained; as well as the flow-load curve when both pumps operate in series or parallel. The alignment of the pumps for the different configurations to be evaluated is done by solenoid valves and manual valves. This experimental facility will be used in the future for the evaluation of control strategies for pressure and flow variables; as well as in energy saving studies in pumping systems.

Palabras claves: Bomba centrífuga, Banco de pruebas, Curvas características, Serie-Paralelo.

INTRODUCCIÓN

En la industria es necesario el movimiento de fluidos, para lo cual se emplean bombas, ventiladores, sopladores y compresores. De estas máquinas las bombas consumen la mayor cantidad de energía, ya que se usan en una gran variedad de aplicaciones como son: uso residencial, sistemas de abastecimiento de agua en ciudades, generación de energía eléctrica y diversos procesos en los que se requieren ciertas condiciones de presión y flujo. En las aplicaciones que se tienen, estas pueden operar de forma aislada, en serie o en paralelo. Para su selección se deben conocer sus curvas características (flujo-carga, flujo-potencia y flujo eficiencia) y el comportamiento de la curva flujo-carga cuando operan en serie o paralelo.

* Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco, Departamento de Ingeniería en Control y Automatización, rtolentino@ipn.mx, phuerta@ipn.mx, ictorres@ipn.mx.

Se han efectuado diversos trabajos sobre la implementación de instalaciones experimentales para pruebas de bombas de forma independiente, en serie o en paralelo con la finalidad de diseñar sistemas de bombeo que permitan tener un mejor desempeño energético. Bryan B., et al (2019), realizaron mediciones de la eficiencia termodinámica, monitoreo de vibraciones y análisis de la dinámica de la presión en una bomba centrífuga para evaluar su desempeño. Gil, J. A., & Khan, L. (1998), construyeron un banco de pruebas para electrobombas que se usan en el riego en agricultura, con la finalidad de obtener las curvas características de diversas bombas empleando equipos de bajo costo. Vanderslice, N., et al (2012), integraron transductores, un sistema de adquisición de datos y control en una instalación existente para determinar las curvas características de una bomba centrífuga, verificar las leyes de afinidad y la aplicación de la curva flujo-carga para una determinada condición de operación; también estimaron los costos de operación en el Punto de Mejor Eficiencia (BEP, por sus siglas en inglés).

Waterkemper L., et al (2018), desarrollaron un sistema de adquisición y supervisión de datos para una instalación de bombas hidráulicas con fines académicos, empleando una tarjeta de adquisición de datos y Labview, para obtener la eficiencia volumétrica de una bomba de engranes. Amores Silva I., et al (2018), desarrollaron un banco de pruebas para demostrar experimentalmente la operación de bombas centrífugas en serie y paralelo, el monitoreo se efectuó en un sistema SCADA implementado en Labview. Hujo, L., et al (2021), evaluaron una bomba de engranes empleando como fluido de trabajo aceite de transmisión hidráulica, monitoreando el cambio de las propiedades físicas del fluido a 250 h y 500 h de operación, para dos condiciones de temperatura, siendo estas 40 °C y 100 °C.

Por lo anterior, en este trabajo se presenta el desarrollo de un banco de pruebas para determinar las curvas características flujo-carga, flujo-potencia y flujo-eficiencia de bombas centrífugas que manejan agua a temperatura ambiente. El sistema se configura mediante válvulas solenoides y manuales, para evaluar las bombas de forma independiente o en arreglos en serie o paralelo. Para el caso de los arreglos se obtiene solo la curva flujo-carga. La estación experimental se empleará en el programa de Ingeniería en Control y Automatización (ICA) de la ESIME Zacatenco del IPN.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

Las bombas centrífugas son equipos para realizar un trabajo convirtiendo la energía mecánica en un cambio de presión en un líquido, para transportarlo de un lugar a otro o proporcionar la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-04, pág.: 1 a la 5.

presión y flujo necesarios en un proceso. Las bombas de acuerdo con la posición del eje se clasifican en horizontales y verticales, en función del flujo en el interior del impulsor en: bombas de flujo axial, flujo mixto y radial.

En las bombas de flujo radial el líquido es dirigido en las direcciones correspondientes a los radios del círculo descrito por los impulsores, son las más usadas en la industria debido a que se emplean en servicios que necesitan cargas intermedias y elevadas. Las bombas de flujo axial suelen tener solo dos o cuatro palas, que permiten trabajar con fluidos que contengan elementos sólidos, mientras que las bombas de flujo mixto utilizan una combinación de las características de los impulsores, tanto radial y axial, este tipo de bombas son utilizadas para impulsar fluidos con características especiales como pulpas.

Las curvas características de las bombas son relaciones gráficas entre la carga, el flujo, potencia y eficiencia, siendo estas las curvas de flujo–carga (Q-H), flujo–potencia (Q-P) y flujo–eficiencia (Q-η). La curva Q-H, representa la carga que la bomba puede generar en función del flujo entregado. La curva Q-η, muestra la eficiencia a diferentes flujos de la bomba. La curva Q-P, proporciona la potencia que suministra el motor eléctrico a las diferentes condiciones de flujo.

La NOM-004-ENER-2014 [5], presenta una metodología para obtener las curvas de desempeño, en esta se indica que la velocidad angular debe ser constante, deben generarse 10 flujos desde válvula abierta (flujo máximo) hasta válvula cerrada (flujo cero). Para cada flujo medido, se miden también la presión en la succión y descarga, potencia de entrada al motor y temperatura del agua.

Las lecturas obtenidas se emplean para determinar: el flujo (Q) en lpm; la carga de la bomba (H) en mca; la potencia eléctrica (P) en kW; y la eficiencia de la bomba (η) en %. Con las mediciones la presión en la succión (p_s) y descarga (p_d) en m H_2O (mca), se determina la carga (H) en (mca) (ec. 1).

$$H = p_d - p_s \quad (1)$$

Para obtener la eficiencia (η) de la bomba se requiere determinar la potencia hidráulica (P_h) en W (ec. 2). La eficiencia de la bomba se obtiene con la ecuación 3, donde P es la potencia del motor eléctrico en W. El flujo en la ec. (2) debe estar en m^3/s.

$$P_h = \rho\, g\, H\, Q \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_h}{P} \times 100 \quad (3)$$

En un arreglo de bombas en serie se tienen dos o más bombas conectadas una seguida de otra en un sistema, por lo que la descarga de la primera bomba es la succión de la siguiente bomba. En este tipo de arreglo se tiene un aumento de presión, mientras que el flujo se mantiene constante. Por otro lado, en un arreglo de bombas en paralelo dos o más turbomáquinas tienen el mismo punto de succión y un mismo punto en la descarga. En este arreglo la presión no aumenta y el flujo se incrementa.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Las curvas de operación de bombas centrífugas se deben obtener en bancos de pruebas que permitan tener diferentes condiciones de operación y estar equipados con los siguientes elementos:

1. Tanque de almacenamiento.
2. Medidores de presión en la succión y descarga de la bomba.
3. Bomba centrífuga a evaluar.
4. Válvula para regular el flujo, manual o automática.
5. Medidor de flujo.
6. Instrumentos para medir las variables eléctricas de tensión eléctrica, corriente y factor de potencia, o potencia eléctrica.

En base a los elementos requeridos, se evaluaron diferentes configuraciones de las cuales se seleccionó el arreglo mostrado en la figura 1.

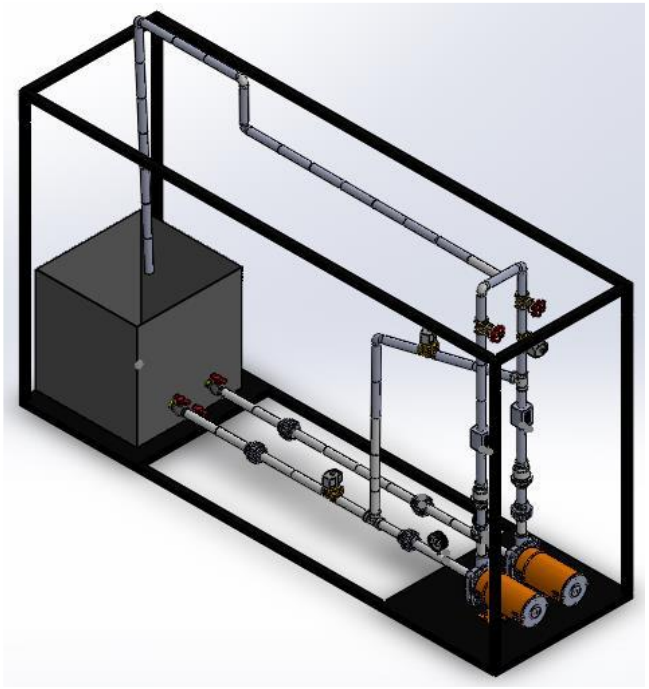


Figura 1. Configuración propuesta para el banco de pruebas. Fuente: elaboración propia.

INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS

El tanque de almacenamiento es atmosférico, construido de lámina de acero al carbón, con dimensiones de 50 cm de alto x 50 cm de largo x 55 cm de ancho. La capacidad del tanque es de 138 litros. Se tienen 3 salidas roscadas, siendo 2 de 25.4 mm (1 plg) de diámetro para la conexión a la succión de las bombas y la tercera

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-04, pág.: 1 a la 5.

de 12.7 mm (½ plg) de diámetro para mantenimiento. Las tuberías y accesorios son de Policloruro de Vinilo (PVC) hidráulico, cédula 40. Los diámetros empleados son: en la succión y descarga de las bombas de 25.4 mm (1 plg), la tubería donde se concentran los flujos de las dos bombas es de 38.1 mm (1 ½ plg). Como accesorios se tienen válvulas esféricas, válvulas check, tuercas unión, T, coples, reducciones bushing y codos de 90°.

Las bombas empleadas en el banco de pruebas son centrífugas, accionadas por un motor trifásico de 0.3725 kW (0.5 hp), tensión eléctrica de 220 V de CA y corriente de 1.9 A de CA. Cada bomba maneja un flujo de 90 lpm y el diámetro de la succión y descarga es de 24.5 mm (1 plg).

Se tienen válvulas solenoides marca TECSOL, normalmente cerradas, presión de operación de 0 bar – 7 bar, diámetro 25.4 mm (1 plg), cuerda NPT, alimentación 127 de CA y cuerpo de bronce. Estas se emplearán para configurar el arreglo en serio o en paralelo.

Un manovacuómetro se instaló en la succión de cada una de las bombas, éste tiene un alcance de 0 plg Hg - 30 plg Hg (76 cm Hg) en la escala de vacío y de 0 psi - 14 psi (1 kg/cm^2) en la escala de presión manométrica, conexión roscada de 6.35 mm (¼ plg) y carátula de 76.2 mm (3 plg) de diámetro.

En la descarga de cada bomba se instaló un manómetro, el de la bomba 1 tiene un alcance de 0 kg/cm^2 a 2 kg/cm2 (0 psi – 28 psi), con resolución de 0.01 kg/cm^2 (0.5 psi), carátula de 50.8 mm (2 plg). En la bomba 2 se instaló un manómetro de 0 kg/cm^2 a 4 kg/cm^2 (0 psi – 60 psi) debido a que la presión generada en el arreglo en serie se incrementa en la salida de la última bomba, resolución de 0.1 kg/cm^2 (1 psi) y carátula de 76.2 mm (3 plg). Ambos tienen conexión roscada NPT de 6.35 mm (¼ de plg).

En la succión de cada bomba se instaló un transmisor de presión absoluta marca NOSHOK serie 100, cuerpo de acero inoxidable 316, conexión a proceso ¼ NPT, alcance de 0 psia – 15 psia, señal de salida 4 mA – 20 mA, alimentación de 10 V a 30 V de CD, su conexión es a 2 hilos. En la descarga de cada bomba se instaló un transmisor de presión manométrico, marca NOSHOK, serie 100, cuerpo de acero inoxidable 316, conexión a proceso ¼ NPT, alcance de 0 psi – 60 psi, señal de 4 mA – 20 mA, alimentación de 10 V de CD – 30 V de CD, conexión a 2 hilos.

El flujo de cada bomba se mide con un transmisor de flujo de la marca Endress and Hauser, modelo Picomag, DMA25, principio de funcionamiento electromagnético, alcance de 0 lpm a 100 lpm, cuerpo de acero inoxidable, protocolo de comunicación IO-Link, puesta en marcha y operación mediante Bluetooth y SmartBlue App.

Para prevenir que la instalación trabaje con un flujo mínimo o máximo se instaló un interruptor de flujo de la marca IFM, modelo SI5010, intervalo de temperatura de -25 °C a 80 °C, clase de protección III, alimentación 18 V de CD – 36 V de CD, señal de salida IO-Link, alimentación PNP, función de salida NA/NC (parametrizable), y sensibilidad máxima de 3 cm /s a 300 cm/s, conexión a proceso M18 x 1.5 roscado interno.

Los transmisores de presión y flujo, interruptor de flujo, válvulas solenoides y arranque y paro de las bombas se realizan desde un PAC, marca Allen-Bradley, modelo Compact Logix L27ERM/QBFC1B de 16 entradas digitales, 4 salidas digitales, 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas y fuente de alimentación incluida de 24 V de CD. Cada bomba se acciona mediante un variador de frecuencia, marca Allen-Bradley, modelo PowerFlex 525, alimentación de 100 V de CA – 600 V de CA, potencia: 0.4 kW – 22 kW (0.5 hp – 30 hp) con comunicación Ethernet/IP. En la figura 2 se muestra el banco de pruebas desarrollado.



Figura 2. Banco de pruebas de bombas en serie-paralelo. Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Después de verificar que el banco de pruebas operará de forma correcta y no presentará fugas. Se procedió a determinar las curvas características de cada una de las bombas. En la figura 3 se muestra la curva característica de la bomba B-101 A. El flujo máximo medido fue de 62.72 lpm se dio con la válvula abierta al 100%, a esta condición la carga fue de 13.4 mca. Con la válvula en la descarga cerrada, se obtuvo un flujo de 0 lpm y una carga de 20.16 mca. La eficiencia máxima obtenida fue 72.3% a condiciones de flujo máximo.

Las curvas características de la bomba centrífuga B-101 B se presentan en la figura 4. El flujo máximo entregado fue de 62.41 lpm con una carga de 10.26 mca (válvula abierta). Con la válvula en la descarga cerrada, se obtuvo un flujo de 0 lpm y una carga de 20.06 mca. La eficiencia máxima obtenida fue de 61.55 % que correspondió a las condiciones de flujo de 50.59 lpm.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-04, pág.: 1 a la 5.

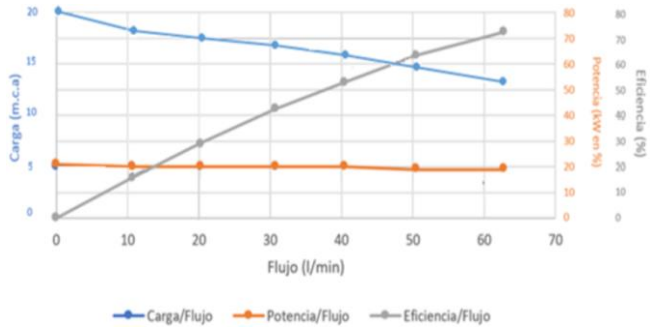


Figura 3. Curvas características de la bomba B-101 A.
Fuente: elaboración propia.

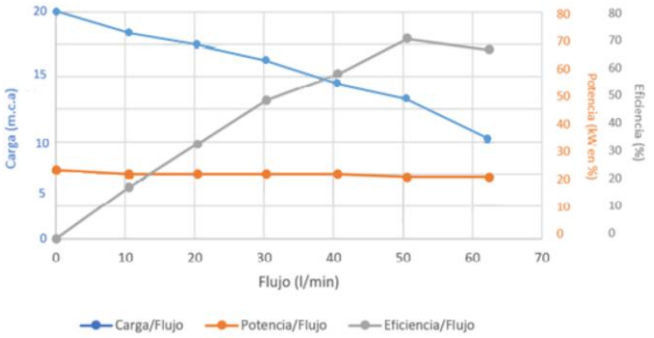


Figura 4. Curvas características de la bomba B-101 B.
Fuente: elaboración propia.

Evaluadas cada una de las bombas, se determinó la curva flujo-carga del arreglo en serie, alineándose las válvulas para que la bomba B-101 B fuera la segunda bomba en el arreglo. La figura 5 muestra la curva flujo-carga de cada bomba y de las bombas operando en serie. El flujo máximo en este arreglo fue de 88 lpm y una presión de 18.51 mca; en la condición de 0 lpm (válvula cerrada) la presión fue de 38.57 mca.

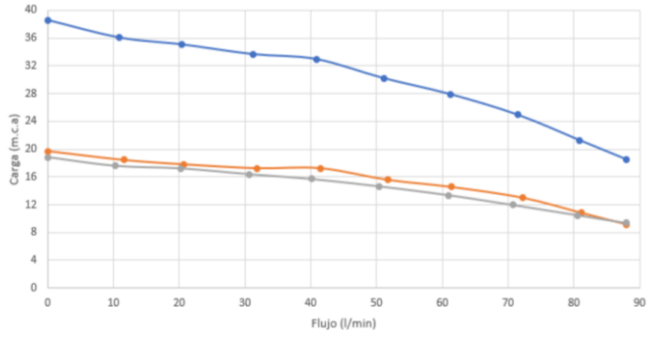


Figura 5. Curva flujo-carga de bombas operando en serie.
Fuente: elaboración propia.

La curva flujo-carga de cada bomba y de las bombas operando en paralelo se presentan en la figura 6. El flujo máximo en este arreglo fue de 136.2 lpm y una presión de 14 mca; en la condición de de válvula cerrada (0 lpm) la carga fue de 38.57 mca.

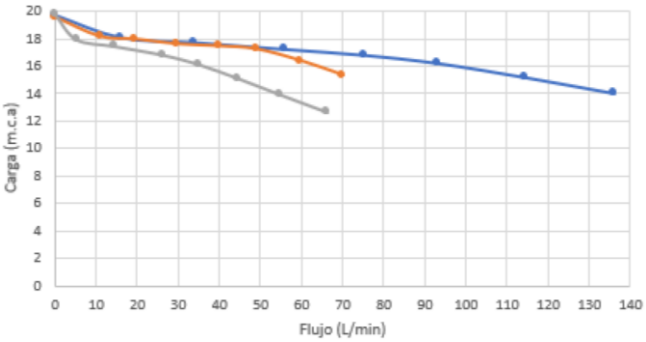


Figura 6. Curva fujo-carga de bombas operando en paralelo.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Se construyó un banco de pruebas de bombas centrífugas en serie-paralelo, aplicándose normas para un correcto diseño e implementación de éste, así como la selección de la instrumentación para obtener datos fiables. De igual manera la selección de elementos finales de control como es el caso de los motores y válvulas solenoides. Se obtuvieron las curvas características de las bombas de manera individual, operando en serie y paralelo.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Bohn, B., Olson, J., Gopaluni, B., & Stoeber, B. (2019, October). Sensing concept for practical performance-monitoring of centrifugal pumps. In 2019 IEEE Sensors (pp. 1-4). IEEE.

Gil, J. A., & Khan, L. (1998). Diseño y construcción de un sistema para la determinación de curvas características de electro-bombas de uso agrícola. Bioagro, 10 (1), 24-31.

Vanderslice, N., Oberto, R., & Marrero, T. R. (2012). Centrifugal pump experiment for chemical engineering undergraduates. Chemical Engineering Education, 46 (1), 50-57.

Waterkemper, L., de Medeiros Castro, R., Lopes, L. M., Inacio, L. F. F., Curi, E. I. M., & de Campos Correa, L. (2018). Didactic system of supervision and data acquisition to evaluate the performance of hydraulic pumps. IEEE Latin America Transactions, 16 (4), 1113-1120.

Silva, I. A., Estrada, M. C., & Ramos, M. M. (2018). Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión y paralelo. Científica, 22 (1), 51-59.

Hujo, L., Nosian, J., Zastempowski, M., Kosiba, J., Kaszkowiak, J., & Michalides, M. (2021). Laboratory tests of the hydraulic pump operating load with monitoring of changes in the physical properties. Measurement and Control, 54 (3-4), 243-251.

NOM-004-ENER-2008 Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba para bombeo de agua-limpia, en potencias de 0.187 KW a 0.746 KW. Límite, métodos de prueba y etiquetado.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-04, pág.: 1 a la 5.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

René Tolentino Eslava: Ingeniero Mecánico de ESIME Azcapotzalco, IPN. M. en C. en Ingeniería Mecánica por la SEPI, ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Pedro Francisco Huerta González: Ingeniero Electricista de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica, SEPI ESIME Zacatenco, IPN. Profesor titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Ivone Cecilia Torres Rodríguez: Ingeniera en Control y Automatización de ESIME Zacatenco, IPN. M. en C. en Ingeniería Eléctrica por la SEPI ESIME Zacatenco del IPN. Profesora titular del departamento de Ingeniería en Control y Automatización de la ESIME Zacatenco.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.

Propuesta de rehabilitación del molino de martillos (Didacta Italia, TA1D) en la nave 2000 en la FES Cuautitlán Campo 1

Daniel Díaz Vásquez**, Omar Olvera García**, Víctor Hugo Hernández Gómez**

RESUMEN

Los molinos son elementos importantes en los procesos unitarios de la industria de los alimentos. Entre los distintos tipos existentes, el molino de martillos es el ideal para trabajar con una gran variedad de materiales, desde materiales granulares, materiales fibrosos y hasta materiales viscosos.

Esta clase de molinos requieren de una operación a distintas velocidades según el objetivo con el que se trabaja, pues la resistencia del material ingresado responde en función de la velocidad con la que lo impactan los martillos. Para ello es necesario un control de velocidad y al ser un motor de inducción el que entrega la potencia, este puede ser controlado con un sistema que implemente un variador de frecuencia (VFD: Variable Frequecy Driver). Por lo tanto, la rehabilitación de este equipo será con la planeación de un nuevo circuito de control con un VFD y las acciones correctivas en las piezas mecánicas del motor.

ABSTRACT

Mills are important elements in unit processes of food industry. Among different existent types, the hammer mill is ideal to work with a big variety of materials, since granular materials, fibrous materials and even sticky materials. This mills type needs a multiple velocities operation according to objectives, being that material resistance is in function of hammer's impact velocity. Therefore, is necessary a speed control and since it is an induction engine that gives power, that can be controlling with a circuit control with a variable frequency driver (VFD). Then, the rehabilitation of this set will be with the planning of a new control circuit with a VFD and the corrective performances on the mechanics pieces

Palabras claves: Molino, Rehabilitación, Control, VFD.

INTRODUCCIÓN

Los molinos de martillo son un tipo de maquina ideado para reducir el tamaño del material suministrado. Este tipo de máquinas suele girar por encima de las 1000 rpm lo cual caracteriza, relativamente, a cualquier material como frágil.

Un molino de martillos consta de un rotor equipado con martillos dispuestos en forma circular. El rotor gira a altas velocidades, lo que hace que los martillos golpeen el material molido. Una carcasa sólida encierra el rotor y se coloca una criba en la parte inferior para controlar el tamaño del material que sale del molino. Otros componentes incluyen un conducto de alimentación, un conducto de descarga, un sistema de transmisión y elementos de seguridad como protectores y paradas de emergencia.

Los molinos de martillos son versátiles, eficientes y fáciles de usar. Pueden moler diversos materiales, desde cereales y piensos hasta minerales y residuos. La simplicidad de su diseño los hace fáciles de mantener y reparar, y son una solución rentable para muchos procesos industriales. Como tal, la tecnología de los molinos de martillos es crucial en muchas industrias en todo el mundo. Para el caso de la industria en alimentos, este es empleado para fracturar materiales sólidos, triturar materiales fibrosos y quebrar casi cualquier materia orgánica.

Operación Del Molino De Martillos

El funcionamiento de un molino de martillos comienza con la entrega del material a procesar a la tolva de alimentación. La entrada de aire ajustable en la parte inferior de la tolva regula el flujo de material hacia la cámara de molienda. Dentro de la cámara de molienda, cuchillas o martillos giratorios generan un impacto de alta velocidad al golpear repetidamente el material contra una rejilla o rejilla perforada. A medida que se muele el material, pasa a través de la criba y se recoge en un recipiente, mientras que las partículas de gran tamaño regresan a la cámara de molienda para su posterior procesamiento.

Construcción De Molino De Martillos

Los molinos de martillos pueden variar en tamaño y diseño, pero la mayoría están construidos con marcos de metal sólido con martillos oscilantes montados en un eje central. El rotor es impulsado por una correa o cadena que gira a gran velocidad, haciendo que los martillos giren y generen impacto. La rejilla o rejilla suele estar hecha de acero inoxidable o acero dulce y se coloca en el fondo de la cámara de molienda.

Mecanismo De Trabajo Del Molino De Martillos

El mecanismo de funcionamiento de un molino de martillos se basa en el principio de impacto. Sus martillos oscilantes están fabricados de acero de alta calidad diseñados para golpear el material con una alta energía cinética. A medida que los martillos giran, impactan el material, empujándolo contra la rejilla o rejilla y rompiéndolo en partículas más pequeñas. El tamaño de las aberturas en la red o rejilla determina el tamaño de las partículas. Además, la velocidad del rotor y el número de martillos se pueden

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – UNAM. diazdaniel142015@gmail.com. Estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Electricista.

** Laboratorio de Investigación en Energías Renovables. FES Cuautitlán – UNAM. Departamento de Ingeniería y Tecnología. omar.olvera@cuautitlan.unam.mx, Ingeniero Mecánico Electricista.

*** Laboratorio de Investigación en Energías Renovables. FES Cuautitlán – UNAM. Departamento de Ingeniería. vichugo@unam.mx.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.

ajustar para variar el tamaño de las partículas y calidad del producto final.

Según las características del material orgánico a emplear se escogerá o adecuará el molino de martillos. Entre estos los diferentes modelos de este tipo de molinos se encuentra el molino de martillos fijos mostrado en la Figura 1, el molino de martillos pivotantes mostrado en la Figura 2 y el molino de cuchillas que se muestra en la Figura 3.

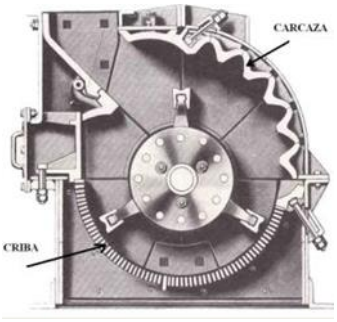


Figura 1. Molino de Martillos Fijos



Figura 2. Molino de Martillos Pivotantes



Figura 3. Molino de Cuchillas

El molino presente en la nave 2000 en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo uno, se puede clasificar como un molino de martillos pivotantes el cual puede llegar a una velocidad máxima aproximada de 2820 rpm, el cual se presenta en la imagen 4.



Imagen 4. Didacta Italia TA1D - Hammer Mill

ANTECEDENTES

Control de velocidad de un motor de inducción por medio de un variador de frecuencia.

El método empleado por un variador de frecuencia para controlar la velocidad de un motor de inducción consta de tres etapas principales.

Como primera etapa se tiene la “rectificación”, la cual consiste en convertir la corriente alterna en corriente directa mediante un puente rectificador de diodos.

Con una fuente corriente directa establecida se continua a la etapa de “inversión”, esta etapa utiliza transistores IGBT los cuales actuaran como interruptores de la corriente a través de las bobinas del motor en función de la frecuencia establecida. Estos transistores se encuentran conectados a las bobinas del motor de tal forma que la corriente cambie su sentido de flujo en cada iteración.

Finalmente, la etapa de “control” en la cual el circuito electrónico recibe e interpreta la señal de retroalimentación con la cual establece los parámetros de frecuencia o voltaje para el cambio de velocidad del motor.

Estructura del molino de martillos pivotantes.

El molino está conformado por un tambor, constituido por dos platos y dos barras de soporte de las cuales se sujetan los martillos, los cuales están separados entre sí por bujes. El eje central que pasa a través de los platos tiene en sus extremos los rodamientos y cojinetes con los cuales se apoya en la carcasa inferior. Por encima se cierra con la tolva en la cual se agrega el material de trabajo. Para mantener centrado el tambor, se encuentran dos arandelas del lado interno de la carcasa. En la figura 5 se muestran las partes antes mencionadas del molino que se encuentra en la Nave 2000.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.



Figura 5. Vista Superior del Tambor

Importancia de la velocidad en el tamaño de las partículas de material conseguidos.

Sobre algunos procesos realizados con un molino de martillos se ha observado que la relación entre la velocidad de giro del molino y el tamaño de grano conseguido tiende a ser inversamente proporcional. En palabras simples, cuanto mayor es la velocidad del molino, menor es el tamaño del grano conseguido después del proceso.

DESARROLLO

El primer paso para la rehabilitación del equipo consistió en reconocer el estado de este, en la figura 7 se muestra el estado general en el que se encuentra el equipo y en la figura 8 el estado en el que se encuentra la caja eléctrica. Se comenzó examinando el circuito eléctrico que controla al motor y, entonces, elaborar su diagrama eléctrico. Con ayuda de un multímetro se realizaron pruebas de continuidad en cada componente del circuito eléctrico para identificar los que se encontraran en mal estado o mal conectados.



Figura 6. Molino de Martillos



Figura 7. Caja Eléctrica

La primera adecuación realizada fue la instalación de un conector trifásico para poder conectar el equipo a la red del laboratorio. Realizando los ajustes necesarios para poder energizar el equipo (cortocircuitar los elementos descompuestos), se observó que el variador de frecuencia (VFD: Variable Frequency Drive) presentaba problemas al momento de encender, este componente no respondía al momento de ser energizado y requería un tiempo prolongado para que pudiese ser operado (en la figura 8 se muestra el error que presentaba), también arrojaba el error F002, que se presenta en la Figura 9, el cual en su manual indica una sobrecarga al motor.



Figura 8. VFD sin respuesta

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.



Figura 9. Error F002

Entonces, se modificaron los ajustes del VFD para corroborar que su mal funcionamiento no se debiera a datos erróneos, se le registraron los datos correctos del motor (potencia, factor de potencia, voltaje, corriente, frecuencia, rpm) y las características de operación adecuadas (tiempos de aceleración y desaceleración, frecuencias máxima y mínima). El VFD continúo arrojando errores y se optó por conseguir uno nuevo con el cual desarrollar su circuito de control.

Basado en uno de los errores anunciados por el VFD, la observación se dirigió a las piezas mecánicas del equipo. La polea del motor se encontró suelta, sin prisionero ajustado. El tambor del molino presentaba dificultad para rotar libremente, este rozaba contra las paredes internas de la tolva y de la base del tambor.



Figura 10. Cojinete

Las piezas que mantienen centrado al tambor se encontraron deformadas (en la Figura 10 se muestra el cojinete dañado), en peor estado la pieza del lado de la polea (en la Figura 11 se muestra el cojinete dañado del lado de la polea); los rodamientos del eje no giraban con facilidad, y también se encontraron algunas tuercas sueltas, como la que sostiene a una fila de martillos y el que cierra la tolva de alimentación. Antes de volver a montar el mecanismo se tomaron las medidas de las piezas afectadas y se limpiaron con WD – 40.

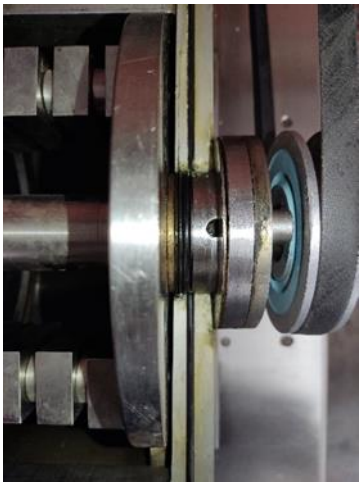


Figura 11. Cojinete y Polea

Una vez detectadas las fallas se propone desarrollar un nuevo circuito que controle el equipo, en cuento al desarrollo del nuevo circuito de control, este fue ideado con el fin de corregir las fallas del circuito original, en la Figura 12 se presenta el diagrama de control del circuito.

En el nuevo circuito, el VFD es energizado una única vez desde el arranque y no es interrumpido hasta finalizar el uso del equipo y se agregó una luz de señalización para reconocer si el interruptor de limite está accionado (en la Figura 13 se muestra el interruptor de límite, el cual se encuentra trabajando perfectamente, pero no se sabe el momento en el que esta activado o no). Una vez conseguido el circuito de control se continuo con la lista de materiales y su respectiva cotización, cuyos precios fueron promediados desde las distintas tiendas en línea que los ofertan

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.

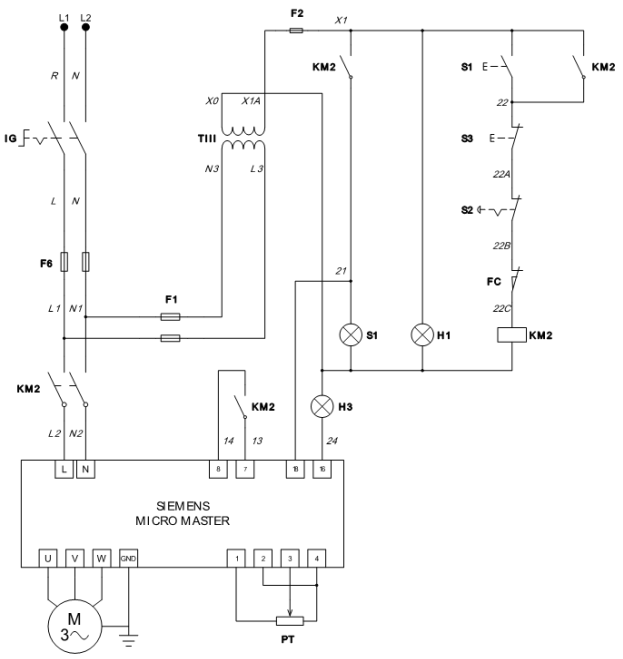


Figura 12. Circuito de control inicial



Figura 13. Interruptor de Límite

Con el remplazo adecuado del VFD se desarrolló el circuito de control que se presenta en la figura 13.

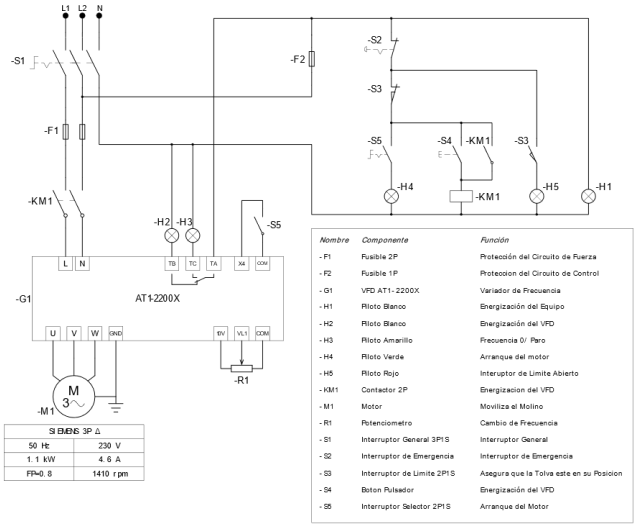


Figura 14. Circuito de control propuesto

El cálculo de los componentes requeridos se realizó con base en la NOM – 001 – SEDE – 2012. En la figura 15 se muestra el esquema que se siguió para realizar la protección del circuito de fuerza.

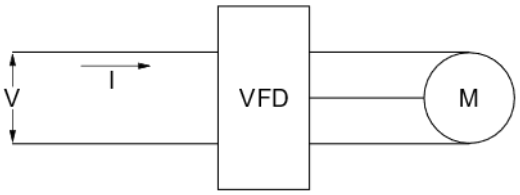


Figura 15. Modelo para Cálculo de Corriente

Para determinar la protección del equipo se realizó el siguiente procedimiento:

$$P = S \cdot FP = V \cdot I \cdot FP \quad \textbf{(1)}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot FP} \quad \textbf{(2)}$$

Pero:

$$P_M = \sqrt{3} V_L I_L \cdot FP \quad \textbf{(3)}$$

Resultando en:

$$I = \frac{\sqrt{3} V_L I_L}{V_B} \quad \textbf{(4)}$$

donde:
V_L es el voltaje a plena carga del motor;
I_L es la corriente a plena carga del motor;
V_B es el voltaje de la instalación.
Al escoger fusibles con retardo de tiempo, la ampacidad de estos será de un 75% mayor a la corriente obtenida:

$$I = 1.75 \frac{\sqrt{3}(230)(4.6)}{220} [A] \approx 15 [A] \quad \textbf{(5)}$$

Para el conductor se tendría que considerar una ampacidad no menor al 125% de la corriente calculada:

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.

$$I \geq 1.25 \cdot 8.33\ [A] \approx 10\ [A] \quad \textbf{(6)}$$

Entonces se puede determinar un calibre 14" AWG.

Para el contactor e interruptor general (medios de desconexión) se considera una ampacidad no menor al 115%:

$$I \geq 1.15 \cdot 8.33\ [A] \approx 9.6\ [A] \quad \textbf{(7)}$$

En cuanto a la parte correspondiente a los elementos de control, primero se consultó el consumo de los pilotos y de la bobina del contactor. La protección elegida fue un fusible de acción rápida seleccionado de la siguiente forma:

$$I = 5I_{Piloto} + I_{Bobina} \quad \textbf{(8)}$$

donde el consumo de cada luz piloto es de 20 mA y el consumo de la bobina de 12.7 mA, entonces:

$$I = 112.7mA \quad \textbf{(9)}$$

Finalmente se escogió un fusible de 500 mA, esto debido a que es el mínimo existente en los fusibles rápidos de 10x38 mm (En la Figura 16 se muestran los cartuchos de los fusibles disponibles actualmente) y el más cercano a la corriente calculada.



Figura 16. Cartuchos de Fusibles

RESULTADOS Y ANALISIS

Para completar la rehabilitación del equipo se deberán seguir las siguientes estrategias:

- Reconocer el estado del equipo

De los componentes en mal estado, se encuentran: El variador de frecuencia, botón de paro de emergencia, la luz piloto verde, los rodamientos del tambor y las piezas centradoras del tambor.

- Planear un método de solución

Para el sistema eléctrico de control, se realizó un nuevo circuito de control con mejor operabilidad y con nuevos componentes. También, se cambiarán los rodamientos del tambor.

Por otra parte, los componentes que centran el tambor serán maquinados en el taller de la nave. Una vez realizado el plan, se elaboró la cotización de los componentes necesarios para la rehabilitación. En la figura 17 se presenta la cotización de materiales necesarios para la rehabilitación del circuito eléctrico del molino de martillos, realizada el mes de agosto del 2024.

Componente	Caracteristicas	Costo	Cantidad	Referencia
Fusible con Retardo	15 A - 10x38 mm	$ 205.39	2	
Fusible Rapido	500 mA - 10x38 mm	$ 285.00	1	
Variador de Frecuencia	220 V - 2.2 kW - ATI 2200X	$ 1,954.50	1	
Luz Piloto Blanco	110 V - 20 mA - 22 mm ø	$ 84.00	2	
Luz Piloto Amarillo	110 V - 20 mA - 22 mm ø	$ 100.82	1	
Luz Piloto Verde	110 V - 20 mA - 22 mm ø	$ 100.70	1	
Luz Piloto Rojo	110 V - 20 mA - 22 mm ø	$ 101.22	1	
Contactor	110 V - 1.4 W / 230 V - 25 A / DIN 35 mm / 2NO	$ 244.60	1	
Potenciometro	1 kΩ	$ 96.80	1	
Interruptor de Leva	25 A - 3 Polos	$ 316.00	1	
Interruptor de Emergencia	10 A - 22 mm Ø / 1NC - Red - Rotate to Reset	$ 133.60	1	
Boton Pulsador	10 A - 22 mm Ø / 1NO - Green	$ 130.00	1	
Interrupor de Leva	10 A - 22 mm Ø / 2NO - Black Long Handle - Latching - 2 Pot	$ 123.50	1	
Cable Blanco	THW 14 AWG, 90°, 600V - 3m	$ 22.50	1	
Cable Negro	THW 14 AWG, 90°, 600V - 3m	$ 22.50	1	
Rodamiento	RNA4905	$ 209.26	2	
Total		$ 4,629.04		

Figura 17. Cotización de Materiales

- Ejecución

El proyecto se encuentra en espera del arribo de los materiales solicitados, pero se encuentra en preparación para realizar el maquinado de las piezas de centrado del tambor. Una vez conseguido los materiales, se realizará la instalación y adecuaciones necesarias de estos.

- Verificación

Después de conseguir las piezas solicitadas y haber realizado la instalación con sus adaptaciones necesarias, se harán pruebas para asegurar la correcta operación del equipo.

CONCLUSION

El molino de martillos es parte importante dentro de los procesos unitarios de la industria de alimentos, por ello es necesario que el alumnado de ingeniería en alimentos cuente con la posibilidad de experimentar el trabajo de este equipo. Este molino no presenta fallas graves que afecten a su funcionamiento normal, por eso es factible su rehabilitación.

El proyecto de rehabilitación se encuentra vigente y se espera que esté concluido en octubre del año en curso.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IM-05, pág.: 1 a la 7.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con el apoyo del Programa interno de cátedras de investigación (FES Cuautitlán – UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto **CI2472**.

Trabajo realizado con el apoyo del Programa **UNAM-DGAPA PAPIME PE102724.**

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- https://www.pulva.com/blog/hammer-mill-types-explained
- https://taninos.tripod.com/molinosmartillo.htm
- Didacta Italia Laboratory Equipment Catalogue
- Shinde, P., Burungale, R., Kale, P., Jain, P., & Prof, A. (2014). Speed control of induction motor by using variable frequency drive. Rupali Burungale et al Int. Journal of Engineering Research and Applications, 4(4), 35-37.
- Oyelami, Adekunle & Oluwole, A. (2023). Incorporating grain detection and speed control mechanisms in hammer mill operations. Nigerian Journal of Technology. 42. 222-229. 10.4314/njt.v42i2.9.
- Hajratwala, B. R. (1982). Particle Size Reduction by a Hammer Mill I: Effect of Output Screen Size, Feed Particle Size, and Mill Speed. Journal of Pharmaceutical Sciences, 71(2), 188–190. doi:10.1002/jps.2600710212
- Parra, Sneider & Espinosa Bedoya, Albeiro. (2019). Modelo cinemático del martillo de un molino de martillos operando sin carga empleando la mecánica de Lagrange. Ingenierías USBMed. 10. 28-33. 10.21500/20275846.3871.
- Berk, Z. (2009). Food Process Engineering and Technology. ELSEVIER: United States of America.
- Varzakas, T. & Tzia, C. (2015). Food Engineering Handbook. CRC Press: New York.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Daniel Díaz Vásquez. Estudiante de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la FES Cuautitlán.

Víctor Hugo Hernández Gómez. Responsable del Laboratorio en Energías Renovables de la FES Cuautitlán. Profesor de carrera del Departamento de Ingeniería de la FES Cuautitlán.

Omar Olvera García. Técnico académico del Departamento de Ingeniería y tecnología de la FES Cuautitlán.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-01, pág.: 1 a la 6.

Guía de aplicación de las normas de la Secretaria de trabajo y previsión social en la manufactura

***Raquel Muñoz Hernández*, Saúl Rangel Lara ***

RESUMEN

En la actualidad existen pocas herramientas que ayuden a realizar una adecuada implementación de las Normas STPS, por desconocimiento y falta de capacitación acerca de este tema, por lo que es necesaria una guía práctica con puntos clave para una aplicación adecuada, que el personal se involucre en las funciones que les corresponden y llevarla a cabo. La guía para el cumplimiento práctico y documental de las normas tiene por objetivo de realizar actividades de prevención en los procedimientos al involucrar la participación de los trabajadores en la evaluación e investigación. Con la finalidad de crear una cultura organizacional de convicción en la normativa y asegurar su implementación y cumplimiento, de forma natural y evitar sanciones o multas.

ABSTRACT

Currently there are few tools that help carry out an adequate implementation of the STPS Standards, due to lack of knowledge and lack of training on this topic, so a practical guide with key points for proper application is necessary, so that the staff gets involved in the functions that correspond to them and carry them out. The guide for practical and documentary compliance with the standards aims to carry out prevention activities in the procedures by involving the participation of workers in the evaluation and investigation. With the purpose of creating an organizational culture of conviction in the regulations and ensuring their implementation and compliance, in a natural way and avoiding sanctions or fines.

Palabras claves: Procedimientos, Nomas, implementación.

INTRODUCCIÓN

En México la seguridad y salud en el trabajo se encuentra regulada por diversos preceptos contenidos en la Constitución Política, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal del trabajo, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como por las Normas Oficiales Mexicanas de la materia, entre otros ordenamientos.

El artículo 123, Apartado "A", fracción XV, de la Ley Suprema dispone que el patrono estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales Sobre Higiene y Seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las máquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera éste, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores.

Cabe hacer mención que las empresas a lo largo de los años han realizado inversiones en la prevención y salud ocupacional para reducir accidentes y enfermedades e incrementar la productividad y la rentabilidad, pero aun con las inversiones y la búsqueda de mejoras, no se ha logrado obtener el beneficio deseado, por tal motivo algunas empresas han desistido de realizar mas inversiones. (Dominguez Londoño, 2012).
Aun cuando la Ley Federal del Trabajo, determina, en su fracción XVII, la obligación que tienen los patrones de cumplir el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, así como de disponer en todo tiempo de los medicamentos y materiales de curación indispensables para prestar oportuna y eficazmente los primeros auxilios en su artículo 512 y lograr que el trabajo se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores.

El referido ordenamiento también recoge las siguientes obligaciones a cargo de los trabajadores, en su artículo 134, fracciones II y X: observar las disposiciones contenidas en el reglamento y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo y las que indiquen los patrones para su seguridad y protección personal, y someterse a los reconocimientos médicos previstos en el reglamento interior y demás normas vigentes en la empresa o establecimiento, para comprobar que no padecen alguna incapacidad o enfermedad de trabajo, contagiosa o incurable.

Las normas oficiales mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo; se caracterizan porque se destinan a la atención de factores de riesgo, a los que pueden estar expuestos los empleados.

Raquel Muñoz Hernández*; Profesora Investigadora de Tiempo Completo, División de Ingeniería Industrial, raquel.munoz@upvm.edu.mx, ***Saúl Rangel Lara*, , Director de División de Ingeniería Industrial, industrial@upvm.sep.mx, En la Universidad Politécnica del Valle de México.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-01, pág.: 1 a la 6.

Al día de hoy, se encuentran vigentes 41 en materia de seguridad y salud en el trabajo. Dichas normas se agrupan en cinco categorías: de seguridad, salud, organización, específicas y de producto. Su aplicación es obligatoria en todo el territorio nacional.

ANTECEDENTES

Es importante saber la historia de la creación de las NOM-STPS para comprender aún mejor de donde surgieron y su importancia a través de los años.

En la época del Porfiriato, México estaba en manos de un pequeño sector, este sector explotaba a los trabajadores del campo sin hacer diferencias por edad ni por género los sometían a jornadas de más de 14 horas al día en malas condiciones y con salarios bajos.

Cuando Francisco I. Madero asumió la presidencia, en el año de 1911 decretó la creación del Departamento del Trabajo, para solucionar los conflictos laborales teniendo como base la conciliación.

En el año 1915, en el mandato de Venustiano Carranza, el Departamento del Trabajo se incorporó a la Secretaria de Gobernación, durante este tiempo también se procedió a elaborar un proyecto de ley para el contrato de trabajo. Después de dos años fue promulgada la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, con el artículo 123 que menciona la jornada laboral máximo de 8 horas, indemnización por despido injustificado, derecho de asociación y huelga, normas de previsión y seguro social.

La primera Ley Federal del Trabajo se decretó en el año 1931, el presidente Pascual Ortiz Rubio otorgo autonomía al Departamento del Trabajo. En 1940 se promulgo que su función seria responder a las demandas sociales, evolución y desarrollo del movimiento obrero nacional.

Esta evolución tuvo como resultado derechos a la mujer trabadora, modificación de salarios y utilidades (STPS, 2010)

Durante este tiempo, el reglamento interior de la secretaria del Trabajo y Previsión Social ha ido modificando para responder a las necesidades, para orientar la estructura funcional de la dependencia.

En 1981, con el objetivo de establecer una estructura administrativa más equilibrada, la Dirección del Trabajo y Previsión Social, se renombro a “Secretaria Del Trabajo”, esta tenía como función responder a diversos requerimientos:

- Ejercer funciones de trabajo
- Coadyuvar con las autoridades para aplicación y vigilancia de las normas del trabajo
- Poner a disposición información para el cumplimiento de sus funciones
- Interpretación de las normas de la ley federal del trabajo
- Mediar conflictos derivados de la violación a la Ley
- Visitar los centros de trabajo
- Cumplimiento de normas
- Capacitación y adiestramiento a trabajadores
- Plan estatal de empleo
- Asistencia jurídica gratuita
- Programas de difusión de cambios en las normas laborales.

NORMATIVIDAD INTERNACIONAL

La normatividad internacional contribuye a salvar las barreras técnicas que existen en las naciones, ya que cada nación tiene su normatividad y sus reglamentos, dichas normas pueden aplicarse de forma que se adecuen a las condiciones locales, de esta forma se pueden crear normas equivalentes.

Dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo podemos encontrar las OSHAS, que se encargan de *“Procurar condiciones laborales seguras y salubres para los trabajadores, autorizando el cumplimiento de las normas formuladas bajo esta Ley…”* (OSHA, 2019)

Dentro de la normatividad internacional tambien podemos encontrar las normas ISO, las cuales especifican los requerimientos para las organizaciones y asi garantizar productos y/o servicios en un ámbito seguro para los trabajadores. (ISO, 2019)

NORMA OHSAS 18001

Establece la implementación de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, identifica y controla los riesgos y realiza los procedimientos para prevenir accidentes, esta es una Certificación para las Organizaciones su estructura se basa en:

- Proporcionar orientación
- Consulta de información de útil
- Términos y definiciones
- Principales requisitos: obligaciones generales, identificación de peligros, recursos, funciones y responsabilidades, documentación e instrucciones, investigación de accidentes, no conformidades, prevención y corrección.

ISO 45001:2016

Esta norma trabaja la elaboración de un estándar que sustituye a las OHSAS-18001, dicha estructura se plantea de esta forma:

- *Objeto y campo de aplicación*
- *Referencias*
- *Normativas*
- *Términos y Definiciones*
- *Contexto de la Organización*
- *Liderazgo*
- *Planificación*
- *Soporte*
- *Operación*
- *Evaluación del Desempeño*
- *Mejora*
- (ISO, 2019)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-01, pág.: 1 a la 6.

LEY DEL TRABAJO EN MEXICO

En México la Suprema Corte en su interpretación ha adoptado niveles en la jerarquía normativa, la **Pirámide de Kelsen** se encuentra conformada por:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ubicada en la cima, se encuentra la Carta Magna, como en la mayoría de los Estados republicanos democráticos modernos. Consta de tres partes fundamentales: el preámbulo, la parte dogmática y la parte orgánica. Junto a ella se encuentran los Tratados Internacionales en materia de Derechos Humanos que la nación haya suscrito.

- Las Leyes Federales. Se ocupan de regir los distintos estados mexicanos, aplican a toda la nación y se compone, a su vez, de los siguientes subpeldaños:

- Los Tratados Internacionales, acuerdos comerciales, políticos, diplomáticos, etc.

- Las Leyes Describe las facultades de los municipios, de ámbito puramente local y minoritario de las leyes “ordinarias”.

- Las normas y reglamentos de base. En este último peldaño, el más amplio y el que sirve de base a la pirámide, se hallan los reglamentos, de carácter legislativo, así como las Normas Jurídicas Individualizadas, que son acciones jurídicas concretas, como los contratos o los testamentos, y que jamás pueden contravenir los peldaños superiores de la pirámide.

Como se muestra en la Figura 1.

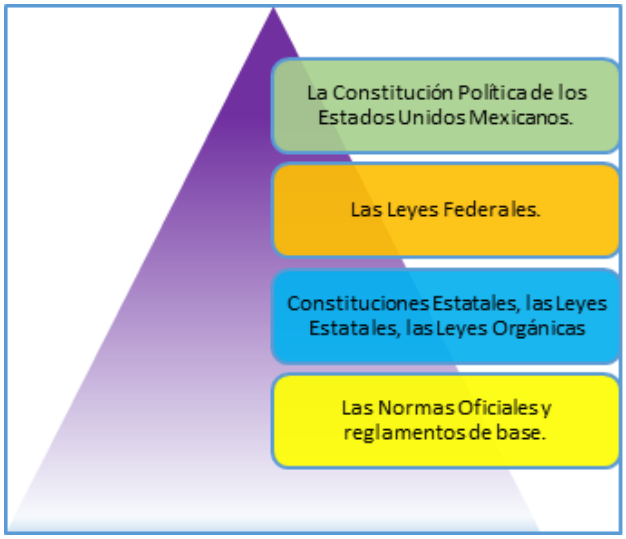


Figura 1. Pirámide de Kelsen.
Fuente: Elaboración propia.

Las leyes de trabajo tienen como finalidad la regulación entre factores de la producción y la justicia, además de ofrecer un trabajo digno y seguro, evitando la discriminación, brindando seguridad social, asegurando un trabajo remunerado, capacitación y condiciones de seguridad e higiene que brinden un trabajo seguro evitando riesgos y/o accidentes.

Dentro de Ley Federal del trabajo podremos encontrar la tabla de enfermedades de trabajo, las cuales son una herramienta importante para la identificación y procedimiento a seguir. (Gob, 2023).

NORMATIVIDAD EN MEXICO

La normatividad que rige la salud y seguridad en el trabajo se encuentran reguladas por diversas leyes, como son:

- La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal,
- Ley Federal del Trabajo,
- Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.

Las Normas Mexicanas las emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, con el propósito de establecer las disposiciones de salud y seguridad laboral. Actualmente se puede encontrar que son 41 normas que engloban la salud y seguridad en el trabajo, estas se dividen en cuatro clasificaciones:

- Normas de seguridad
- Normas de salud
- Normas de organización
- Normas especificas

(STPS, Autogestion en Seguridad y Salud en el Trabajo, s.f.)

ACTUALIDAD EN LA NORMATIVIDAD NMX

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización cita lo siguiente:

“Articulo 3, Fracción X. Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características…”

El uso de dicha normatividad dentro de la industria es para determinar la calidad de productos y servicios. A diferencia de la Normas Mexicanas Oficiales, estas no pueden tener especificaciones inferiores.
Son de carácter voluntario, aunque hay excepciones en las que el producto, proceso o servicio se ajusta a las NMX en especial para la protección al consumidor y pasan de ser voluntarias para ser incluidas en el Programa Nacional de Normalización.
Las NMX tienen que ser actualizadas cada cinco años, dependiendo de las necesidades. (Huerta Ochoa, 1988)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-01, pág.: 1 a la 6.

Según la secretaria de Economía una Norma Mexicana solo puede ser obligatoria en tres casos.

- Siempre y Cuando los Particulares Manifiesten Conformidad con las Normas Mexicanas,
- Cuando se Requiera la observancia de una Norma Mexicana para un fin determinado.
- Cuando la solicitud sea con fines de adquisición arrendamiento o contratación de bienes o servicios. (economia, s.f.).

DIFERENCIA ENTRE NORMATIVIDAD NOM; NMX E ISO

Para entender la diferencia que existe entre estas tres normas citaremos su definición correspondiente.

- **NOM:** *"Son disposiciones generales de tipo técnico expedidas por dependencias de la administración pública federal. Su objetivo es establecer reglas, especificaciones, directrices y características aplicables a un producto, proceso o servicio."* (Orozco y Villa, 2010).

- **NMX:** *"Son referencias para determinar la calidad de los productos y servicios de que se trate, particularmente para la protección y orientación de los consumidores"* (Economia S. , 2012)

- **ISO:** *"Son un conjunto de normas orientadas a ordenar la gestión de una empresa en sus distintos ámbitos. La alta competencia internacional acentuada por los procesos globalizadores de la economía…"* (ISO, 2015)

La diferencia entre este tipo de normatividad es que las Normas ISO son de carácter internacional tiene como finalidad que todas las empresas sigan una estandarización esta puede ser opcional pero si la empresa decide certificarse obtendrá mayores beneficios en la mayoría de los casos si la empresa empieza a crecer entonces será necesario certificarse.

- La Normatividad Oficial Mexicana como su nombre lo dice está dirigida a los productos y servicios mexicanos y estas son obligatorias.
- Las Normas Mexicanas son de carácter voluntario y se considera como una guía y/o complemento.

ESTADÍSTICA DE APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA

Para saber la estadística de aplicación en la industria es necesario saber si existen las herramientas necesarias para llevar a cabo una adecuada aplicación o solo se hace al conocimiento del personal que lo lleva a cabo, y cuáles son los principales factores repetitivos que se reflejan a lo largo del tiempo.

Por otra parte, las estadísticas nos ayudan a visualizar una comparación de la frecuencia, gravedad e incidencia de año con año, dando como resultado si las herramientas que se van desarrollando a lo largo del tiempo han funcionado o hay que seguir buscando nuevas herramientas, procesos o métodos para lograr la concientización de las personas y así reducir la accidentabilidad e incidencias.

GUÍA DE ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN

La secretaria del Trabajo y previsión Social cuenta con una guía de capacitación (Elaboración de programas de capacitación) en la que se proporciona la metodología para que el capacitador realice dicha actividad de una forma más simple; sin embargo aún está limitado a un reducido a un grupo de personas.

- Importancia y definición
- Antecedentes y elementos
- Redacción de objetivos
- Estructuración de contenidos
- Diseño de actividades de instrucción
- Selección de recursos didácticos
- Determinación del proceso de evaluación
- Estructuración de un programa

Principalmente busca orientar la capacitación, brindar una visión de cómo será el proceso de instrucción-aprendizaje y proporcionar evaluaciones, en esta guía se menciona que se debe de tomar en cuenta el número de trabajadores, sus características y describe condiciones para decidir si la capacitación será grupal o individual, además de definir la metodología y recursos a utilizar.

Otra finalidad que busca esta guía es escuchar la opinión del trabajador dándole a elegir qué dirección quiere tomar y que esta decisión sea el resultado esperado.

Esta guía es de gran utilidad para poder realizar un programa de capacitación ya que brinda los pasos y la información necesaria para poder elaborar una presentación, una delegación, explicación y una evaluación adecuada, utilizando medios audibles, visuales y audiovisuales como herramientas. Por último, esta guía está dirigida a diferentes categorías y niveles. (Ramos, 2009)

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En esta guía se muestran los lineamientos generales para orientar y evaluar su aplicabilidad, además con tiene una matriz de requisitos una por cada categoría de Normas STPS y en toda esta guía encontraremos las preguntas generales sobre la Norma correspondiente así como el tipo de criterio a revisar Documental, Física o Registral, los criterios de aceptación, la parte de respuesta negativa o positiva, acciones preventivas a seguir y también acciones correctivas, al final se muestran las ponderaciones que

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-01, pág.: 1 a la 6.

ayuda a saber si se debe conservar la estrategia utilizada para el cumplimiento, se debe de mejorar, actualizar, complementar, corregir o en su defecto realizar, con esta guía se determina el cumplimiento adecuado así como el proceso a seguir. (Lagar, 2015)

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Esta guía vigila el funcionamiento de Sistemas Administrativos para lograr la operación adecuada, así como su seguimiento contiene tablas con los indicadores, y su tipo de verificación que puede ser Documental, Entrevista o Compulsa, criterio de aceptación, si cumple o no cumple, el tipo de avance, acciones preventivas, correctivas y la fecha de inicio y de termino.

CONCLUSIONES

Los centros de trabajo los elementos para poder realizar la operación de estos sistemas de administración, así como el seguimiento de su aplicación, contiene las tablas con los indicadores, las acciones a realizar como son elaborar, complementar o aplicar, la fecha de inicio y de termino, el responsable de la ejecución y sus observaciones. (Patiño R. , , 2009)

Este manual va dirigido al auditor y este contiene los lineamientos para cumplir con los conocimientos requeridos, acciones a realizar así como el informe que se tendrá que realizar, dicho manual se divide en tres partes: en la primera parte son los conocimientos básicos referentes a seguridad y salud en el trabajo así como la aplicabilidad de las normas vigentes, en la segunda parte son los requisitos que se deben de vigilar de cada uno de los elementos físicos, los elementos son instalaciones, áreas de trabajo, maquinaria y equipo, señalización, equipo de protección personal y la tercera parte contempla las acciones a realizar para así concluir la vigilancia. (Catalan, 2014)

Consultando las estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social este reporto que dentro del año 2018 tuvo un total de 16,194 millones de pesos en prestaciones de dinero, 8,708 con cargo al seguro de riesgos de trabajo, 7486 con cargo al gobierno federal, 10521 en prestaciones en especie y 26,715 en prestaciones totales del seguro de riesgos de trabajo. Lo que se puede observar es que ha ido en incremento. A continuación, se muestran algunas gráficas.

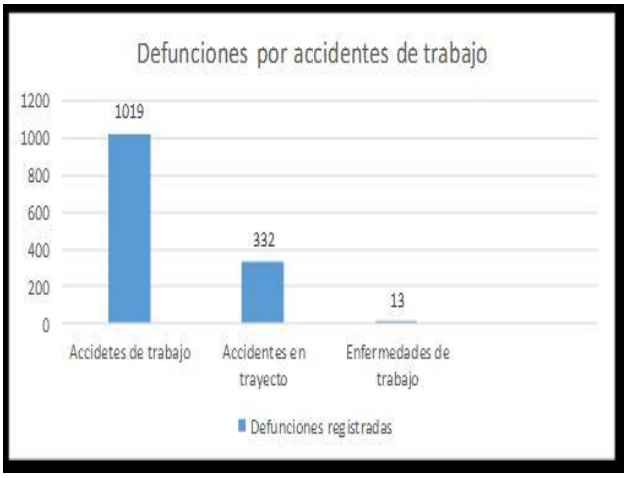


Figura 2. Distribución de defunciones por accidentes de trabajo, accidente en trayecto y enfermedades de trabajo.
Fuente: Elaboración propia con base en datos estadísticos de IMSS, 2023.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Catalán. (10 de 07 de 2014). STPS. Obtenido de http://www.stps.gob.mx/bp/anexos/minas2012/manual_completo052013.pdf

Domínguez Londoño, J. I. (09 de 07 de 2012). Impacto Económico de los accidentes de trabajo. Obtenido de file:///C:/Users/LuisAlberto/Desktop/1125-Texto%20del%20art%C3%ADculo-3593-1-10-20120709%20(1).pdf

Economía, S. (19 de 01 de 2012). Economia.gob. Obtenido de http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/normalizacion/Normas_mexicanas.pdf

Economía, S. d. (s.f.). Economia.gob. Obtenido de http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/productos-servicios/normas/preguntas-frecuentes

Gob. (s.f.). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156203/1044_Ley_Federal_del_Trabajo.pdf

Huerta Ochoa. (Junio de 1988). Las Normas Oficiales Mexicanas en el ordenamiento jurídico mexicano. Obtenido de https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-comparado/article/view/3543/4236

IMSS. (12 de 10 de 2019). Obtenido de http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/memoria-estadistica-2018.

ISO. (04 de 06 de 2019). NORMAS ISO. Obtenido de https://www.isotools.org/normas/

ISO. (19 de marzo de 2015). Obtenido de https://www.isotools.org/2015/03/19/que-son-las-normas-iso-y-cual-es-su-finalidad/

Lagar, J. (11 de 03 de 15). Autogestionsst. Obtenido de https://autogestionsst.stps.gob.mx/Proyecto/Content/doctos/Gu%C3%ADaECNSST.pdf

Orozco y Villa, L. (03 de junio de 2010). Nexos. Obtenido de https://eljuegodelacorte.nexos.com.mx/%C2%BFque-son-las-normas-oficiales-mexicanas-noms/

OSHA. (12 de 03 de 2019). OSHA. Obtenido de https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/3473workers-rights-spanish.pdf

Patiño, R. (26 de 08 de 2009). ASINOM.STPS. Obtenido de http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-007.pdf

Patiño, R. (26 de 08 de 2009). Obtenido de ASINOM.STPS: http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-004.pdf

Ramos, J. (9 de 12 de 2009). Gob. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/160973/Elaboracion_de_programas_de_capacitaci_n_Anexo_1_250_1.pdf

SOCIAL, S. D. (13 de 12 de 2010). ASINOM.STPS. Obtenido de http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/33.pdf

STPS. (13 de 10 de 2010). SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL. Obtenido de http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/quienes_somos/quienes_somos/historia_stps.htm

STPS. (s.f.). AUTOGESTION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Trabajo, S. d. (s.f.). Secretaria del Trabajo. Obtenido de https://strabajo.edomex.gob.mx/antecedentes

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Raquel Muñoz Hernández: Ingeniera Industrial egresada de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del IPN, Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial, Dra. en Dirección de Organizaciones.

Saúl Rangel Lara: Ingeniero Industrial egresado de la Universidad Metropolitana, Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial y Dr. en Dirección de Organizaciones.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-02, pág.: 1 a la 5.

El impacto del mapeo de procesos en la mejora de la eficiencia organizacional en el sistema Toyota

Sánchez Baños Oscar*

RESUMEN

Este artículo es de investigación documental en donde se detalla el uso del Mapa de Flujo de Valor (VSM, por sus siglas en inglés), se puede entender como una herramienta que permite visualizar y analizar el flujo de materiales e información necesarios para llevar un producto o servicio desde su concepción hasta el cliente final, de esta manera se puede comprender el proceso de una manera sencilla, con la metodología del Sistema de Producción Toyota (SPT), que, facilita la comprensión de cómo se ejecutan los procesos, qué pasos involucran, y cómo se conectan entre sí. Las empresas pueden maximizar los beneficios del mapeo y lograr una ventaja competitiva, sí logran visualizar las posibles mejoras en la línea de producción.

El mapeo es una herramienta invaluable en el SPT, debido a que ofrece una perspectiva única que facilita la identificación de desperdicios para, mejorar la eficiencia, la optimización de recursos y mejorar la calidad, Sin embargo, su implementación requiere de una cuidadosa elaboración, con esto ayudando a fomentar una cultura de mejora continua, aplicando el Kaizen. Su implementación permite a las organizaciones alinearse con los tres principios del SPT, como es mejorar su calidad, ofrecer entregas a tiempo con un menor precio, generando un valor superior a sus clientes.

El SPT es conocido mundialmente, por su enfoque en la eficiencia, la calidad y la eliminación de desperdicios. Dentro de este sistema, el mapeo de procesos presenta un papel crucial, permitiendo una comprensión detallada de los flujos de información y de trabajo.

Se debe realizar un minucioso análisis con un enfoque visual, que ayude a identificar áreas de oportunidad, redundancias y cuellos de botella en el proceso, permitiendo una gestión más eficiente y efectiva.

En síntesis, se trata de una representación gráfica que muestra de manera clara y estructurada las actividades, los responsables, los recursos utilizados, y los resultados obtenidos en cada etapa de un proceso, así como los tiempos empleados por el ciclo productivo.

Palabras claves: VSM, STP, Muda, Kaizen

* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Departamento de Ingeniería, Profesor de Asignatura Definitivo "A". scoscar@yahoo.com

ABSTRACT

This article is a documentary research piece that details the use of Value Stream Mapping (VSM). VSM can be understood as a tool that allows for the visualization and analysis of the flow of materials and information needed to take a product or service from its conception to the final customer. This enables a simplified understanding of the process using the Toyota Production System (SPT) methodology, which facilitates comprehension of how processes are executed, what steps are involved, and how they connect with each other. Companies can maximize the benefits of mapping and achieve a competitive advantage if they can visualize potential improvements in the production line.

Mapping is an invaluable tool in SPT because it offers a unique perspective that facilitates the identification of waste to improve efficiency, optimize resources, and enhance quality. However, its implementation requires careful planning, which helps to foster a culture of continuous improvement through the application of Kaizen. Implementing VSM allows organizations to align with the three principles of SPT: improving quality, delivering on time at a lower cost, and generating superior value for their customers.

SPT is globally recognized for its focus on efficiency, quality, and waste elimination. Within this system, process mapping plays a crucial role by providing a detailed understanding of information and workflow.

A thorough analysis with a visual approach is necessary to identify areas of opportunity, redundancies, and bottlenecks in the process, enabling more efficient and effective management.

In summary, VSM is a graphic representation that clearly and structurally shows activities, responsibilities, resources used, and the results obtained at each stage of a process, as well as the time taken by the production cycle.

Keywords: VSM, STP, Muda, Kaizen

INTRODUCCIÓN

Al representar gráficamente un proceso, el mapeo permite a todos los involucrados, desde directivos hasta empleados de línea, tener una visión unificada y compartida de cómo funciona un determinado flujo de trabajo.

Beneficios del Mapa de Valor

El mapeo del proceso en el STP ofrece una amplia gama de beneficios impactando positivamente a las empresas, los trabajadores y el sistema en general. Al mejorar la eficiencia, reducir costos, aumentar la calidad y fomentar un entorno de trabajo colaborativo y seguro, el mapeo de procesos ayuda a las organizaciones a alcanzar una ventaja competitiva sostenible y a

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-02, pág.: 1 a la 5.

promover un desarrollo más equitativo y responsable. A continuación, se describen los principales beneficios para cada uno de estos grupos, destacando la eliminación de desperdicios (mudas) y el principio de mejora continua (Kaizen).

Identificación de cuellos de botella, al visualizar el proceso, es más fácil detectar las etapas que tardan más tiempo, las que generan más errores o las que requieren de más recursos. Esto permite enfocar los esfuerzos de mejora en los puntos críticos.

Mejora de la eficiencia operativa, el mapeo de procesos permite identificar y eliminar desperdicios (mudas) como el exceso de producción, tiempos de espera, procesos ineficaces, transporte, inventarios y movimientos innecesarios, identificando defectos. Esto optimiza el flujo de trabajo y reduce los tiempos de ciclo, resultando en una mayor eficiencia operativa.

Reducción de Costos, el mapeo de procesos ayuda a identificar y eliminar desperdicios, actividades innecesarias, simplificando los procesos y optimizando el uso de recursos, las empresas pueden reducir costos asociados con materiales, tiempo y mano de obra. Esto incluye la disminución de inventarios innecesarios y la minimización de retrabajos y errores, lo que contribuye a una reducción significativa de los costos operativos.

Incremento de la calidad, el enfoque en la mejora continua (Kaizen) y la eliminación de defectos conduce a una mejora de la calidad de los productos y servicios. Esto mejora la satisfacción del cliente y reduce los costos de garantía y devoluciones.

Adaptabilidad y flexibilidad, el mapeo del proceso ayuda a las empresas a comprender mejor sus operaciones, adaptándose más rápidamente a los cambios en la demanda del mercado o en las condiciones operativas. Esto mejora la flexibilidad y la capacidad de respuesta de la organización.

Competitividad, la implementación eficaz del SPT y el mapeo de procesos puede proporcionar una ventaja competitiva significativa. Las empresas pueden ofrecer productos de alta calidad a menores costos y con tiempos de entrega más rápidos, mejorando su posición en el mercado.

Mejora del entorno laboral, la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos pueden reducir el estrés y la carga de trabajo innecesaria, creando un entorno laboral más agradable y eficiente.

Claridad en las tareas y roles, el mapeo de procesos proporciona una visión clara de las responsabilidades y tareas de cada trabajador, lo que reduce la ambigüedad y mejora la organización del trabajo.

Desarrollo de habilidades, la capacitación y el involucramiento en la mejora continua (Kaizen) permiten a los trabajadores desarrollar nuevas habilidades y competencias, lo que puede abrir oportunidades de crecimiento y avance profesional.

Mayor satisfacción laboral, al participar en procesos de mejora y ver los resultados de sus esfuerzos, los trabajadores pueden experimentar una mayor satisfacción y orgullo en su trabajo. Esto fomenta una cultura de colaboración y compromiso.

Seguridad laboral, la optimización de procesos también puede mejorar la seguridad en el lugar de trabajo al identificar y eliminar riesgos potenciales. Un entorno más seguro reduce el riesgo de accidentes y lesiones.

Estandarización, el mapeo de procesos ayuda a estandarizar las operaciones, asegurando que todos los procedimientos se realicen dentro del Takt Time. Esto es fundamental para mantener la calidad y la eficiencia en toda la organización.

Mejora continua (Kaizen), el enfoque en la mejora continua es un pilar del SPT. El mapeo de procesos facilita la identificación constante de áreas de mejora y la implementación de soluciones, promoviendo un ciclo de retroalimentación positiva.

Comunicación, la representación visual de los procesos mejora la transparencia y facilita la comunicación entre diferentes departamentos y niveles de la organización. Esto ayuda a alinear los objetivos y las acciones en toda la empresa.

Innovación, al analizar y comprender profundamente los procesos, las organizaciones pueden identificar oportunidades para innovar y mejorar significativamente sus operaciones. Esto puede incluir la adopción de nuevas tecnologías y métodos de trabajo.

Sostenibilidad, la eliminación de desperdicios y la mejora de la eficiencia contribuyen a la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de recursos y la generación de residuos. Las empresas pueden operar de manera más responsable y cumplir con los estándares ambientales.

Desarrollo

El mapeo de procesos es una herramienta crucial para mejorar la eficiencia organizacional, permitiendo una visualización detallada de las actividades y relaciones dentro de una empresa [1]. Esta técnica facilita la identificación de problemas en los sectores de producción y gestión, lo que conduce a un desempeño más eficiente y eficaz [2]. En el contexto del sistema Toyota, el enfoque Kaizen se utiliza como una estrategia de gestión personal para el éxito organizacional, empleando ciclos PDCA/SDCA[1] para mantener y mejorar los estándares [3]. Para implementar mejoras, se recomienda un procedimiento de rediseño organizacional que consta de seis fases, incluyendo el uso de herramientas como el Mapa de Procesos [4]. Estas técnicas permiten a las empresas adquirir un conocimiento más profundo de sus procesos, lo que resulta en una ventaja competitiva significativa.

¿Qué son los iconos de las herramientas de mapeo en SPT?

Son representaciones visuales del proceso de producción, que permiten identificarlas operaciones y eliminar las actividades que no agregan valor. Estas herramientas son esenciales para implementar la mejora continua y alcanzar la eficiencia operativa.

Un mapa de valor es una herramienta visual que representa el flujo de un producto o servicio desde el pedido del cliente, pasando por la solicitud del material al proveedor, hasta que el producto terminado llega al cliente final, identificando las actividades que agregan valor y aquellas que no. Es una herramienta fundamental en la metodología Lean para optimizar procesos y eliminar desperdicios.

[1] Una de las metodologías más utilizadas para lograr la mejora continua es el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar, por sus siglas en inglés), y el enfoquen en procesos de SDCA (Estandarizar, Hacer, Verificar, Actuar, por sus siglas en inglés).

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-02, pág.: 1 a la 5.

Al visualizar y analizar los procesos de forma sistemática, las empresas pueden identificar y eliminar el desperdicio, aumentar la eficiencia y mejorar la satisfacción del cliente.

Mapeo de Procesos en Toyota

Hiroshi Okuda (2003), presidente de Toyota Motor, afirma, "El uso del espacio está determinado por los objetos que se intentan introducir en él; donde estos se coloquen, se convertirá en espacio de trabajo." Se debe entender por objeto de trabajo, la función o actividad que se realiza en una determinada área, en la que se disponen una serie de insumos (materiales, información, personas, equipamiento, etc.) destinados a la obtención de un producto, bien o servicio. Se reconoce que las actividades y los flujos de valor, en los procesos, varían sustancialmente de acuerdo con el modelo de organización. [5]

La mala interpretación del método "lean" y el método desarrollado por Toyota impide que las empresas logren sus objetivos. Su enfoque basado en procesos interconectados garantiza mejoras y un éxito sostenido. Sin embargo, si se aplica basado en una filosofía de la mejora continua (Kaizen), transforma impresionantemente cualquier organización, enfocándose en alcanzar objetivos definidos.

El modelo organizacional de Toyota está orientado al concepto de mejora continua y al trabajo en equipo. La principal herramienta de los equipos de trabajo es el diagrama de flujo. Más tarde, Toyota se consolidaría como líder en fabricación mundial. No en vano, sus ingresos anuales lo situaban en 2001 por encima de los ingresos anuales combinados de General Motors, Ford y Daimler-Chrysler. Toyota ha explicado que su clave de éxito está en su sistema productivo y ha enseñado estructuras de costos lo suficientemente bajos y su innovación del producto. Se debe a la eliminación de desperdicios, gracias a los procesos en torno a la filosofía Lean, que ofrece al cliente la máxima calidad, al costo más bajo y en el menor tiempo posible. [5]

Aprender acerca de la manufactura esbelta.

Antes de iniciar con la elaboración de mapas, se deben aprender algunos conceptos básicos de la manufactura esbelta, esto con el fin de tener una mejor perspectiva del trabajo que se está realizando, se debe comprender el principio de reducción de costos, así como se originan la 7 mudas, la casa Toyota, muestra los dos pilares primordiales de la manufactura esbelta (***Jidoka y JIT***), y la aplicación de las 5 S.

Mapear el estado actual

Pasos para realizar el mapa del estado actual: [6]

1. Reunir los datos teóricos y revisar los pasos básicos de producción.
2. Comunicar a todas las áreas el propósito.
3. Utilizar los iconos VSM.
4. Recolectar datos empíricos como tiempo de ciclo, cambios entre procesos (SMED), velocidad de línea, disponibilidad del equipo, número de operadores, cantidad de inventarios.
5. Informar a los operadores e involucrarlos en el proceso.
6. Dibujar los flujos de materiales y de información hacia adelante y hacia atrás.
7. Pasar la información recolectada al mapa del proceso.
8. Dibujar línea del tiempo en el flujo del proceso.

En la figura 1, se muestra un Mapa del proceso, terminado.

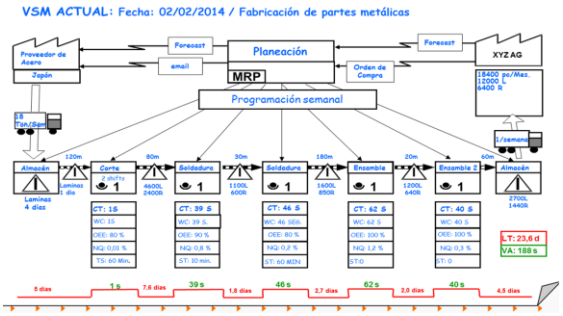


Figura 1. Mapa del proceso terminado.
Fuente: Areli Álvarez Arteaga, disponible en:
https://www.viableleanadvisors.com/post/vsm-value-stream-mapping

Lo hace una sola persona, seleccionar al trabajador que mejor conozca el proceso y que tenga buenas relaciones interpersonales, que sea un líder. Se deben obtener personalmente los datos del proceso. No confiar en datos históricos, estadísticos o que son tomados como verdaderos. Deténgase y observe, no confíe en los tiempos estándar o de información que no obtenga personalmente.

Se trabaja directamente en el piso de producción, se obtienen los datos necesarios del ***value stream*** seleccionado, recolectando la información para el estado actual mientras se camina a lo largo del proceso, recorriendo el flujo de materiales e información.

Siempre dibuje a lápiz. Para esto se recomienda usar una hoja tamaño A-3. Reúnanse lejos del piso de producción para compartir los resultados de la información recolectada y asegurarse de que ha sido correcta.

Trabaje en un cuarto de conferencia (**Obeya**) con un **equipo** de trabajo, dibuje el borrador del **mapa** en un pizarrón blanco o un rotafolio.

El equipo de trabajo deberá estar constituido por un grupo de personas propuestas por el jefe del equipo de mejora, de preferencia entre seis y ocho trabajadores, en función de la complejidad del proceso y tipo de organización, con conocimiento del proceso y posibilidad de aportar ideas y criterios, liderados por el propietario del proceso. En lo posible es importante contar con la presencia de personas que resulten suministradores o clientes del proceso que se analiza.[7]

Iniciar con la demanda del cliente, él detona la producción, no se hace nada si no lo requiere el cliente.

Utilizar los **iconos** para dibujar el estado actual del proceso, como se muestra en la figura 2, e ir al piso de producción para iniciar con los procesos, número de operadores, preguntarles acerca de sus operaciones e involucrarlos en el proceso, revise la cantidad de inventarios, etcétera.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-02, pág.: 1 a la 5.

Identificar los atributos de cada paso del proceso

Dibujar la caja de información al ícono del cliente, así como sus requerimientos, utilizando los íconos que representen al cliente, los proveedores y el control de la producción. Colocar el flujo de la información, tanto la manual como la electrónica.

Dibujar el flujo de materiales e información en el proceso.

Dibujar los procesos de manufactura en la parte inferior de izquierda a derecha, en forma secuencial, colocar la línea del tiempo en la parte inferior del mapa.

Llenar las cajas de información con los atributos del proceso.

Dibujar los íconos de inventarios entre procesos.

En la línea del tiempo colocar la duración de elaboración de un producto en inventarios (días) y los tiempos de operación para calcular el ciclo de tiempo (segundos).

Sumar todos los tiempos de cada operación para sacar el tiempo del proceso.

Sumar todos los días de inventarios y tiempos ciclos para obtener el tiempo de entrega de producción.

Colocar los **iconos** para dibujar el estado actual del proceso, e ir al piso de producción para su corroboración. Se debe iniciar con los procesos, *número de operadores*, preguntarles acerca de sus operaciones e involucrarlos en el proceso, recolectando la cantidad de inventarios, etcétera. Identificar los atributos de cada paso del proceso. [8]



Figura 2. Iconos para dibujar el estado actual del proceso.
Fuente: David Sabando Vera, disponible en: https://acortar.link/yLB0FH

El mapa representa las actividades o pasos que transforman las entradas en salidas, como se muestra en la figura 3. Proporciona una visión clara y concisa del proceso de alto nivel.

Facilita la identificación de relaciones clave entre proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

Ayuda a definir el alcance del proceso y las áreas de interés para el análisis detallado.

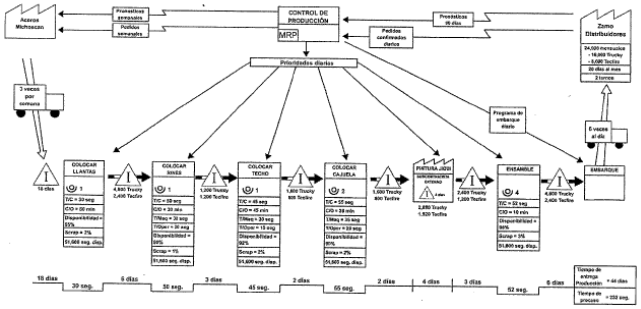


Figura 3. Representación las actividades en mapa.
Fuente: Ricardo Prada-Ospina, disponible en: https://acortar.link/laCYk6

Mapa del Estado Actual

El equipo de mejora documenta el flujo actual de materiales e información, identificando tiempos de ciclo, tiempos de espera, inventarios y puntos de desperdicio.

Análisis de Desperdicios

Se identifican varias áreas de desperdicio, como tiempos de espera excesivos entre estaciones y exceso de inventario en proceso. Como se muestra en la figura 4, cada área de oportunidad será solucionada con un kaizen.

Mapa del Estado Futuro

Se diseña un flujo optimizado que elimina los desperdicios identificados. Se proponen cambios como la reconfiguración de la disposición de las estaciones y la implementación de un sistema de producción en tiradas cortas.

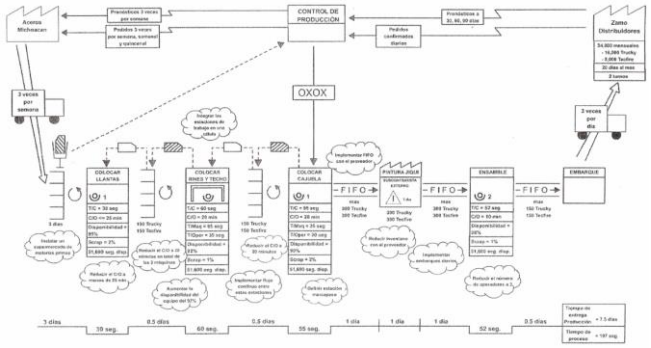


Figura 4. Se muestran las áreas de oportunidad, para solucionarse con un kaizen.
Fuente: Alan Aguilar Pérez, IMPLEMENTACIÓN LEAN MANUFACTURING. disponible en: https://acortar.link/gyT8s7

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IP-02, pág.: 1 a la 5.

En la figura 6, se muestra un reporte A-3 derivado de las posibles mejoras de aplicación del Kaizen, en las soluciones de mudas.

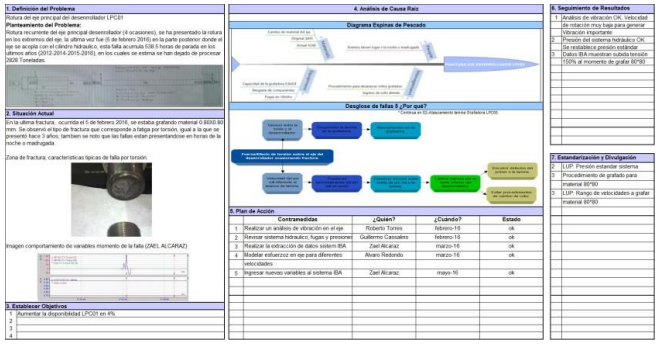


Figura 6. Reporte A-3, del kaizen, en las soluciones de mudas
Fuente: elaboración propia

Conclusión

El mapeo de procesos es una herramienta poderosa que permite a las organizaciones identificar áreas de mejora, optimizar sus operaciones y alcanzar sus objetivos de manera más eficiente. Al utilizar el mapeo de procesos como base para la mejora continua, las empresas pueden lograr una mayor productividad, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente.

El mapeo de procesos del SPT ofrece una amplia gama de beneficios que impactan positivamente a las empresas, los trabajadores y el sistema en general. Al mejorar la eficiencia, reducir costos, aumentar la calidad y fomentar un entorno de trabajo colaborativo y seguro, el mapeo de procesos ayuda a las organizaciones a alcanzar una ventaja competitiva sostenible y a promover un desarrollo más equitativo y responsable. La aplicación de principios como la eliminación de desperdicios (mudas) y la mejora continua (Kaizen) son fundamentales para maximizar estos beneficios.

Las herramientas de VSM son esenciales para visualizar y comprender los procesos de trabajo, identificar áreas de mejora y promover una cultura de mejora continua. el Mapa de Flujo ofrece una perspectiva única que facilita la identificación de desperdicios, la optimización de recursos y la mejora de la calidad. Implementar estas herramientas permite a las organizaciones alinearse con los principios de lean, para mejorar su eficiencia operativa y ofrecer un valor superior a sus clientes.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1] Nakagima, T.A., & Estender, A.C. (2019). A Influência do Mapeamento de Processos no Desempenho da Empresa. Revista de Ciências Gerenciais.

[2] Alvarenga, T.H., Piekarski, C.M., Santos, B.S., Bittencourt, J., Matos, E.A., & Francisco, A.C. (2013). ASPECTOS RELEVANTES SOBRE MAPEAMENTO DE PROCESSOS.

[3] Chirinos, E., Rivero, E., Méndez, E., Goyo, A., & Figueredo, C. (2010). EL KAIZEN COMO UN SISTEMA ACTUAL DE GESTIÓN PERSONAL PARA EL ÉXITO ORGANIZACIONAL EN LA EMPRESA ENSAMBLADORA TOYOTA.

[4] Alfonso-Robaina, D., Villazón-Gómez, A., Milanes-Amador, P.E., Rodríguez-González, A., & Espín-Alonso, R. (2011). PROCEDIMIENTO GENERAL DE REDISEÑO ORGANIZACIONAL PARA MEJORAR EL ENFOQUE A PROCESOS / GENERAL PROCEDURE OF ORGANIZATIONAL REDESIGN TO IMPROVE THE PROCESS APPROACH.

[5] Womack, J. P. Jones D. T. y Roos D. (1992). La máquina que cambió el mundo. Madrid. McGraw Hill.

[6] Villaseñor Contreras Alberto. Galindo Cota Edber. (2007). Manual de lean manufacturing: Guía básica. Limusa, México.

[7] Medina León, Alberto, Nogueira Rivera, Dianelys, Hernández-Nariño, Arialys, & Comas Rodríguez, Raúl. (2019). Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *27*(2), 328-342. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200328

[8] González Jaramillo, Victor & Barcia, Kleber & Sabando Vera, David. (2018). Modelo del Mapeo del flujo de valor – Value Stream Mapping (VSM) para la mejora de Procesos de Producción de empresa de Dulcería-Café. 10.18687/LACCEI2018.1.1.283.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Oscar Sánchez Baños: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, egresado del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, durante más de veinte años ocupó cargos Gerenciales en diferentes departamentos como: Control de Calidad, Producción, Operaciones y Servicios (Atención a Clientes); en varias empresas del ramo electrónico, metalmecánica y automotriz, ocupó un puesto administrativo como Jefe de la Sección Industrial, del Departamento de Ingeniería de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Actualmente se desempeña como Profesor de Asignatura "B" definitivo del Departamento de Ingeniería, sección Industrial y es Miembro del Comité Académico del CENEVAL. scoscar@yahoo.com

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

Uso y aplicación de inteligencia artificial en interfaces humano máquina: una revisión académica

***David Tinoco Varela*[1], Fernando Gudiño Peñaloza[2], Raúl Dalí Cruz Morales[3]**

RESUMEN

Hoy en día, la inteligencia artificial (IA) juega un papel importante en el desarrollo de prácticamente cualquier nueva tecnología o prototipo tecnológico. En el caso del desarrollo de nuevas interfaces humano máquina (IHM), también se han venido utilizando este conjunto de herramientas para generar dispositivos que sean intuitivos y fáciles de utilizar. Existen diferentes algoritmos de IA que se han utilizado históricamente para desarrollar este tipo de interfaces y que estas tengan una respuesta de reacción rápida y precisa, entre estos algoritmos destacan las redes neuronales artificiales (RNA), las cuales aprenden de las interacciones humanas para poder responder en una forma natural.

A pesar de que el concepto de inteligencia artificial se ha popularizado en los últimos años, la IA se ha utilizado para el desarrollo de IHM desde varias décadas atrás. En este artículo, se presenta una revisión sistematizada de las diferentes interfaces que se han realizado y la evolución que estas han tenido por medio del uso de algoritmos de IA, centrándonos principalmente en interfaces enfocadas a la mejoría en la calidad de vida de personas con capacidades diferentes. Así mismo, se realizará un análisis de los alcances y aplicaciones que estas representan en un mundo que se encuentra cada día más conectado por medio de esquemas como el Internet de las Cosas y la industria 4.0.

ABSTRACT

Today, artificial intelligence (AI) plays an important role in the development of any new technology or technological prototype. In the case of the development of new human machine interfaces (HMI), this set of tools has also been used to generate devices that are intuitive and easy to manage. There are different AI algorithms that have been used to develop this type of interfaces and they have a quick and functional response. Among such algorithms, artificial neural networks (ANN) stand out, which learn from human interactions in order to be able to respond in a natural way.

Although the concept of artificial intelligence has become popular in recent years, AI has been used for the development of HMI for several decades. This paper presents a systematized review of the different interfaces which have been created and the evolution they have had through the use of AI algorithms. Likewise, an analysis will be carried out related to the applications in which they can be implemented and used, all of this, in a world that is increasingly connected through schemes such as the internet of things and industry 4.0.

Palabras claves: Inteligencia artificial, Interfaces humano máquina, Redes neuronales artificiales.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial se ha posicionado como una herramienta computacional que impacta en el desarrollo de diferentes tecnologías y prototipos. Actualmente, es difícil encontrar un área de conocimiento en la cual no se esté aplicando para avanzar en el desarrollo científico y tecnológico. Podemos encontrar IA en temas tan variados como educación (Chen et al., 2020), en economía (Parkes & Wellman, 2015), en medicina (Jiang et al., 2017), en el desarrollo de procesos químicos (Quantrille & Liu, 2012), en biología (Richards et al.,2022), incluso en el mundo deportivo se tiene injerencia de la IA (Novatchkov & Baca, 2013). Sin dejar de lado, obviamente, su uso en los sectores de la robótica (Nadikattu, 2021; Andras et al., 2020) y el desarrollo de diferentes interfaces humano-máquina (Kwon et al., 2020).

Hoy en día, la IA representa un esquema de gran importancia, no solo como apoyo a las diferentes áreas de conocimiento, sino, además, es parte central de un mundo cada vez más conectado. Un mundo en el que cada dispositivo electrónico puede adquirir datos de su entorno, procesar tales datos de forma inteligente, dar una respuesta en función del procesamiento, y poder transmitir esa respuesta a través de la comunicarse con otro dispositivo o con un usuario. A este proceso de comunicación entre diferentes dispositivos se le conoce como el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) (Rose et al., 2015; Li, Xu & Zhao, 2015).

Es importante mencionar que las IHM actuales no solamente son diseñadas con algoritmos inteligentes, sino que además pueden ser conectadas al IoT y, en esta forma, estas se conviertan en un nodo en tal sistema de comunicación y al usuario final lo hace participar como un nodo dentro de este mundo conectado.

Existen muchos tipos de IHM y que funcionan de muy diversas maneras, algunas de ellas han quedado rezagadas por las nuevas tecnologías y algunas otras se están adaptando a nuevos esquemas

* 1 Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), departamento de ingeniería, dativa19@hotmail.com, Dr. en ciencias. 2 Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), departamento de ingeniería, ilciarmin@gmail.com , Dr. en ciencias. 3 Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM), departamento de ingeniería, rdcruz@comunidad.unam.mx , Dr. en ingeniería.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

tecnológicos. En este artículo nos centraremos principalmente en aquellas interfaces que utilizan algún esquema de IA para su funcionamiento, ver como ha sido su evolución y cuales son las perspectivas futuras de las mismas.

Se hace la aclaración que, como las figuras aquí presentadas corresponden a diferentes autores, se mantendrá el idioma de origen con la intención de respetar el trabajo realizado por cada uno de los autores en cada uno de los artículos. Obviamente, todas las figuras están debidamente citadas.

CONCEPTOS PREVIOS: INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La inteligencia artificial puede ser definida de diversas formas, sin embargo, de forma general puede decirse que es el conjunto de herramientas algorítmicas y computacionales que tratan de emular los procesos que se llevan a cabo dentro de un cerebro biológico. Considerando procesos tales como el aprendizaje, el razonamiento, el pensamiento lógico, la adaptación, entre otros.

Aunque la IA ha tenido un auge muy grande en la última década, la idea no es nueva realmente, ya que esta viene formalmente de inicios de los años 40's cuando McCulloch y Pitts (1943) desarrollaron el primer modelo matemático de una neurona. Un evento de gran importancia dentro de la historia de la IA, fue la publicación del artículo *Computing Machinery and Intelligence* de Alan Turing (1950), donde se propone por primera vez el conocido Test de Turing y pone la pregunta "¿Una máquina piensa?" en la cabeza del mundo científico.

La evolución de esta área de conocimiento se ha desarrollado por diferentes vertientes generando tanto lenguajes de programación como PROLOG, así como una gran cantidad de algoritmos enfocados en imitar alguno de los procesos mentales que un ente biológico realiza.

Es complicado poder mencionar todos y cada uno de los algoritmos que se han diseñado a lo largo de las décadas, sin embargo, existen algunas herramientas que pueden ser consideradas como populares entre las que se encuentran las redes neuronales artificiales (Wu et al., 2018), los algoritmos genéticos (Holland, 1992), la lógica difusa (Zadeh, 1988) y los algoritmos de procesamiento de lenguaje natural (Chowdhary &Chowdhary, 2020). Obviamente, estos esquemas de IA no son todos, pero sí los más representativos.

En este trabajo. Nos centraremos principalmente en IHM que utilicen los tres algoritmos principales antes mencionados, para ver lsa adaptaciones que se han tenido.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESARROLLO DE INTERFACES

Las IHM son dispositivos que sirven como puente de comunicación entre un humano y una máquina de cualquier tipo, estas pueden ser utilizadas en cualquier actividad y de cualquier manera, pueden ser tan sencillas como un interruptor y tan complejas como un cuarto de control con equipamiento de gran tamaño y una cantidad considerable de botones y controles. Muchas de estas interfaces, hoy en día pueden considerarse estorbosas e ineficientes en su funcionamiento, más aún, muchas de ellas requieren un conocimiento técnico especializado para su funcionamiento, lo cual limita la cantidad de usuarios que pueden manejarlas.

Actualmente se busca que las interfaces sean de fácil acceso y que puedan ser desplazables; no solamente eso, también se busca que el manejo de ellas pueda realizarse de una forma simple e intuitiva, con la intención de que diversos sectores poblacionales puedan tener un acercamiento a ellas.

Para lograr este objetivo, obviamente, se ha hecho uso de diferentes algoritmos de IA para dotar a las IHM de facilidad de control y, por lo tanto, de una expansión en su uso.

A pesar de que es en estos últimos años en los que se ha popularizado el concepto y uso de Inteligencia artificial, esta lleva décadas utilizándose en el desarrollo de diferentes tipos de IHM. Por ejemplo, en 1997 el *Neuro engineering laboratory* del *NASA Ames Research Center* inició un programa de investigación avanzada denominado *Extension of the human senses initiative* (EHS), el cual fue un esfuerzo para producir la nueva generación de tecnologías de IHM, incluyendo herramientas de comunicación como las señales electromiográficas (EMG) y encefalografías (EEG), dando como resultado la presentación por parte de la NASA del reconocimiento de señales EMG (Jorgensen et al., 2000), realizando un control bioeléctrico de las naves de simulación tipo 757, infraestructura localizada en el Aeropuerto internacional de San Francisco, el hardware puede verse en la figura 1. En la figura 2, puede verse el diagrama de la metodología empleada, donde se puede observar el uso de RNA para su funcionamiento, caracterizando diferentes movimientos de la mano para generar las palabras de control.

También, en esta misma línea, se ha generado una interfaz que utiliza las señales EMG para controlar un robot, utilizando solamente las posiciones de la mano humana, se logran controlar los movimientos del robot humanoide (Aswath et al., 2014). En la figura 3 se puede observar el comportamiento de este sistema.

Otro tipo de bioseñales que pueden ser utilizadas para el desarrollo de IHM son las señales cerebrales que pueden ser medidadas por medio de EEG, a estas interfaces se les puede denominar como Interfaces cerebro máquina (ICM). El primer experimento realizado que mostraba la posibilidad real de una ICM fue llevado a cabo por el Dr. Vidal (1977), director del *Brain Computer Interface Laboratory* de la UCLA.

En esta línea, se tiene el experimento realizado por Chae et al. (2012), donde se logró el control para la navegación de un robot

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

humanoide, todo por medio de señales EEG, en la figura 4 se puede observar la secuencia de instrucciones realizadas por el robot para lograr el objetivo.

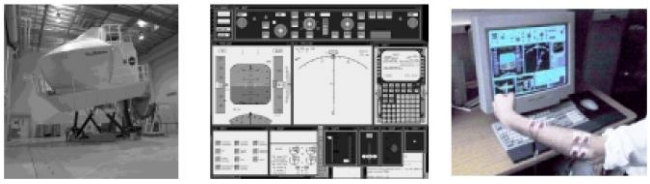


Figura 1.- Sistema de control por medio de bioseñales desarrollado por la NASA, imagen obtenida de (Jorgensen et al., 2000).

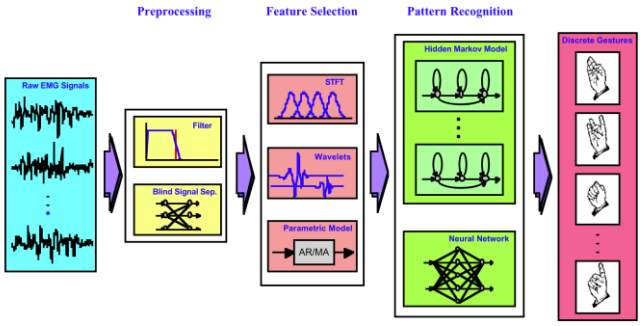


Figura 2.- Metodología empleada para generar un sistema de control basado en bioseñales creado por la NASA, imagen obtenida de (Jorgensen et al., 2000).

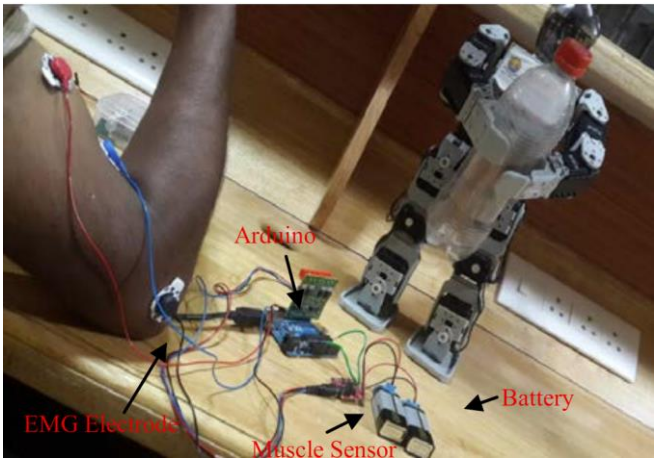


Figura 3.-Interfaz para controlar un robot humanoide utilizando señales EMG, imagen obtenida de (Aswath et al., 2014.

Otro tipo deseñales que también pueden ser utilizadas para poder generar IHM son las Surface EMG, las cuales capturan los movimientos faciales y a partir de tales impulsos se pueden generar palabras de control, tal como se puede observar en (Yi et al., 2011), donde fue creada una interfaz para controlar una silla de ruedas utilizando este tipo de señales, caracterizándolas por medio de RNA. En la figura 5, se puede ver el prototipo diseñado.

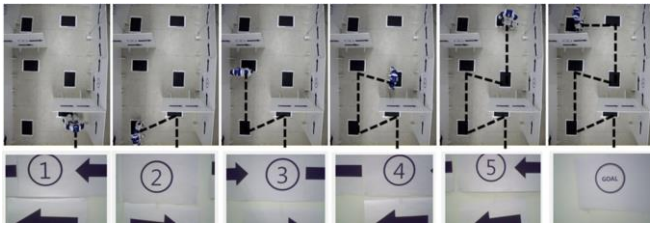


Figura 4.- Secuencia de instrucciones seguidas por un robot, utilizando señales cerebrales para su control, imagen obtenida de (Chae et al., 2012).



Figura 5.- Silla de ruedas controlada por medio de una interfaz que captura las señales sEMG, imagen obtenida de (Yi et al., 2011).

Otra interfaz desarrollada para mejorar la salud de las personas es la presentada por Yin et al. (2012), en donde se presenta el diseño de un exoesqueleto controlado por una red neuro difusa, esta interfaz es muy interesante debido a que esta diseñada para realizar la rehabilitación de miembros inferiores del cuerpo humano, para su control se utilizan señales EMG, dotando al sistema de libertad y facilidad de uso. El sistema puede verse en la figura 6, mientras que el diagrama de control puede verse en la figura 7.

Por otro lado, Kiguchi et al. (2007), diseñaron un exoesqueleto para dar asistencia a los miembros superiores del cuerpo humano, utilizando señales EMG como medio de control y redes neuro difusas para caracterizar las señales y convertirlas en palabras de control, la figura 8 muestra la estructura de este desarrollo.

Hasta este punto, se han presentado diversas interfaces controladas principalmente por señales EMG y caracterizadas por medio de redes neuronales, sin embargo, no es la única herramienta de IA

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

que ha sido utilizada para este fin. Una interfaz controlada por medio de un controlador difuso fue la propuesta por Pires y Nunes (2002), en donde se generó una silla de ruedas que puede evadir obstáculos a partir de comandos de voz. En la figura 9 se puede ver el comportamiento de la silla de ruedas cuando no se coloca un algoritmo de navegación y cuando sí se implementa tal algoritmo, así mismo se puede ver el laberinto que se utilizó para realizarlas pruebas.



Figura 6.- Exoesqueleto diseñado en (Yin et al., 2012).

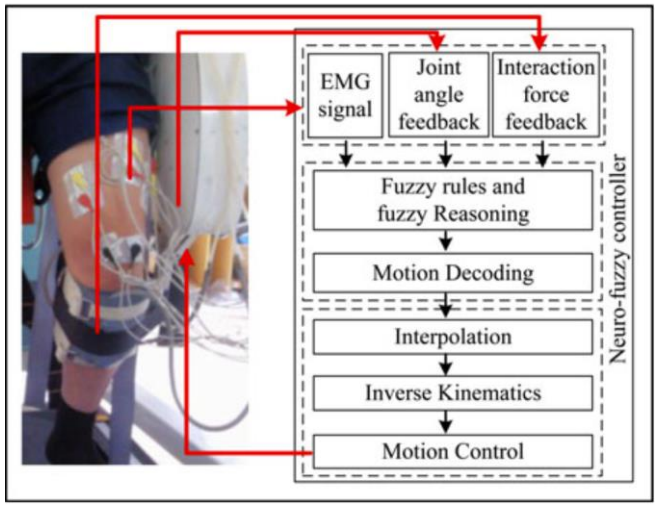


Figura 7.- Diagrama de bloques del sistema de control inteligente del exoesqueleto presentado en (Yin et al., 2012).

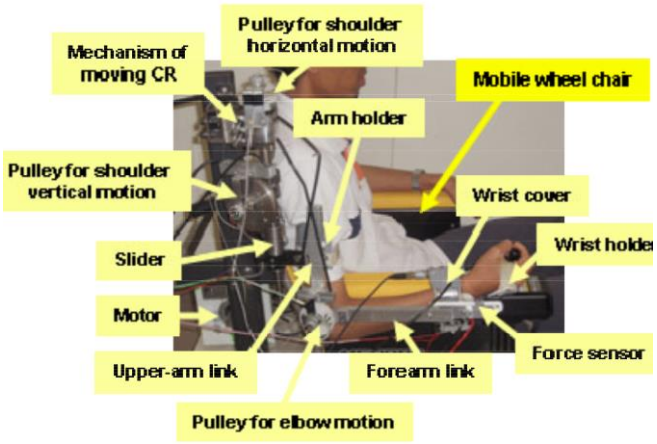


Figura 8.- Exoesqueleto para dar asistencia a miembros superiores del cuerpo humano, figura obtenida de (Kiguchi et al., 2007).



Figura 9.- Evaluación del sistema de control de una silla de ruedas por medio de lógica difusa, imagen obtenida de (Pires & Nunes, 2002).

Utilizando la misma herramienta y controlado por medio de instrucciones de voz y reconocimiento facial, Klabi et al. (2014) también diseñaron una silla de ruedas enfocada en dar apoyo a personas que presentan problemas de movilidad. En la figura 10 se presenta el prototipo desarrollado por los autores.

Por otro lado, el uso de algoritmos genéticos (AG) también ha estado presente en el desarrollo de diferentes interfaces, como la propuesta por Wijayasinghe et al. (2018), en donde se diseña un algoritmo basado en AGs que permite mapear M grados de libertad de entrada con comandos para conducir un robot con N grados de libertad de salida, denominado su algoritmo como "Interfaz de usuario adaptativa genética" (GAUI, por sus siglas en inglés). Para realizar las pruebas utilizaron interfaces de entrada como un joystick y un brazalete para captar señales mioeléctricas del brazo, logrando controlar un robot tipo vehicular (Fig. 11) de forma apropiada. Los autores mencionan que esta propuesta puede ser implementada en otras IHM.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

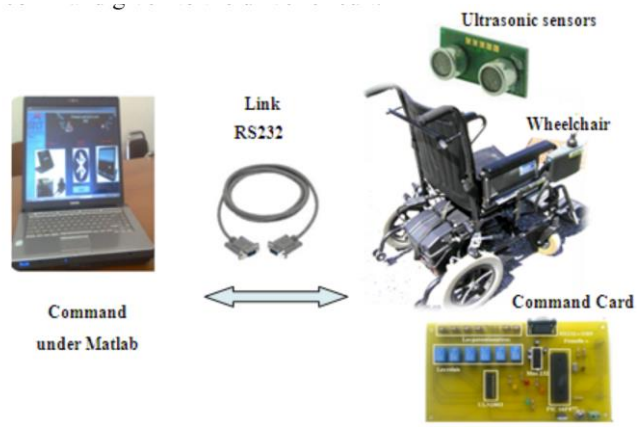


Figura 10.- Sistema de control de una sill a de ruedas presentado en (Klabi et al., 2014).

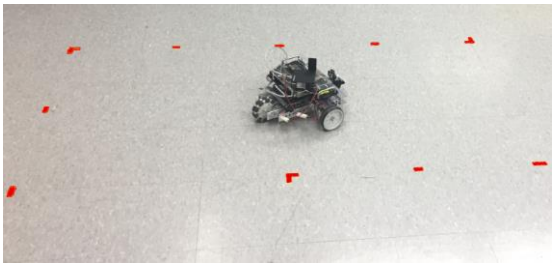


Figura 11.- Robot controlado por medio del algoritmo GAUI presentado en (Wijayasinghe et al., 2018).

Así mismo, Xia et al. (2022) propusieron un exosqueleto tipo mano que está controlado por AG y RNA. Estas herramientas de *Machine* y *Deep learning* se encargar de relacionar los "deseos" del usuario con movimientos predefinidos del dispositivo, utilizándose principalmente para terapias de rehabilitación. La mano diseñada puede verse en la figura 12.

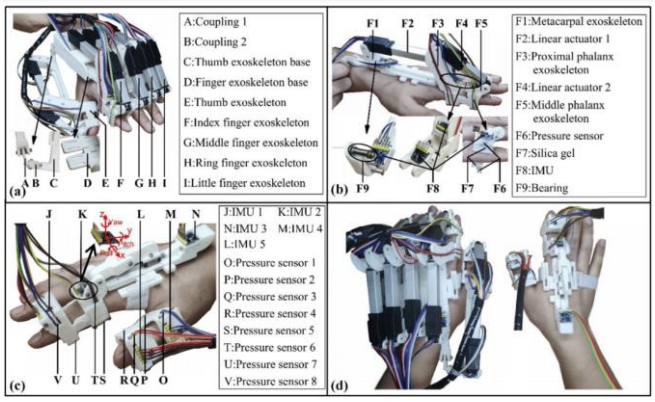


Figura 12.- Exosqueleto de una mano presentado en (Xia et al., 2022).

Aunque en esta sección se han mostrado principalmente IHM destinadas al mejoramiento de la calidad humana de personas con problemas de movilidad, también son utilizadas en diferentes aplicaciones tales como control de vehicular autónomo (Reuschenbach et al., 2011), sistemas de control de casas (Zamora-Izquierdo et al., 2010), prótesis (Tinoco et al., 2022), sistemas de control eléctrico (Gupta et al., 2018), control de vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) (Lee, Choi, & Kim, 2021), por mencionar sólo algunos entre un gran abanico de aplicaciones. Lo que nos muestra que las IHM se encuentran presentes en prácticamente cualquier entorno tecnológico.

VISIÓN A FUTURO

Actualmente, la tendencia mundial es la conexión de todos los dispositivos tecnológicos por medio de diferentes algoritmos de procesamiento y comunicación dentro del IoT, esta tendencia implica la participación activa de las personas dentro de esta red de transmisión de datos, por lo que es necesario que se tengan puentes de conexión entre humanos y dispositivos, por este motivo, es fácil observar que el diseño de las IHM es, hoy más que nunca, necesario para lograr una integración tecnológica en el presente y en el futuro.

Estas interfaces tienen una cantidad muy grande de aplicaciones, sin embargo, como se ha visto en este escrito, una aplicación muy importante es en el cuidado de la salud humana ya que pueden ayudar al mejoramiento en la calidad de vida de las personas con capacidades diferentes, permitiéndoles tomar control de diversos objetos, así como obtener formas de movilidad sin la necesidad de dependencia de otro tipo de individuos. Para lograr este fin, se busca que las IHM futuras sean fáciles de usar, cómodas de transportar y eficientes en su funcionamiento. Motivos por los que una IHM que utiliza elementos biométricos como palabras de control es de gran relevancia tecnológica y social, ya que estas interfaces no necesitarán que un usuario tenga una capacitación técnica compleja para poder utilizarlas pues las funciones y respuestas más elementales de su propio cuerpo serán los comandos de control, así mismo, los algoritmos de inteligencia artificial son una buena opción para el diseño de las interfaces, ya que estos han mostrado ser eficientes en el procesamiento de las lecturas de elementos biométricos tales como la voz, los movimientos faciales, señales bioeléctricas, contracciones musculares, entre otros y, a partir de este procesamiento, han demostrado tener niveles altos de eficiencia en la respuesta.

CONCLUSIONES

Las Interfaces Humano Máquina tienen gran relevancia en un mundo donde es necesario interactuar con muchos y muy variados dispositivos tecnológicos, dispositivos que, a su vez, se conectarán con otros dispositivos, más aún, existe una mayor relevancia cuando estas interfaces pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de personas que padecen alguna enfermedad que les prohíba tener una movilidad absoluta o que han perdido algún miembro corporal.

En este artículo se ha hecho una revisión académica de diversas interfaces que han sido utilizadas, principalmente, para mejorar la calidad de vida de las personas, las cuales se han auxiliado de diversos algoritmos de inteligencia artificial para lograr funcionar de manera óptima. Se han descrito IHM que han utilizado principalmente los esquemas de redes neuronales artificiales, lógica difusa y algoritmos genéticos para su funcionamiento. Mostrando de esta forma que la IA es de gran relevancia en el cuidado de la salud humana y que puede realizar tareas de lectura e interpretación de diversas señales biométricas de forma eficiente. Hay que recordar que los algoritmos de IA son eficientes en la caracterización de fenómenos que no pueden ser descritos por una función matemática por lo que se adaptan perfectamente a la lectura e interpretación de este tipo de elementos y comportamiento de los mismos.

En el futuro, según la tendencia actual, será necesario que los humanos interactúen de forma más natural con las máquinas y dispositivos tecnológicos, por lo que es necesario que estas formas de interacción sean entendibles para cualquier sector poblacional y que puedan realizarse desde cualquier punto, es decir que el individuo pueda generar un control intuitivo y que los dispositivos de conexión sean portables, por tales motivos se busca la generación de IHM inteligentes, que se adapten al entorno y al usuario y que tengan una eficiencia de respuesta elevada, para tal fin, la miniaturización del hardware y la utilización de algoritmos inteligentes generan una simbiosis que ha demostrado su efectividad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos de investigación PAPIIT IA102323 y PIAPIME 1.31.09.24 de la UNAM y la FESC.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Andras, I., Mazzone, E., van Leeuwen, F. W., De Naeyer, G., van Oosterom, M. N., Beato, S., ... & Mottrie, A. (2020). Artificial intelligence and robotics: a combination that is changing the operating room. World journal of urology, 38, 2359-2366.

Aswath, S., Tilak, C. K., Suresh, A., & Udupa, G. (2014). Human gesture recognition for real-time control of humanoid robot. Int. J. Adv. Mech. Automob. Engg, 1, 96-100.

Chae, Y., Jeong, J., & Jo, S. (2012). Toward brain-actuated humanoid robots: asynchronous direct control using an EEG-based BCI. IEEE Transactions on Robotics, 28(5), 1131-1144.

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. Ieee Access, 8, 75264-75278.

Chowdhary, KR1442, and K. R. Chowdhary (2020). "Natural language processing." Fundamentals of artificial intelligence: 603-649.

Gupta, M. K., Gupta, P. K., Giri, R. K., & Gupta, A. (2018). Smart electric control system using PLC & HMI. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9(4), 548-555.

Holland, John H (1992). "Genetic algorithms." Scientific american 267.1 (1992): 66-73.

Jorgensen, C., Wheeler, K., Stepniewski, S., & Norvig, P. (2000, January). Bioelectric control of a 757 class high fidelity aircraft simulation. In WAC 2000.

Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. Stroke and vascular neurology, 2(4).

Kiguchi, K., Imada, Y., & Liyanage, M. (2007, August). EMG-based neuro-fuzzy control of a 4DOF upper-limb power-assist exoskeleton. In 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 3040-3043). IEEE.

Klabi, I., Masmoudi, M. S., & Masmoudi, M. (2014, March). Advanced user interfaces for intelligent wheelchair system. In 2014 1st International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP) (pp. 130-136). IEEE.

Kwon, Y. T., Kim, H., Mahmood, M., Kim, Y. S., Demolder, C., & Yeo, W. H. (2020). Printed, wireless, soft bioelectronics and deep learning algorithm for smart human–machine interfaces. ACS Applied Materials & Interfaces, 12(44), 49398-49406.

Lee, Y., Choi, D., & Kim, S. (2021, November). Operator-Friendly UAV Control System with HMI Using Speech and Gesture Recognition. In Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology (pp. 1035-1048). Singapore: Springer Nature Singapore.

Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: a survey. Information systems frontiers, 17, 243-259.

McCulloch, Warren S., and Walter Pitts (1943). "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity." The bulletin of mathematical biophysics 5: 115-133

Nadikattu, A. K. R. (2021). Influence of artificial intelligence on robotics industry. International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT), ISSN, 2320-2882.

Novatchkov, H., & Baca, A. (2013). Artificial intelligence in sports on the example of weight training. Journal of sports science & medicine, 12(1), 27.

Parkes, D. C., & Wellman, M. P. (2015). Economic reasoning and artificial intelligence. Science, 349(6245), 267-272.

Pires, G., & Nunes, U. (2002). A wheelchair steered through voice commands and assisted by a reactive fuzzy-logic controller. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 34, 301-314.

Quantrille, T. E., & Liu, Y. A. (2012). Artificial intelligence in chemical engineering. Elsevier.

Reuschenbach, A., Wang, M., Ganjineh, T., & Gohring, D. (2011, April). iDriver-human machine interface for autonomous cars. In 2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations (pp. 435-440). IEEE.

Richards, B., Tsao, D., & Zador, A. (2022). The application of artificial intelligence to biology and neuroscience. Cell, 185(15), 2640-2643.

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. The internet society (ISOC), 80(15), 1-53.

Tinoco-Varela, D., Ferrer-Varela, J. A., Cruz-Morales, R. D., & Padilla-García, E. A. (2022). Design and Implementation of a

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. IR-01, pág.: 1 a la 7.

Prosthesis System Controlled by Electromyographic Signals Means, Characterized with Artificial Neural Networks. Micromachines, 13(10), 1681.

Turing, Alan M (1950). Computing machinery and intelligence. Springer Netherlands.

Vidal, J. J. (1977). Real-time detection of brain events in EEG. Proceedings of the IEEE, 65(5), 633-641.

Wijayasinghe, I. B., Saadatzi, M. N., Peetha, S., Popa, D. O., & Cremer, S. (2018, August). Adaptive interface for robot teleoperation using a genetic algorithm. In 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) (pp. 50-56). IEEE.

Wu, Yu-chen, and Jun-wen Feng (2018). "Development and application of artificial neural network." Wireless Personal Communications 102: 1645-1656.

Xia, K., Chen, X., Chang, X., Liu, C., Guo, L., Xu, X., ... & Zhou, J. (2022). Hand exoskeleton design and human–machine interaction strategies for rehabilitation. Bioengineering, 9(11), 682.

Yi, Z., Lingling, D., Yuan, L., & Hu, H. (2011, August). Design of a surface EMG based human-machine interface for an intelligent wheelchair. In IEEE 2011 10th International Conference on Electronic Measurement & Instruments (Vol. 3, pp. 132-136). IEEE.

Yin, Y. H., Fan, Y. J., & Xu, L. D. (2012). EMG and EPP-integrated human–machine interface between the paralyzed and rehabilitation exoskeleton. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 16(4), 542-549.

Zadeh, Lotfi A (1988). "Fuzzy logic." Computer 21.4: 83-93.

Zamora-Izquierdo, M. A., Santa, J., & Gómez-Skarmeta, A. F. (2010). An integral and networked home automation solution for indoor ambient intelligence. IEEE Pervasive Computing, 9(4), 66-77.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

David Tinoco Varela: Ingeniero mecánico eléctrico por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, Maestro y Doctor en ciencias computacionales por la UNAM. Actualmente es profesor de la FES-Cuautitlán UNAM.

Fernando Gudiño Peñaloza: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestro en Ciencias de la Computación orientación Inteligencia Artificial egresado del Tecnológico de Monterrey. Doctor en Ciencias Computacionales egresado del Tecnológico de Monterrey

Raúl Dalí Cruz Morales: Ingeniero en robótica industrial egresado de ESIME-IPN, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica egresado del CINVESTAV y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, especialidad Mecatrónica egresado del CINVESTAV. Actualmente es profesor en la FES-Cuautitlán UNAM.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

MC-01

Desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada mediante el escaneo de objetos “Reality ScAn”

Torres Nieto Nieto Nancy Guadalupe, **Sauza Salinas Gabriel, Calatayud Velázquez Luis Enrique, Escajeda Contreras Manuel de Jesús, Puente Pérez María Consuelo**

RESUMEN

El presente trabajo muestra el desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada la cual permitirá a los usuarios escanear objetos planos y convertirlos en modelos en 3D, al mismo tiempo proporcionando información detallada sobre los mismos. La aplicación utilizará la tecnología de realidad aumentada para la conversión a modelos tridimensionales de los objetos escaneados en el entorno del usuario, lo que le permitirá visualizarlos desde diferentes ángulos y explorar sus características con mayor detalle. Además, la aplicación mostrará información relevante sobre los objetos, como su nombre, características y especificaciones técnicas. La aplicación utilizará la cámara del dispositivo móvil para escanear los objetos en tiempo real, utilizando algoritmos de procesamiento de imágenes para reconocer su forma y estructura. Una vez escaneados, los objetos se convertirán en modelos 3D mediante técnicas de modelado y renderización, y se superpondrán en el entorno del usuario utilizando la tecnología de realidad aumentada.

ABSTRACT

The present work shows the development of an augmented reality mobile application which will allow users to scan flat objects and convert them into 3D models, at the same time providing detailed information about them. The application will use augmented reality technology to convert scanned objects in the user's environment to three-dimensional models, allowing the user to view them from different angles and explore their characteristics in greater detail. In addition, the application will display relevant information about the objects, such as their name, characteristics and technical specifications. The application will use the mobile device's camera to scan objects in real time, using image processing algorithms to recognize their shape and structure. Once scanned, the objects will be converted into 3D models using modeling and rendering techniques, and superimposed on the user's environment using augmented reality technology.

Palabras claves: Aplicación, Escanear, Realidad, Aumentada, Renderización, Tecnología, Script, objetos 3d.

TecNM – Instituto tecnológico de Tlalnepantla, Departamento Sistemas y Computación, nancy.tn@tlalnepantla.tecnm.mx, Maestra en gestión de Tecnologías de la información, Ingeniero mecánico, Maestros en ciencias de la ingeniería y Maestra en administración.

INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada es una tecnología que se encarga de combinar elementos del mundo físico con elementos virtuales, proporcionando una experiencia innovadora y mejorada para los usuarios. A través de dispositivos como celulares, tabletas y gafas especiales, la realidad aumentada superpone información digital, como gráficos, sonidos y datos sensoriales, sobre el entorno real que nos rodea. Esta integración ofrece numerosas ventajas tanto en el ámbito educativo como en sectores industriales o en donde sea su aplicación.

Integrar la realidad aumentada en nuestra vida cotidiana, tanto en el ámbito laboral como educativo, es impórtate ya que nos ofrece ventajas importantes que a continuación se muestran:

1. Mejora de la Eficiencia y Productividad en el Trabajo: La realidad aumentada ayuda a optimizar procesos industriales y de fabricación mediante la superposición de información digital en tiempo real sobre equipos y procedimientos, reduciendo errores y tiempos de capacitación. Según un informe de PwC (2018), estima que la realidad aumentada incremente significativamente para mejorar la productividad en sectores como la fabricación, capacitaciones y la logística mediante la mejora de la precisión y la eficiencia de las operaciones.

2. Innovación en la educación: La realidad aumentada puede transformar la forma en que los estudiantes interactúan con el contenido de sus libros, permitiendo visualizar conceptos, figuras, esquemas de manera tridimensional y realista. Un estudio publicado en la revista Computers & Education (2017) destacó cómo la realidad aumentada mejora la retención del conocimiento y la comprensión de temas complejos.

3. Innovación en el sector comercial: La realidad aumentada permite la visualización de productos en entornos reales antes de la compra, como muebles ayuda también después de la compra en el armado de estos, dejando a un lado instructivos complejos.

4. Mejoramiento y precisión en el sector salud: En el campo de la medicina, la RA se utiliza para la planificación quirúrgica precisa y la formación de médicos mediante simulaciones interactivas. Un estudio de la Universidad de Stanford (2020) destacó como la realidad aumenta mejora la precisión y la seguridad en las intervenciones quirúrgicas.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

Los puntos mencionados son solo algunos aspectos en donde se integra la realidad aumentada no solo impactando en la innovación tecnológica, sino que también mejora la eficiencia, la educación y la experiencia del usuario.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad existe un acceso limitado para tener o adquirir herramientas tecnológicas de realidad aumentada, en nuestro país los usuarios enfrentan dificultades para interactuar plenamente con objetos y entornos que los rodean de manera digital, especialmente en términos de comprensión tridimensional y acceso a información contextual. Esta limitación obstaculiza el aprendizaje, la toma de decisiones y la creatividad en diversas áreas de la vida.

Según Forbes (2023) menciona que en la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías en los Hogares (Endutih) del INEGI señalan que cerca de 25 millones de mexicanos no tienen acceso a Internet.

En México existe una brecha digital lo cual se refiere a la disparidad en el acceso y uso de las tecnologías de la información y comunicación entre distintos grupos de la población. También incluye la disponibilidad de acceso a Internet, la posesión de dispositivos digitales y la capacidad para utilizar eficientemente herramientas tecnológicas.

Atreves de la aplicación estaríamos fomentando el uso de tecnologías innovadores que estuvieran al alcance de la mano con un simple dispositivo móvil con cámara, los cual beneficiaría a los usuarios en la comprensión y aprendizaje.

OBJETIVO

Desarrollar una aplicación móvil de realidad aumentada que permita escanear elementos reales previamente registrados para visualizarlos en modelos 3d incluyendo información contextual, mediante dispositivos móviles Android para innovar el aprendizaje y satisfacción de los usuarios un 90%.

ESTADO DEL ARTE

La realidad aumentada ha tenido una evolución considerable en los últimos años, esto le ha permitido expandirse a diferentes aplicaciones e industrias, a continuación, se muestran algunas aplicaciones incluyendo ejemplos de herramientas tecnológicas sobre realidad aumentada que han impactado en cada sector:

Sector educativo: Aplicaciones como Anatomy AR+ y Virtuali-Tee permiten a los estudiantes explorar conceptos complejos de manera visual y práctica, mejorando la comprensión y retención del conocimiento (Unity Technologies, 2023; Curiscope, 2023).

Entretenimiento y Juegos: Pokémon GO es un ejemplo icónico que combina la RA con la ubicación GPS para permitir a los usuarios capturar Pokémon en entornos del mundo real (Niantic, 2023).

Publicidad y Comercio Minorista: IKEA utiliza aplicaciones de RA para permitir a los clientes visualizar muebles en su hogar antes de la compra, mejorando la experiencia de compra y reduciendo las devoluciones (IKEA, 2023).

Herramientas innovadoras para el desarrollo de la realidad aumentada:

-*Plataformas de Desarrollo:* Unity y Unreal Engine son dos de las plataformas más utilizadas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada debido a su capacidad para crear experiencias inmersivas y multiplataforma (Unity Technologies, 2023; Epic Games, 2023).

-*Hardware:* La disponibilidad de dispositivos como HoloLens de Microsoft y gafas AR de empresas como Magic Leap ha facilitado la adopción de la RA en entornos profesionales y de consumo (Microsoft, 2023; Magic Leap, 2023).

Actualmente, aunque existen algunas alternativas que abordan aspectos similares de escaneo 3D y realidad aumentada, el enfoque integral de la propuesta, que combina escaneo de imágenes, modelado 3D y provisión de información contextual asociada, representa una contribución tecnológica única y valiosa en la mejora de la interacción del usuario con su entorno visual.

DESARROLLO

La realidad aumentada es una tecnología que superpone y combina elementos del mundo real con objetos virtuales en tiempo real, permitiendo a los usuarios interactuar con ambos de manera simultánea
A continuación, se muestran las herramientas que se utilizaron para la creación de la aplicación móvil de detección de objetos planos para visualizarlos en realidad aumentada para dispositivos Android.

Herramientas y técnicas utilizadas:

- Unity es un motor de videojuegos multiplataforma desarrollado por Unity Technologies. Permite a los desarrolladores crear juegos y simulaciones interactivas en diversas plataformas, incluyendo PC, consolas, dispositivos móviles y realidad virtual/aumentada.

Figura 1.- Logotipo de la herramienta utilizada Unity

- Tecnologías Unity (2018) Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma, con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware (incluyendo dispositivos móviles y monitores de realidad

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

mixta montados en la cabeza (HMD) como Microsoft HoloLens). La integración de Unity en Vuforia le permite crear aplicaciones y juegos de visión para Android y iOS utilizando un flujo de trabajo de creación de arrastrar y soltar.

Figura 2.- Logotipo de herramienta utilizada Vuforia

- Seguimiento basado en marcadores:

En AR o MR, los marcadores son imágenes u objetos registrados con la aplicación que actúan como desencadenantes de información en su aplicación.
Cuando la cámara de su dispositivo reconoce estos marcadores en el mundo real (mientras ejecuta una aplicación AR o MR), esto activa la visualización del contenido virtual sobre la posición mundial del marcador en la vista de la cámara. El seguimiento basado en marcadores puede usar una variedad de diferentes tipos de marcadores, incluidos los códigos QR, los marcadores físicos reflectantes, los Objetivos de imagen y las etiquetas 2D. El tipo de marcador más simple y más común en aplicaciones de juegos es un objetivo de imagen.

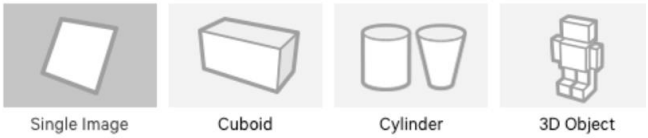


Figura 3.- Tipos de destino de imagen común en Vuforia,

- Objetivos de imagen:

Son un tipo específico de marcador utilizado en el seguimiento basado en marcador. Son imágenes que se registra manualmente en la aplicación y actúan como desencadenantes que muestran el contenido virtual. Para *objetivos de imagen*, se utilizan imágenes que contengan formas distintas con contornos complejos. Esto facilita el reconocimiento de los algoritmos de reconocimiento y seguimiento de imágenes.

Proceso de instalación y activación de herramientas Unity-Vuforia:

1. Ingresar a Unity hub: https://unity.com/es/products
2. Seleccionar versión *Installs/Add Modules/Android Build Support.* (si no seleccionan este paso, no permite exportar el apk para la instalación en Android).
3. Cambiar la plataforma de exportación *File/Build Settings/Android/Switch Platform.*
4. Añadir paquete Vuforia, este es un kit de desarrollo de software de realidad aumentada la cual nospermitira crear la aplicación.
5. Descargar el paquete de su página https://developer.vuforia.com/home
6. Dar doble clic con el proyecto unity abierto y procederá a importar el contenido.



Figura 4.- Importación de vuforia en Unity

7. Generar elementos del paquete (ARCamera)

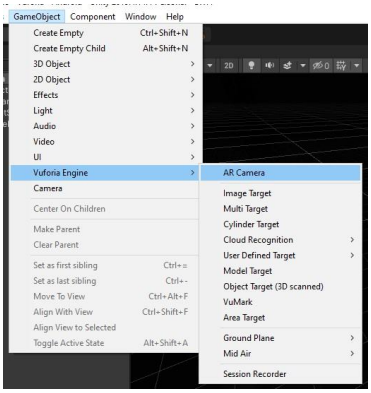


Figura 5.-Activación de cámara AR con vuforia

8. Configurar cámara (open Vuforia engine configuración)

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

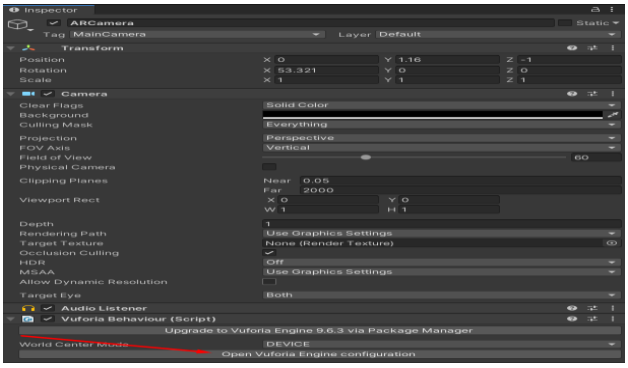


Figura 6.-Ejemplo de vuforia en unity

9. Configurar licencia y Base de datos desde la página web de vuforia.
10. Generar código de licencia y copiarlo en Unity

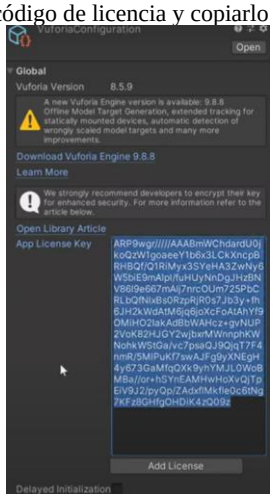


Figura 7.-Ejemplo de insertar código de licencia en Unity

11. Configurar utilizar para Android

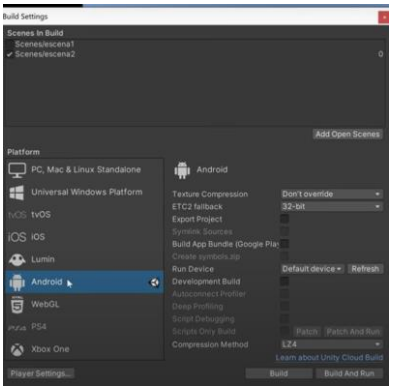


Figura 8.-Selección y configuración del proyecto para Android

12. Configurar Add Target en donde inicia el proceso de desarrollo de la app.

PROCEDIMIENTO Y CREACIÓN DE LA APLICACIÓN.

A continuación, se muestran los procedimientos para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentad mediante las herramientas Unity y vuforia.

1. Agregar herramienta de cámara AR

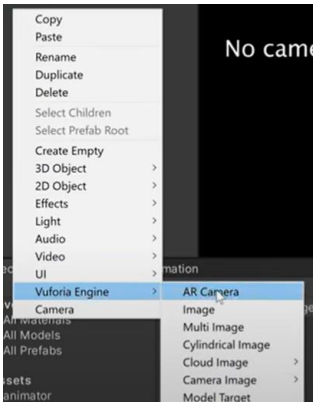


Figura 9.-Ejemplo de insertar código de licencia en Unity

2. Elegir la imagen o diseño que se desea representar en un modelado en 3d.



Figura 10.-Ejemplo de selección de imagen plana en 2D

3. Crear o descargar los modelados en 3d que se van a visualizar cuandola cámara lea cierta iamgen asociada.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.



Figura 11.-Ejemplo de modelado en 3D

4. Agregar textura, color, tamaño, texto. según lo que se requiera mostrar.
5. Cargar imagen o seleccionar alguna previamente cargada.

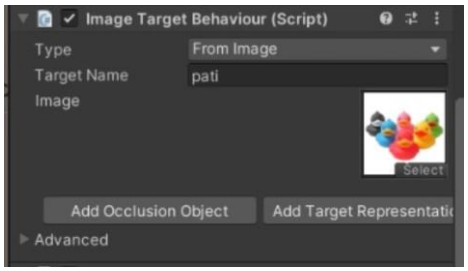


Figura 12.-Cargar imagen seleccionada para el plano en 2d

6. Ir a BD de Vurforia y cargar imagen desde nuestro ordenador y asignarle un tamaño, esta será el pano a seguir.



Figura 13.-Ejemplo de carga de imagen desde la BD de vuforia

7. Una vez cargado el plano , se procedera a colocar el modelado en 3D y configurar.

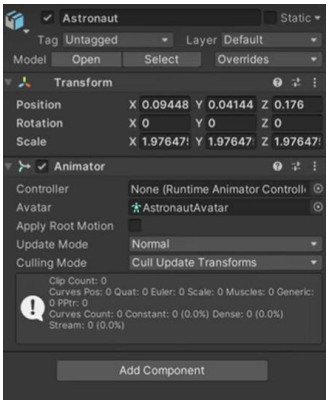


Figura 14.-Ejemplo de configuración y personalización del plano

8. Cargar modelados en 3d encima de la imagen o plano que se cargo previamente.



Figura 15.-Ejemplos de modelados cargados en los planos desde unity

9. Realizar Scripts para movimiento del modelado en 3d y para realizar zoom , tambien se pueden agregar otros scripts como sonido.

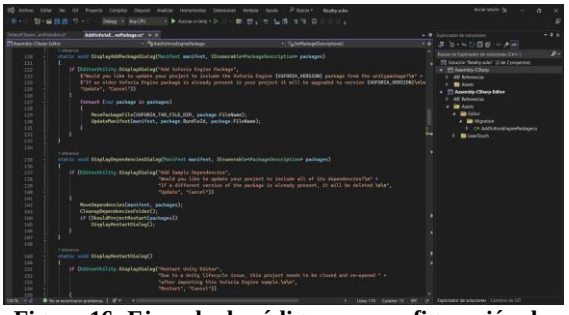


Figura 16.-Ejemplo de código para configuración de la cámara AR

10. Cargar Script a unity y añadirlos dentro de los modelador en 3d.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

11. Gerneramos el apk para isntalación de la app mediante build settings, añadimos la escena abierta y finalmete damos clic en Build.

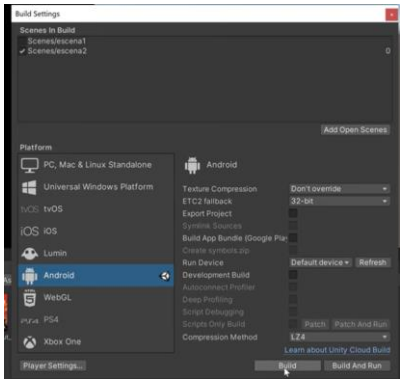


Figura 17.-Generador de apk en Android

12. Instalar en el celular el apk.

REQUISITOS TÉCNICOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN.

- Dispositivos móviles con versiones actualizadas de Android, para mejorar la experiencia, de preferencia de la versión 10 en adelante.
- Dispositivo móvil con cámara incluida.
- Memoria en dispositivo mínimo 128 MB

FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN

A continuación, se muestra una descripción del diagrama de flujo sobre el uso de la aplicación Reality Scan, recordando que previamente tuvo que estar instalada en el dispositivo Android en el que se utilizará la app.
Funcionamiento:

- El usuario inicializa la aplicación, si el usuario aprobó los permisos para que la aplicación pueda utilizar la cámara del dispositivo va a proceder a detectar las imágenes, Si no el usuario deberá aprobar los permisos de la cámara para poder utilizar la aplicación.
- Una vez que el usuario pueda visualizar con la cámara el área o figura previamente cargada en programa podrá visualizar el modelo en 3d con su información textual si es el caso, pero si el usuario no ha cargado la imagen no podrá visualizar en forma 3d ninguna imagen que se desee escanear.
- Una vez que el usuario visualice la imagen previamente cargada en forma 3d, podrá realizar diferentes movimientos para visualizarla 360°, si el usuario no desea moverla y solo visualizarla bastara con salid de la aplicación para finalizarla.
- Para mover el modelo en 3d será necesario utilizar dos dedos juntos para girarlo en 360°, también podrá alejarlo o acercarlo según el usuario lo necesite
- El usuario podrá visualizar cuantas veces lo necesite las imágenes que se encuentren cargadas en el programa y cuando lo requiera podrá salir de la aplicación.

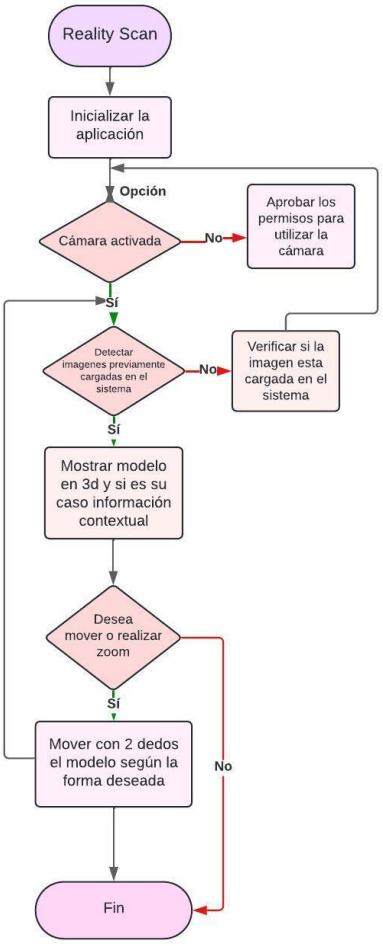


Figura 23.-Diagrama de flujo del funcionamiento de la app. Diseño propio del autor

Se enumeran los pasos a seguir para la instalación y funcionamiento de la aplicación:

1. Verificar instalación de la aplicación en el dispositivo movil, la cual se podrá descaregar del siguiente código Qr.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.



Figura 18.-Código QR generado para instalación de la app

2. Una vez descargada la aplicaciones,el usuario deberá seleccionar la aplicación que se descargo en su dispositivo para su ejecución.



Figura 19.-Aplicación instalada en el dispositivo

3. En el momento de inicializar la aplicación nos aparecerá el logo de unity.



Figura 20.-inicialización de la app

4. El usuario deberá autorizar los permisos para que la aplicación, pueda utilizar la cámara del dispositivo, en caso de no autorizar no podrá acceder a la aplicación.



Figura 21.-Permisos de cámara

5. Se deberá posicionar la cámara en imagenes previamente cargadas en unity.Acontinuación se muestran ejemplos de modelos 3d previamente cargados en unity, cada uno se puede manipular para una vista 360° , tambien se puede realizar zoom (agrandar o hacer más pequeños el modelo 3d).La manipulación del modelo debe realizarse con dos dedos , de lo contrario no se podrá mover completamente.

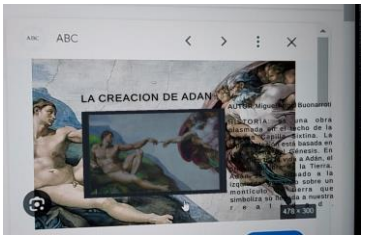






Figura 22.-Ejemplos de modelados en 3d mediante la aplicación en funcionamiento

6. Si el usuario desea salir de la aplicación deberá retroceder dos veces y saldrá de esta.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Entorno:

La prueba de la aplicación se realizó en un dispositivo Galaxy Note 10, Versión de Android 12. A continuación se muestran los resultados obtenidos de un modelo de dinosaurio previamente cargado en el sistema:

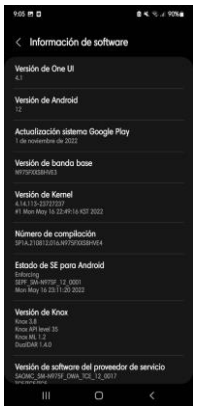


Figura 24.-Versión de Android del dispositivo

1. Se comprueba que el código QR funcione adecuadamente.

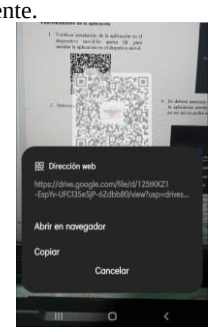


Figura 25.-Descarga de instalación mediante código Qr

2. Seleccionando una cuenta para instalación



Figura 26.-Selección de cuenta para instalación

3. Comprobar instalador del paquete que contiene la aplicación Reality Scan.



Figura 27.-Selección de instalador de paquete en el dispositivo.

4. Comprobando la instalación en el dispositivo móvil.

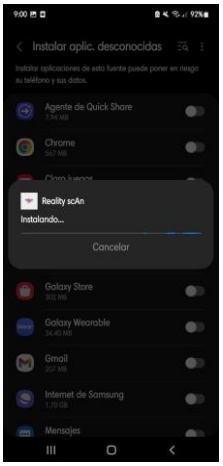


Figura 28.-Instalación de la aplicación en el dispositivo móvil

5. Comprobando si la aplicación se inicializa.



Figura 29.-Inicializa la aplicación con Unity

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

6. Comprobando que se solicite permiso al usuario para que la aplicación pueda tomar fotos y grabar videos.

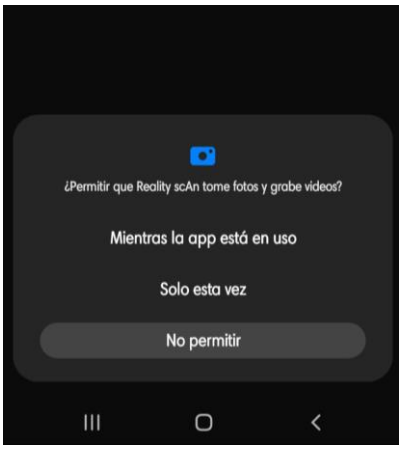


Figura 30.-Selección de permisos de cámara

7. Comprobando que sucede si el usuario no acepta los permisos.

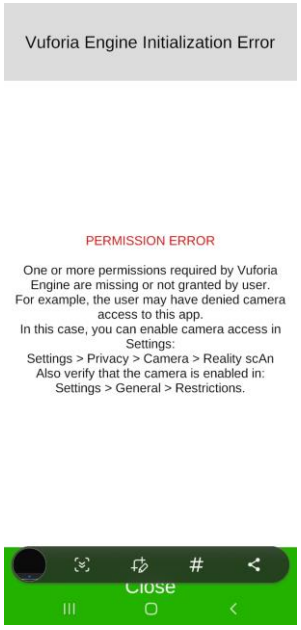


Figura 31.-Mensaje al no aceptar permisos de la cámara

8. Se aprobaron los permisos para uso de cámara y se comprueba si la aplicación solo reconoce elementos precargados o registrados en Unity o puede leer cualquier otro.

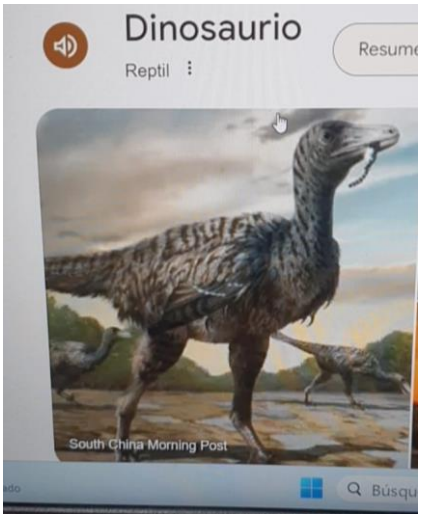


Figura 32.-Lectura de Imagen no precargada en unity para su lectura en 3d

9. Comprobando que la aplicación pueda leer la imagen precargada en el sistema. Y se pueda manipular en tamaño y posición.

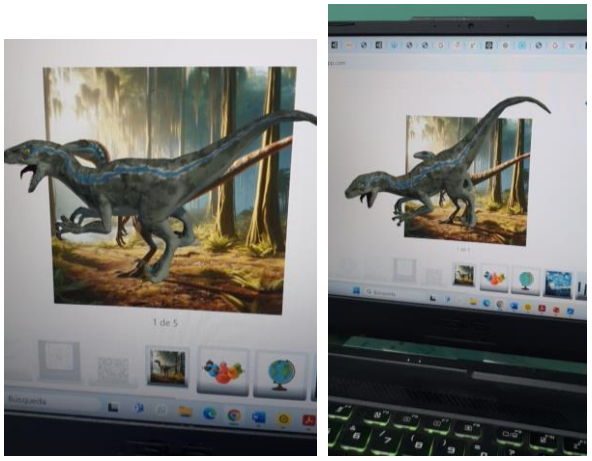


Figura 33.-Lectura de imágenes y demostración de los modelos en 3d, desde diferentes ángulos.

10. Se comprobó que dando la tecla retroceder o menú, nos saca satisfactoriamente de la aplicación, si es que el usuario así lo desea, y se muestra que solo se utiliza el espacio en memoria previamente mencionado.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.



Figura 34.-Comprobación de almacenamiento de la aplicación

ANÁLISIS

Se presenta esta primera versión de prueba de Unity, en donde se incluyen algún ejemplo de modelados en 3d, realizando prueba de funcionamiento en entorno Android para el que fue diseñado, se muestra una fácil instalación en el dispositivo la cual podría realizarse rápidamente según el usuario lo desee utilizar.

Las funciones de esta primera versión funcionan perfectamente, por la seguridad del usuario, solo si este lo permite podrá acceder a la cámara de ser lo contrario muestra un mensaje de permiso de error, se muestra que efectivamente si la imagen no se encuentra previamente cargada en el sistema Unity no podrá se reconocida por la cámara y no mostrará ningún objeto en 3d.

Por el contrario, si se lee a imagen correcta nos muestra su modelado en 3d que ejemplifica ese objeto, si es necesario también muestra información contextual. Y permite movimiento 360 ° y realizar zoom según el usuario lo requiera, si usuario desea seguir escaneando imágenes precargadas lo podrá realizar, si no podrá salir de la aplicación sin ningún inconveniente.

CONCLUSIÓN

La implementación de nuevas tecnologías que faciliten la inmersión a un mundo innovador y tecnológico, ayudan a mejorar la comprensión y entendimiento del usuario en diferentes aspectos de su vida cotidiana.

Con esta aplicación se busca dar a conocer el fácil uso de la creación de herramientas innovadoras. Los ejemplos que se muestran un tema especifico ya que se busca que se emplee la aplicación según en contexto que el usuario lo requiera, los precios de esta van a variar según sus necesidades pues son aplicaciones personalizadas al usuario, ejemplificando un usuario que requiera la aplicación para un instructivo de armado de una máquina, este le puede ayudar a dimensionar y manipular sus componentes de esta.

Se propone en las siguientes versiones poder implementar la interacción mutua de diferentes elementos, que se incorporen entre sí, incorporando visores artificiales para su mejor comprensión y manipulación.

En resumen, del proyecto muestra la viabilidad y el potencial que tiene la aplicación ya que es de fácil uso y con simple dispositivo móvil se puede visualizar de forma satisfactoria sin necesidad de internet. Proporcionando al usuario experiencias valiosas en la aplicación y práctica de conceptos, capacitaciones y visualizaciones en 360 para conocer aspectos generales de los modelos que se deseen comprender.

BIBLIOGRAFÍA

Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). *Avances recientes en realidad aumentada*. Barcelona, España: UOC Press.

Computers & Education. (2017). *Augmented reality in education and training: Assessing its educational potential*. https://www.researchgate.net/publication/257692981_Augmented_Reality_in_Education_and_Training

Curiscope. (2023). *Virtuali-Tee*. https://www.curiscope.com/virtuali-tee.

Epic Games. (2023). *Unreal Engine - AR/VR*. https://www.unrealengine.com/en-US/ar-vr

Ferreño, M., & Carriazo, E. (2017). *Realidad Aumentada. Principios, tecnologías y aplicaciones*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

Fombona, J., & Pascual-Sevillano, M. A. (2019). *Realidad Aumentada en Educación: Aprender con tecnologías emergentes.* Madrid, España: Narcea Ediciones.

Forbes México. (s.f.). *Ad: Brecha digital, un tema urgente para 2024 en México*. Forbes. https://www.forbes.com.mx/ad-brecha-digital-un-tema-urgente-para-2024-en-mexico/

Harvard Business Review. (2019). *A Marketer's Guide to Augmented Reality*. https://hbr.org/2022/03/how-augmented-reality-can-and-cant-help-your-brand

IKEA. (2023). *IKEA Place*. https://www.ikea.com/us/en/customer-service/about-services/ar-apps

Lucidchart. (2024). *Lucidchart Diagramas de flujo* https://lucid.app/lucidchart/c94d05d2-5edb-48c5-8f0e-4257a3932230/edit?beaconFlowId=4A264471FC4903B1&invitationId=inv_e5a3d11a-1afb-4351-906c-c0dc8e88fd9b&page=0_0#

Magic Leap. (2023). *Magic Leap*. https://www.magicleap.com/

Niantic. (2023). *Pokémon GO*. https://www.nianticlabs.com/pokemon-go/

PwC (PricewaterhouseCoopers). (2018). *Seeing is believing: The future of augmented reality in the enterprise*. https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/economic-impact-of-vr-ar.html.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-01, pág.: 1 a la 11.

Universidad de Stanford - *Research on surgical planning and training using augmented reality.* https://med.stanford.edu/news/all-news/2024/02/augmented-reality-surgery.html
Unity Technologies. (2018). *Vuforia SDK overview. Unity Documentation.*https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html
Unity Technologies. (2024). *Unity*. https://unity.com

INFORMACIÓN ACADÉMICA

M.G.T.I. Nancy Guadalupe Torres Nieto: Egresada de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán como Lic. en Informática, realice mis estudios de posgrado en Tec Milenio como Maestra en Tecnologías de la Información, Catedrática del departamento de Sistemas y computación en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

Ing. Gabriel Sauza Salinas: Catedrático y jefe de laboratorio de manufactura básica del departamento Metalmecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

M.C.I Luis Enrique Calatayud Velázquez: Catedrático del departamento Metalmecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

M.C.C Escajeda Contreras Manuel de Jesús: Catedrático y Jefe del Departamento de Sistemas y Computación en TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

M.A Puente Pérez María Consuelo. Catedrático y jefa de Docencia en el departamento de Sistemas y Computación en TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-02, pág.: 1 a la 5.

Uso de las herramientas en la nube

Hernández Vázquez Gonzalo Iván*, Rico Castro José Juan, López Guajardo Leonel Gualberto, García León Omar

RESUMEN

Hace unos años, la irrupción de una pandemia mundial trastoca la vida del mundo entero, las formas de trabajo cambiaron y los cambios tecnológicos nos llevaron a buscar mejores estrategias para realizar nuestras actividades, tanto académicas como laborales, todos nos vimos en la necesidad de ir a casa y comenzar a realizar lo que se denomina como home office, el primer problema con el que nos encontramos fueron las reuniones virtuales y la documentación con la que trabajamos día a día.

Muchos de nosotros, acostumbrados a almacenar la información dentro de nuestros equipos personales, comenzamos a tener grandes problemas al darnos cuenta de que dicha información se encontraba en nuestro equipo de la oficina, discos duros, memorias usb, etc.

¿Pero que hubiera pasado si esa información hubiera estado almacenada en una nube y pudiéramos acceder a ella desde cualquier parte del mundo?, las cosas hubieran sido más sencillas y los documentos estarían al alcance de nosotros.

En la actualidad la nube se ha convertido en una de las herramientas más importantes para muchas personas y organizaciones, ya que podemos almacenar información, plataformas, sistemas, etc. de forma segura y rápida, se empiezan a hacer populares tecnologías como SaaS (Software as a Service), infraestructura como servicio (IaaS) entre otras.

Por medio de este trabajo se describe una metodología utilizada para aprovechar el uso de tecnologías en la nube y como han sido aprovechadas en el ámbito académico, sus ventajas y desventajas, así como las mejores prácticas para su uso.

ABSTRACT

March 2020, the emergence of a global pandemic disrupts the lives of the entire world, the ways of working changed and technological changes led us to look for better strategies to carry out our activities, both academic and work, we all found ourselves in the need to go home and begin to carry out what is called a home office, the first problem we encountered were the virtual meetings and the documentation with which we work every day.

Many of us, accustomed to storing information within our personal computers, began to have big problems when we realized that said information was on our office equipment, hard drives, USB drives, etc.

But what would have happened if that information had been stored in a cloud and we could access it from anywhere in the world, things would have been simpler and the documents would have been within our reach.

Currently, the cloud has become one of the most important tools for many people and organizations, since we can store information, platforms, systems, etc. safely and quickly, popular technologies such as SaaS (Software as a Service), infrastructure as a service (IaaS) among others are beginning to be made.

Through this work we describe a methodology used to take advantage of the use of cloud technologies and how they have been used in the academic field, their advantages and disadvantages, as well as the best practices for their use.

Palabras claves: Cómputo, nube, SaaS, PaaS, IaaS, (DaaS)

INTRODUCCIÓN

Los centros de datos en una organización son parte fundamental para el desarrollo de las actividades de la vida diaria de las empresas.

Con el paso del tiempo ingresaron en el entorno empresarial los servicios en la nube, en el caso de las nubes empresariales, se tienen diversos servicios y aplicaciones, en la cual ofrece un alto rendimiento tanto operadores como para usuarios.

Uno de los principales riesgos que puede tener un centro de datos en una organización, es la inestabilidad en la red, las constantes desconexiones pueden tener los servicios eléctricos y los daños físicos que puedan tener diversos equipos, es por eso que los servicios en la nube han impactado de gran forma en las empresas, por ello la estabilidad de las aplicaciones y servicios es mayor.

Es de suma importancia llevar a cabo implementaciones en la nube empresarial, ya que la estructura de las Tecnologías de la información puede impulsar a los usuarios y desarrolladores a tener un mejor desempeño en sus aplicaciones dentro de un centro de datos.

Desarrollo del problema

En un entorno, en donde un centro de datos de una organización educativa, se presentan problemas de alimentación de energía eléctrica, red inestable, servidores un poco obsoletos; estos almacenan información y aplicaciones importantes para la educación en línea para dicha organización, las cuales que deben de encontrarse al alcance de los usuarios las 24 horas todo el año.

* UNAM, FES Cuautitlán, Cómputo e Informática, gonzalo.hernandez@cuautitlan.unam.mx. Técnico Académico, Licenciatura

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-02, pág.: 1 a la 5.

Es de suma importancia desarrollar un entorno de centro de datos en donde nuestras aplicaciones de e-learning tengan estabilidad y puedan acceder todos los usuarios para uso de los recursos.

Solución

Para el problema de la inestabilidad del centro de datos, vamos a comenzar a desarrollar la implementación de la plataforma Moodle en la nube de Microsoft Azure, la cual nos va a asegurar la estabilidad de la plataforma tanto para Desarrolladores como para usuarios.

1. **Instalación del software**.

Paso 1.

Comenzaremos creando una cuenta de Microsoft Azure. Ingresaremos los datos personales solicitados para la máquina virtual, así como:

- Nombre de la máquina virtual
- Sistema operativo (Ubuntu)
- Número de CPUS (4 núcleos)
- Memoria RAM (4 GB)
- Región (México)
- Zona disponibilidad

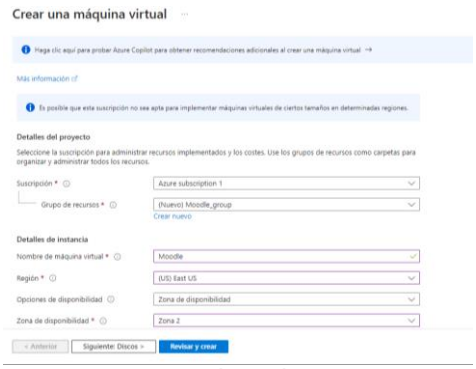


Figura 1. Creación de máquina virtual

Es importante tener en cuenta que Azure nos asignará un grupo de recursos, esto implica que nos dará recursos de red, almacenamiento y ciertos módulos indispensables que sustituyen a un servidor

1.2 Realizar configuración de red

En este paso indicaremos que puertos se encontraran abiertos y en caso de tener alguna IP pública ingresarla en el espacio que se indica, en caso de no tener una dirección ip fija, Azure nos asignará una con la cual posteriormente ingresaremos para realizar la configuración desde nuestro cliente ftp y desde nuestro navegador web, en este caso nosotros asignaremos una dirección IP la cual será 132.248.102.10

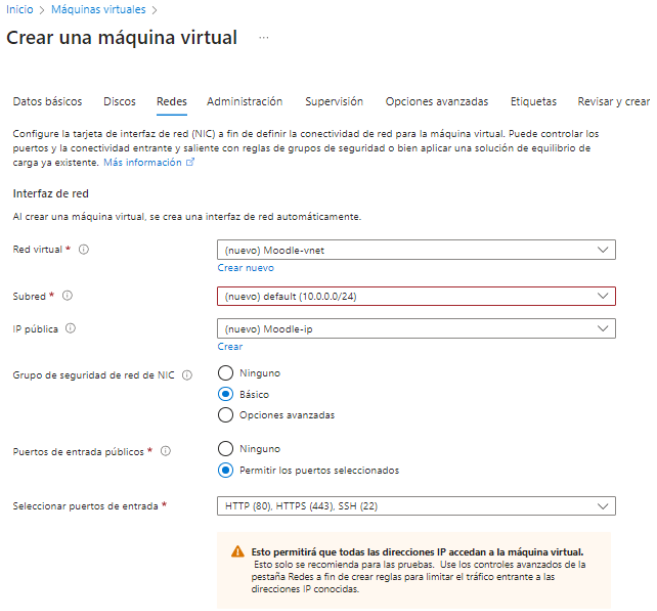


Figura 2. Configuración de red

1.3 Elección de suscripción

Dentro de la configuración de administración, azure nos pedirá que seleccionemos el tipo de suscripción que vamos a utilizar, para este caso utilizaremos una suscripción gratuita. Esta suscripción nos dará 200.00 US en créditos lo cual nos permitirá trabajar por tiempo limitado.

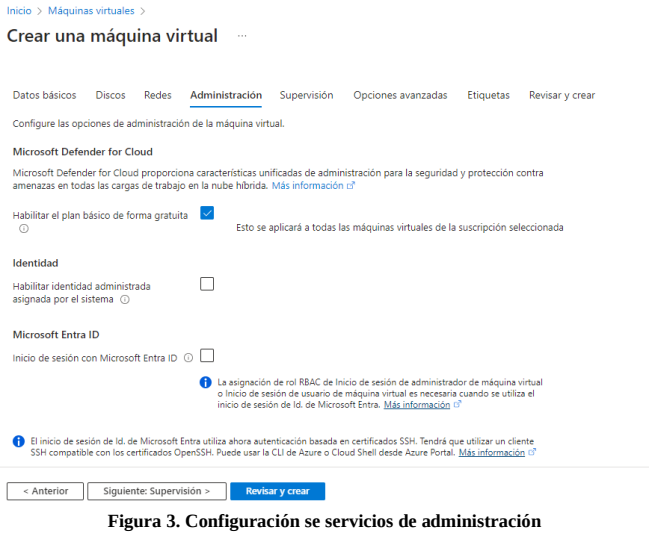


Figura 3. Configuración se servicios de administración

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-02, pág.: 1 a la 5.

Una vez que terminamos el proceso de administración, abriremos nuestro cliente ftp y posteriormente abriremos una terminal.

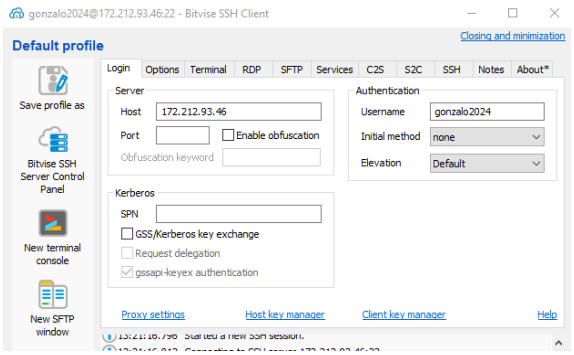


Figura 4. Cliente FTP

En dicha terminal comenzaremos nuestra configuración de Moodle.

2. Configuración se sistema operativo y módulos para Moodle

La configuración inicial de un sistema operativo en un servidor o máquina virtual es de suma importancia y deberá adaptarse a las necesidades del usuario. Para el caso de nuestra máquina virtual e instalación de Moodle ejecutaremos los siguientes pasos.

2.1 Se ingresa a la nuestra terminal y comenzaremos instalando php con el comando sudo apt install php
2.2 Posterior a la instalación de php instalaremos la base de datos mariadb con los siguientes comandos:
sudo apt update
sudo apt install mariadb-server
sudo mysql_secure_installation

2.2.1 Una vez ingresando mysql_secure_instalation procederemos a ingresar una contreña segura para el acceso a la base de datos y posterior a esto nos dará la opción de crear un usuario administrativo.

2.3 Dentro de nuestra terminal ingresaremos el siguiente comando:

sudo apt install php7.4-common php7.4-zip php7.4-curl php7.4-xml php7.4-xmlrpc php7.4-json php7.4-mysql php7.4-pdo php7.4-gd php7.4-imagick php7.4-ldap php7.4-imap php7.4-mbstring php7.4-intl php7.4-cli php7.4-tidy php7.4-bcmath php7.4-opcache

Esto nos ayudara a instalar todos lo módulos que Moodle nos solicita para su instalación en Ubuntu

3. Configuración de moodle en la máquina virtual

1. Iniciaremos copiando el link de descarga de la versión de Moodle 4.3 en formato .tar desde el sitio oficial de Moodle
2. Ingresaremos a nuestra terminal y nos posesionaremos en el directorio /var/www/html e ingresaremos el siguiente comando:

   Wget https://download.moodle.org/releases/latest/
3. Una vez descargado Moodle procedemos a descomprimirlo con el comando tar –xvf Moodle-4.0.3
4. Después de descomprimir el archivo .tar cambiaremos los permisos del propietario con el comando chown y cambiaremos los propietarios apache-root
5. Finalmente nos posesionaremos en el directorio /var/www/ en el cual crearemos con el comando mkdir un directorio con el nombre de Moodle_datay cambiando los propietarios a apache.root, es importante definir correctamente este directorio ya que será en lugar en donde se almacenará todos los recursos de Moodle como son videos, archivos (pdf, Word, Excel, etc.)

4. Creación de la base de datos.

Esta es un elemento de suma importancia ya que por medio de ésta Moodle nos ayudara a gestionar los contenidos que existan dentro de nuestra plataforma

Para esto es necesario crear tres elementos, el primero es crear base de datos, el segundo crear usuario en la base de datos y finalmente dando privilegios al usuario para poder utilizar la bse de datos creaa. Comenzaremos ingresando a nuestra terminal y posteriormente ejecutaremos los siguientes comandos para acciones antes mencionadas.

4.1 Crear base de datos: Create database nombre_da_la_base default carácter set utf8mb4 collate utf8mb4_unicode_ci;
4.2 Crear usuario en el servidor de base de datos: Create user nombre_de_usuario@localhost indentified by ‘contraseña’;
4.3 Dar acceso al usuario a la base de datos creada: Grant all on nombre_de_la_base.* to ‘nombre_de_usuaio’@’localhost’;
Flush privileges;

6. Instalación de Moodle en el navegador Web

Finalmente se realizará la configuración de la plataforma Moodle en nuestro navegador Web

6.1 Ingreso a dirección IP de la máquina virtual

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-02, pág.: 1 a la 5.

En este caso ingresa a la dirección IP que le proporcionamos a Azure que fue la 132.248.102.10, Moodle y agregaremos "/moodle" (/Moodle es el directorio en el cual se realizó la descarga de Moodle), por lo que nuestra dirección completa sería 132.248.102.10/moodle.

Una vez en la dirección previamente mencionada nos aparecerá una ventana como la que se muestra en la siguiente imagen indicando la selección del idioma.

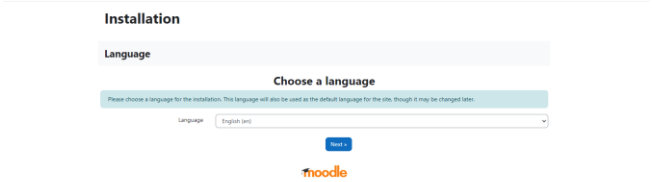


Figura 5. Selección de idioma en moodle

Una vez seleccionado el idioma tendremos que ingresar la ruta de directorio de datos, el directorio de datos es la carpeta con el nombre Moodle_data que se creó algunos pasos atrás.

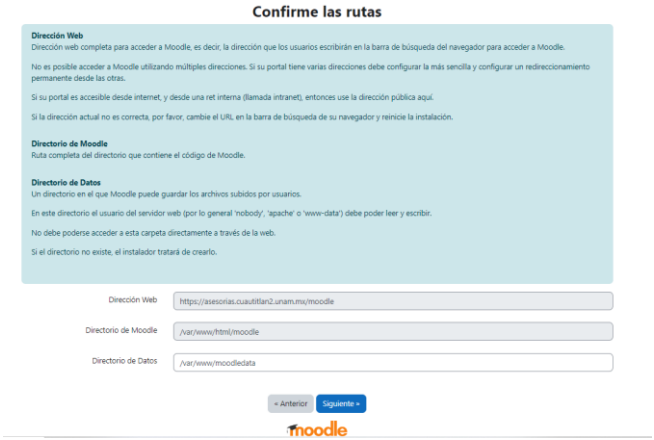


Figura 6. Confirmación de rutas

Ya que fueron confirmadas las rutas procederemos a configurar la base de datos, pare esto seleccionaremos la base de datos Mariadb la cual se instaló anteriormente



Figura 7. Selección de base de datos

Posterior a la selección de base de datos, ingresaremos los campos que nos solicita para la base de datos, estos campos son:

- Nombre de la base de datos
- Usuario de la base de datos
- Contraseña

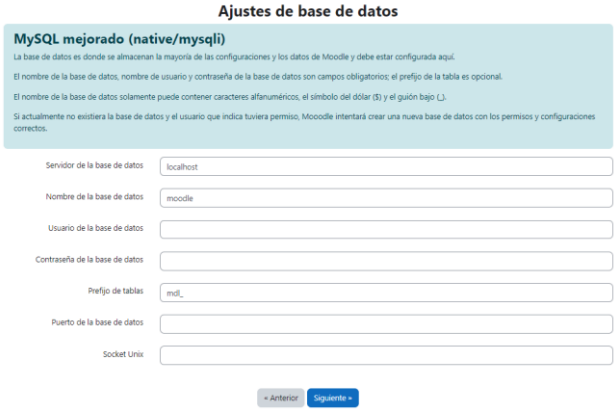


Figura 8. Ajustes de la base de datos

Por último, cuando estos datos fueron ingresados Moodle comenzara la instalación de la plataforma para poder ingresar datos personales y poder comenzar a hacer uso de los servicios de e-learning.

CONCLUSIONES

En conclusión, los servicios en la nube son un elemento bastante grande para nuestros centros de datos, ya que, por medio de ellos, podemos utilizar herramientas las cuales nos ayudan a complementar los servicios que ofrecen los equipos físicos y logran mantener la integridad, estabilidad de los servicios y aplicaciones que se encuentran en producción.

Otro elemento importante a tomar en cuenta es la seguridad en la nube, ya que muchas empresas que proporcionan dichos servicios, ofrecen la seguridad de los recursos y aplicaciones que se alojan en sus servidores. De este modo podemos tener la certeza, que nuestros servicios alojados en dichos servidores tendrán estabilidad al tenerlos en producción.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-02, pág.: 1 a la 5.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ampliamente el apoyo recibido por parte de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico DGAPA de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del proyecto PAPIME PE108322.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Zimmergren, T., Stephen, S. (03 de junio de 2024). Organización de los recursos de Azure de forma eficaz. Learn Azure. Recuperado el 02 agosto de 2024 https://learn.microsoft.com/es-es/azure/cloud-adoption-framework/ready/azure-setup-guide/organize-resources

Acibeiro, M. (13 de septiembre 2021). Cómo instalar Moodle [Guía paso a paso], Lucushost. Recuperado el 02 de agosto de 2024 https://docs.moodle.org/all/es/Gu%C3%ADa_r%C3%A1pida_de_Instalaci%C3%B3n

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Gonzalo Iván Hernández Vázquez: Ingeniero en Sistemas Computacionales egresado de la Universidad Tecnológica de México campus Atizapán.

José Juan Rico Castro: Ingeniero en computación administrativa egresado de la Universidad TEC Milenio.

Leonel Gualberto López Guajardo Doctorado en educación. Metro en gestión de tecnologías de información y Lic. en matemáticas aplicadas a la computación.

Omar García León Licenciado en Administración Financiera por el Instituto Tecnológico y de Estudio Superiores de Monterrey, Maestría en Empresas por la Universidad de Barcelona y Doctorado por la Universidad de Barcelona.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-03, pág.: 1 a la 5.

Análisis de reconocimiento de gestos faciales para la detección temprana de casos de deserción estudiantil usando Machine Learning y redes neuronales

Juárez Hernández Miriam Laura, Cisneros Rasgado Juan Carlos, Magaña González María del Carmen

RESUMEN

La deserción estudiantil a nivel superior es un problema grave, las instituciones publicas y privadas han desarrollado mecanismos que ayudan a mitigar el problema sin embargo, en la actualidad la deserción sigue teniendo porcentajes mayores al 18% para el nivel superior, por lo que los métodos aplicados, si bien han permitido la disminución de este porcentaje el problema sigue presente; por otro lado el avance en materia de inteligencia artificial, propicia el uso de esta área en la resolución de distintos y diferentes problemas, motivo por el cual se propone el uso de técnicas de reconocimiento de gestos faciales que mediante el aprendizaje supervisado donde se entrene una red neuronal que detecte con anticipación los posibles casos de deserción estudiantil de jóvenes de nivel superior.

Esta propuesta tiene el objetivo de desarrollar un algoritmo mediante técnicas de Deep Learning y técnicas de redes neuronales artificiales enfocado a la detección de gestos faciales, que permita la detección temprana de posibles casos de deserción estudiantil tomando como referencia de estudio alumnos de educación superior

Palabras claves: Algoritmo, redes, neuronales, deserción, gestos.

ABSTRACT

Student dropout at the higher level is a serious problem. Public and private institutions have developed mechanisms that help mitigate the problem. However, at present, dropout rates continue to have percentages greater than 18% for the higher level, so the methods applied, although they have allowed the reduction of this percentage, the problem is still present; On the other hand, the advance in artificial intelligence encourages the use of this area in the resolution of different and different problems, which is why the use of facial gesture recognition techniques is proposed, which through supervised learning where a neural network that detects in advance possible cases of student dropout of higher education students.

This proposal has the objective of developing an algorithm using Deep Learning techniques and artificial neural network techniques focused on the detection of facial gestures, which allows the early detection of possible cases of student dropout, taking higher education students as a study reference

Keywords: Algorithm, networks, neural, dropout, gestures.

INTRODUCCIÓN

La educación es primordial para el crecimiento y desarrollo social de los seres humanos y las naciones, por ello la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) hace mención que si se proporciona a los habitantes de una nación acceso a la educación, así como las condiciones necesarias para participar plenamente en la sociedad, el producto interno bruto de los países crecería anualmente en un 28% para los países de ingresos bajos y un 18% para los países con ingresos altos durante los próximos 80 años.

La deserción escolar es una problemática que se presenta en altos porcentajes mundiales por lo que es una constante que impacta en conjunto a la sociedad, misma que debe ser tratado tanto por los estudiantes como por las instituciones educativas, las cuales deben conocer los principales motivos que originan la deserción escolar y estar en posibilidad de mitigarla, algunas de las principales fallas tiene que ver con los planes y programas de estudio, deficiencias en la actualización docente, dificultades familiares, carencias de objetivos y planes de vida (Rochin, 2021).

Por otro lado, la Inteligencia Artificial (IA) ha tenido un avance significativo, mismo que permite a las personas modificar la forma en las que integran información, analizan los datos y utilizan los conocimientos resultantes en beneficio de la toma de decisiones (Cruz, González, & Rangel, 2022).

La detección de deserción estudiantil mediante técnicas de inteligencia artificial es un campo de investigación en constante evolución, que tiene un gran potencial para ayudar a los profesionales de la educación a identificar a tiempo a los estudiantes en riesgo de abandonar sus estudios y tomar medidas preventivas para evitar la deserción.

El presente trabajo promueve mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial el desarrollo de un algoritmo que permita identificar y prevenir de forma temprana los posibles casos de este grupo de estudiantes, en la actualidad existen diversas investigaciones que proponen modelos predictivos supervisados y no supervisados aplicando técnicas de minería de datos, el presente

* TecNM, Tecnológicos de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca, Ingeniería en Sistemas Computacionales, correo electrónico milau_50@hotmail.com, M.I.I. Miriam Laura Juárez Hernández, eseconomia7@gmail.com M. en A. Magaña González Maria del Carmen.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-03, pág.: 1 a la 5.

documento pretende incluir reconocimiento de gestos en imágenes para la detección temprana de deserción escolar.

Actualmente existen diferentes investigaciones y desarrollos interesados en el reconocimiento de gestos faciales en visión artificial los métodos actuales permiten tener modelos 3D del rostro lo que permite obtener provecho de la gran cantidad geométrica que tiene el rostro, algunas de las técnicas con mayor eficacia para análisis de gestos faciales son a) desire b) spherical spin image y c) cone corvature, estas técnicas basan el reconocimiento en descriptores basados en características que son los más populares y que se clasifican en tres grupos 1. Características globales 2.

Características locales y 3. Mapas espaciales, El cálculo de características globales para representar objetos incluyen área, volumen y momentos, Las funciones de forma medidas incluyen el ángulo entre tres puntos aleatorios, la distancia entre dos puntos aleatorios, el área formada por tres puntos aleatorios y el volumen entre cuatro puntos aleatorios sobre la superficie (Rodríguez, 2012).

ANTECEDENTES

La deserción académica, también conocida como deserción estudiantil o abandono escolar, hace referencia al fenómeno en el que los estudiantes dejan de asistir o abandonan sus estudios en una institución educativa antes de completar el programa estudiantil. Ello puede ocurrir en diferentes niveles educativos, incluyendo la educación básica, media superior y superior, un factor detonante de esta deserción conlleva la pandemia por Covid 19 que se vivo en periodo de 2019 al 2022, donde los estudiantes vivieron diversos eventos que los llevaron al abandono de sus estudios principalmente los jóvenes, como se muestra en la visualiza en la Figura 1.



Figura 1. Deserción de bachillerato y nivel superior durante este sexenio: SEP (La Jornada, 2024)

Dicha deserción puede ser causada por una variedad de factores, que pueden ser personales, académicos, económicos, sociales o emocionales, debido a esta creciente problemática mundial y en específico nacional es que surge este proyecto de poder generar una herramienta de manera optimizada en tiempos y tecnológica para la detección temprana de la deserción por medio de gestos faciales haciendo uso de la Inteligencia Artificial por medio de Redes Neuronales.

A mediados de la década de los 40, en la que comenzó a desarrollarse la informática, el modelo de red neuronal artificial ha sido parte de ese desarrollo, la aparición de las computadoras digitales y el desarrollo de las teorías modernas acerca del aprendizaje y del procesamiento neuronal se produjeron en tiempos similares, a finales de los cuarenta (Barceló, 2008).

Desde entonces a la fecha la investigación neurofisiológica y el estudio de Redes Neuronales Artificiales (RNA) han ido de la mano. Sin embargo, los modelos de RNA no se centran en la investigación neurológica, toma conceptos e ideas del campo de las ciencias naturales para aplicarlos en la resolución de problemas pertenecientes a otras ramas de las ciencias y la ingeniería. Se puede decir que, la tecnología RNA incluye modelos inspirados por la comprensión del cerebro, pero que no tienen por qué ajustarse exactamente a los modelos derivados de dicho entendimiento.

Los primeros ejemplos de los sistemas neuronales artificiales, aparecieron al final de la década de los cincuenta, la referencia histórica más relevante es la que alude al trabajo realizado por Frank Rosenblatt en un dispositivo denominado perceptrón en 1957 y el desarrollo del Adaline por el profesor Bernard Widrow en 1960 (Morloy, 2001), sin embargo, a pesar de lo novedoso de dichos sistemas en tales épocas, no siempre se consideraron a los ANS dentro de la ingeniería y las ciencias de la computación, y se creó un pesimismo debido a las limitadas capacidades del perceptrón, lo que disminuyó el avance en este tipo de investigaciones. Tales investigaciones pertenecen a la Inteligencia Artificial (IA), y ésta se define como una disciplina que estudia, imita, modela y analiza los agentes computacionales que tienen una conducta inteligente (Poole and Mackworth, 2010).

Según (Whitby, 2009, pág. 11), la Inteligencia Artificial IA se define como: “El estudio del comportamiento inteligente (en los seres humanos, animales y máquinas) y el intento de encontrar la manera en que podría tal comportamiento ser incluido en cualquier tipo de artefacto”.

Para hacer un análisis de los modelos de Deep Learning (DL) recientemente los cursos abiertos masivos en línea (MOOC) se han vuelto muy atractivos y más aun con la pandemia, motivo por el cual es posible el estudio debido a la cantidad de personas o estudiantes que gustan de este tipo de aprendizaje, además de que la tasa de abandono también es alta. Para predecir eficazmente los casos de abandono de los cursos MOOC en ese sentido se ha propuesto el word2vector para codificar, luego utiliza una red neuronal convolucional (CNN) para extraer características, después utiliza una red de memoria de larga a corto plazo (LSTM) para combinar las características temporales de cada vector de entrada, y finalmente utiliza bosques aleatorios (RF) para predecir, en una semana cada estudiante presenta distintas actividades de entrega, lo que los autores utiliza como dato de entrada para el

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-03, pág.: 1 a la 5.

entrenamiento representado con X y que esta, pueda predecir una salida Y en un tiempo T, la salida Y representa si deserta o no, los autores reportan buenos resultados con porcentajes del 87% tratando el tema como un problema de clasificación de secuencias y aplicando modelos temporales para resolverlo (Cai, Hang, 2021).
Como se observa en la figura 2 los sistemas sofisticados utilizan un software que reconoce el rostro y traza una serie de puntos característicos en zonas de relevancia de la cara tales como ojos, labios, cejas, mejillas para con ello poder detectar los diferentes movimientos que claves para detectar los estados de ánimos de los estudiantes de nivel superior y determinar, cuáles son las causas que generan la falta de motivación para continuar con una carrera profesional y poder apoyarlos para que no deserten con ayuda de la automatización de la Inteligencia Artificial IA haciendo un uso oportuno de dicha disciplina que puede optimizar tiempos y recursos innovando nuevas técnicas en el ámbito estudiantil y poder ser escalable a otras áreas de forma puntual.

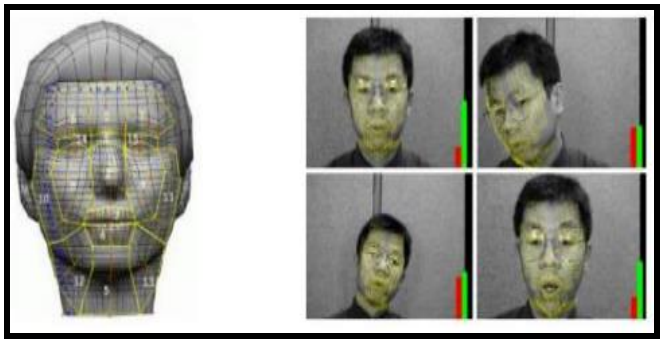


Figura 2. Volúmenes del rostro detectados en tiempo real, recuperada de (Tao & Hang, 2002).

Cabe mencionar que esta investigación se centra en México debido a que el abandono escolar a nivel superior a aumentado aun con la oferta de escuelas públicas y sobre todo privadas. Se muestra índices de deserción a nivel superior en los periodos 2021-2022 de 8.1% y en el 2022-2023 del 6% (INEGI, 2023). Como se coteja en la Figura 3.

Entidad federativa	Nivel educativo	2021/2022	2022/2023
Estados Unidos Mexicanos	Superior	8.1	6.0

Figura 3. Índice de deserción en México (INEGI, 2023)

DESARROLLO DEL TEMA

El diseño de esta investigación es mixto, debido a que la naturaleza de la exploración requiere método cuantitativo para poder realizar el algoritmo y generar datos estadisticos y a la vez método cualitativo para identificar los diferentes estados de ánimo, feliz, triste, enojado, neutral, temeroso, sorprendido y disgustado siendo ellos cualidades que no pueden medirse de manera concisa, sin la aplicación de un algoritmo.
Según Uribe (2020) Los estados de ánimo son las emociones y sentimientos que se experimentan en diferentes momentos. Estos estados pueden estar relacionados con los gestos faciales, ya que las expresiones del ser humano a menudo reflejan nuestras emociones internas de manera involuntaria, por lo que es importante conocer cómo los estados de ánimo pueden vincularse con los gestos del rostro.
En la figura 4 presentan los 7 estados de ánimo del ser humano algunos de posición negativa y otros positivos.

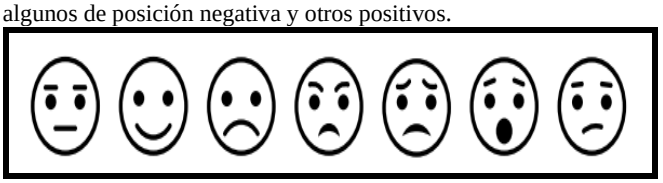


Figura 4. Tipos de Estado de Ánimo Imagen recuperada de (Uribe, 2020).

Para analizar el reconocimiento de gestos faciales para la detección temprana de casos de deserción estudiantil se está trabajando con la Inteligencia Artificial IA y Machine Learning para el análisis de varios conjuntos de datos que permite a las computadoras aprender por si mismas puesto que este aprendizaje permite el aprovechamiento del procesamiento de las computadoras actuales y redes neuronales en específico Deep Learning o Aprendizaje profundo, el cual permite en el análisis practicar con un computador que imite las actividades que realizan los estudiantes en México en la detección de gestos faciales de estado de ánimo y poder brindar soluciones tempranas a las deserción estudiantil a nivel superior por medio de las redes neuronales convolucionales su siglas en ingles CNN (Convolution Neural Network) ya que permitirá visualización por ordenador y se trabajara con estas redes neuronales ya que permite trabajar con imágenes en este caso con imágenes o el rostro de los alumnos para detectar el estado de ánimo, debido a que intentan imitar las imágenes que provienen de los ojos en este caso la retina, por tanto la manera en que los ojos funcionan son con grupos de neuronas que hace un submuestreo de la imagen que se veo para procesar lo que se ve, todo ello se super pone para todo el campo visual, esto se repite en muchas capas por lo tanto se cuenta con memoria.
Cabe mencionar que dicho análisis aún se encuentra la fase de análisis y pruebas de la detección de deserción de estudiantes a nivel superior en México.
En la Figura 5 se muestra la arquitectura de Redes Neuronales Convolucionales que se encuentra en análisis para gestionar la detección de gestos de faciales de los estados de ánimo de los alumnos de nivel superior.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-03, pág.: 1 a la 5.

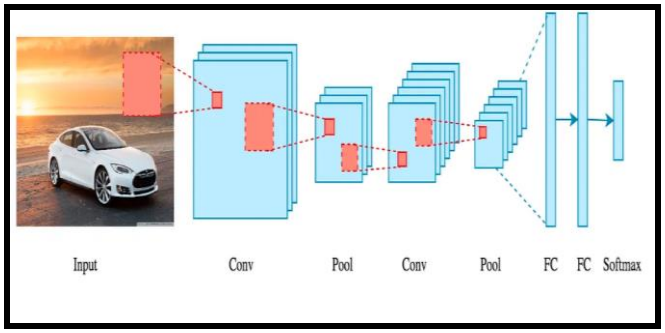


Figura 5. Arquitectura de Redes Neuronales Convolucionales (Dertat, 2017)

RESULTADOS

La presente investigación permite analizar e identificar las diferentes redes neuronales y poder decidir cual se implementará para realizar el estudio de los diferentes estados de ánimo positivos y negativos que están relacionados con el deserción de los estudiantes de nivel superior en México, conocer los rasgos específicos que cada estado de ánimo refleja en el rostro del alumno, para que, mediante la aplicación de redes neuronales convolucionales detectar y registrar eficientemente un historial de los estados de ánimo de los jóvenes contando con los datos necesarios para finalizar con el desarrollo de un algoritmo que aplicando a técnicas de Maching Learnig ML permita detectar eficiente y eficazmente posibles casos de deserción académica y dar solución de manera oportuna logrando disminuir los índices de deserción a nivel superior en el país.

Se implantará la red neuronal artificial convolucional ya que permite visualizar imágenes que convierte en valores numérico para interpreta y extraer los patrones relevantes en este caso del rostro de los estudiantes.

CONCLUSIÓN

En el artículo se mostraron algunas de las técnicas de inteligencia artificial más sofisticadas para la detección de gestos en personas como lo es Redes Neuronales Convolucionales (CNN) la cual será aplicada para este proyecto, dicha red es una técnica de aprendizaje profundo que se utiliza comúnmente para el reconocimiento de imágenes, la detección de gestos faciales, una CNN puede entrenarse para reconocer patrones de gestos específicos en imágenes de rostros en este caso los estados de ánimo que presentan los seres humanos y pueden representar algún sentimiento o emoción que genere deserción en los estudiantes en México .También el Aprendizaje Automático basado en Características (Feature-based Machine Learning se basa en la extracción de caracteres faciales concretos, como la posición de los ojos de la boca y enseguida se utiliza un algoritmo de aprendizaje automático para detectar gestos faciales y determinar si el estado de ánimo es una alarma de deserción a nivel superior en México.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Benítez, R. E. (2014). *Inteligencia artificial avanzada. Editorial UOC.*

Cai, L., & Zhang, G. (2021). Prediction of MOOCs dropout based on WCLSRT model. In 2021 IEEE 5th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC) (Vol. 5, pp. 780–784)

Cruz, E., González, M., & Rangel, J. C. (2022). Técnicas de machine learning aplicadas a la evaluación del rendimiento y a la predicción de la deserción de estudiantes universitarios, una revisión. Prisma Tecnologico, 13(1), 77-87.

Dertat, A. (8 de noviembre de 2017). towardsdatascience. Obtenido de towardsdatascience: https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2

INEGI. (7 de noviembre de 2023). INEGI. Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=9171df60-8e9e-4417-932e-9b80593216ee

La Jornada. (2024 de junio de 17). La jornada. Obtenido de La jornada: https://www.jornada.com.mx/noticia/2024/02/01/sociedad/minimos-historicos-en-desercion-de-bachillerato-y-nivel-superior-durante-este-sexenio-sep-3341

Rochin Berumen, F. L. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: revisión de literatura. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 11(22).

Rochin, F. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: revisión de literatura. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo.

Rodríguez Acevedo, J. (2012). Análisis de relevancia de descriptores de forma para el reconocimiento de gestos faciales en imágenes 3D.

Uribe Fernández, K. C. (2020). Desarrollo de una aplicación que por medio de reconocimiento facial indique el estado de ánimo del estudiante. (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática.).

Wang, W., Yu, H., & Miao, C. (2017). Deep model for dropout prediction in MOOCs. In Proceedings of the 2nd International Conference on Crowd Science and Engineering (pp. 26–32).

Whitby, B. (2009). Artificial Intelligence. En B. Whitby, Artificial Intelligence (pág. 11). Rosen Pub Group.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Miriam Laura Juárez Hernández: Ingeniero Mecatrónico egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Maestra en Ingeniería Industrial egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Oriente del Estado de México.

Juan Carlos Cisneros Rasgado: Licenciado en Informática egresado del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca,

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-03, pág.: 1 a la 5.

Maestro en Ciencias de la Computación Universidad Autónoma del Estado de México.
Maria del Carmen Magaña González: Licenciada en Economía egresada del Instituto Politécnico Nacional, Maestra en Administración egresada del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-05, pág.: 1 a la 5

Sistema Embebido de Limpieza Sanitaria

Juárez Hernández Miriam Laura, Rosalba Sánchez Apolinar

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño y construcción de una cama articulada con sistema de limpieza genital y monitoreo en tiempo real. El funcionamiento de la cama inteligente sanitario es, brindar posiciones corporales al paciente encamado, con fin de reducir la atrofia muscular o ulceraciones. El movimiento de la cama está programado por una APP (Aplicación movil) para evitar movimientos perjudiciales al paciente, así como los tiempos correctos de las posturas ejecutadas. El sistema de limpieza cuenta con un sistema de chorro a presión de agua y un contenedor de desechos que se retira fácilmente por debajo de la cama después de la limpieza. ofrece el monitoreo del paciente a través de la tecnología móvil, enviando a la cama datos de temperatura y oximetría en tiempo real a través de bluetooth, teniendo precaución en alguna alteración negativa del paciente y alertando de forma oportuna a los médicos en su móvil.

Palabras claves: Cama, Sistema, Embebido, Paciente, Hospital.

ABSTRACT

The project consists of the design and construction of an articulated bed with a genital cleaning system and real-time monitoring. The operation of the smart healthcare bed is to provide body positions to the bedridden patient, in order to reduce muscle atrophy or ulcerations. The movement of the bed is programmed by an APP to avoid movements that are harmful to the patient, as well as the correct times of the postures executed. The cleaning system features a pressure water jet system and a waste container that is easily removed from under the bed after cleaning. It offers patient monitoring through mobile technology, sending temperature and oximetry data to the bed in real time via Bluetooth, taking caution in case of any negative alteration of the patient and alerting doctors in a timely manner on their mobile.

Keywords: Bed, System, Embedded, Patient, Hospital.

* TecNM, Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca, Investigación, milau_50@hotmail.com M.I.I. Miriam Laura Juárez Hernández, Rosalba Sánchez Apolinar. san.rose993@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

Después de una cirugía o procedimiento médico, las camas hospitalarias son necesarias ya que proporcionan un entorno seguro, confortable y funcional para la atención médica y la recuperación de los pacientes, contribuyendo así a mejorar los resultados de salud y la experiencia general durante la estancia hospitalaria. Existen diferentes tipos de camas, por ejemplo: la cama estándar que se utiliza donde los pacientes no requieren ajustes frecuentes de posición o altura. Por otro lado, las camas eléctricas que son más comunes en áreas de cuidados intensivos, áreas quirúrgicas y unidades especiales donde es necesario realizar ajustes precisos de la posición del paciente para facilitar su cuidado y tratamiento, y en algunos casos hay hospitales que pueden tener camas especiales según las necesidades específicas de ciertos pacientes, como camas ortopédicas, camas bariátricas para pacientes con obesidad, camas pediátricas, entre otras.

El equipamiento es indispensable para la recuperación en los pacientes, sin embargo, no todos los hospitales cuentan con los recursos para adquirir camas especiales para cada caso. Los hospitales solo cuentan con una cama básica estándar que provoca la inmovilidad del paciente durante largos períodos de tiempo induciendo a tener varios efectos adversos para la salud, debido a la falta de movilización y a la posición estática prolongada. Existen muchas complicaciones que pueden surgir, por ejemplo: ulceras por presión, también conocidas como úlceras o escaras de decúbito, que son lesiones en la piel que ocurren por la presión prolongada sobre áreas del cuerpo, especialmente en puntos óseos como el sacro, los talones, los codos y las caderas. Atrofia muscular por la falta de movimiento puede llevar a la pérdida de masa y fuerza musculares, lo cual puede debilitar al paciente y dificultar su rehabilitación. Contracturas articulares debido a la falta de movimiento, lo cual puede dificultar la movilización y aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Problemas respiratorios que puede limitar la expansión pulmonar completa, lo cual puede llevar a complicaciones respiratorias como neumonía o atelectasia (colapso parcial del pulmón). Problemas circulatorios que puede aumentar el riesgo de formación de coágulos sanguíneos (trombosis venosa profunda) debido a la disminución del retorno venoso y la estasis sanguínea en las extremidades. Desnutrición y deshidratación puede dificultar la alimentación adecuada y la ingesta de líquidos, lo cual puede llevar a la desnutrición y deshidratación si no se maneja adecuadamente. Con todo lo

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-05, pág.: 1 a la 5.

mencionado anteriormente se denota lo esencial que es para los pacientes el uso de una cama que incluya cambios de posición regulares, cuidado de la piel para prevenir ulceras y limpieza sanitaria.

Durante la pandemia de COVID-19 incremento el número de hospitalizaciones en México, lo que conllevo al uso excesivo de camas hospitalarias, sin embargo, al no contar con ellas incremento el número de defunciones por la falta de atención en los pacientes. Aunado a esto muchos pacientes no tuvieron el acceso a una primera atención sanitaria como es el caso del uso del cómodo, ya que el hospital no contaba con suficiente personal para atender esta actividad básica.

Con todo lo anterior se puede notar que el equipo médico como es una cama de hospital juega un papel crucial en la prevención y manejo de estas complicaciones para optimizar la recuperación y el bienestar del paciente. Por ello se propone el diseño y construcción de una cama con sistema de limpieza integrado automatizado que permita la movilidad y limpieza sanitaria del paciente con monitoreo en tiempo real.

ANTECEDENTES

Se analizaron diversas propuestas de camas hospitalarias que permitieron vislumbrar mejoras en los sistemas mecánicos y de automatización para la eficiencia en su uso de aplicación.

A continuación, se muestra un prototipo de cama automática manipulada con un sistema de voz y Arduino para personas con impedimento físico como se ilustra en la Figura 1.



Figura 1. Cama articulada. (LINAK, s.f.)

Para esta propuesta se estudió una cama para incluir la tecnología computacional utilizando un Arduino y comandos de voz para analizar los posibles movimientos automáticos que se generan con la automatización, dicha propuesta solo se incluyó la parte de sistema de voz.

La propuesta de la Figura 2 propone un prototipo de cama eléctrica intrahospitalaria con sistema electrónico de pesado para pacientes.



Figura 2. Cama articulada para monitoreo de peso en pacientes. (UNAD, s.f.)

Este diseño se compone de un sistema de sensores de presión, en puente Wheatstone, conversor A/D de 24 bits por medio del chip HX711, sistema microcontrolador con Arduino uno y sistema de visualización por medio de pantalla LCD 2x16, usando protocolo I2C. con el fin de monitorear el peso del paciente.

Se expone el prototipo de un diseño de una cama hospitalaria a escala controlada mediante la detección de movimientos oculares para pacientes con limitaciones físicas en hospitales, véase Figura 3.



Figura 3. Sistema de seguimiento ocular para cama. (Tobii Dynavox ES, s.f.)

En esta propuesta se desarrolló un sistema de seguimiento de mirada que controla una cama hospitalaria eléctrica motorizada utilizando una cámara de bajo costo, esto con el fin de no generar calibraciones en el sistema y no tener ningún contacto con este sistema.

DESARROLLO DEL TEMA

Los programas de sistemas embebidos se enfrentan normalmente a tareas de procesamiento en tiempo real; Un sistema de tiempo real debe responder, dentro de un intervalo restringido de tiempo, a eventos externos mediante la ejecución de la tarea asociada con cada evento. Se utilizo la metodología XP para el diseño que sigue rigurosamente el principio MS (mantenlo sencillo). Un diseño sencillo siempre se prefiere sobre una representación más compleja. Además, el diseño guía la implementación de la funcionalidad del caso de uso.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-05, pág.: 1 a la 5.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo necesario para plasmar la lógica del programa diferentes elementos y conexiones las cuales son permiten representar el algoritmo de una manera visual, estructurada y organizada del hardware.

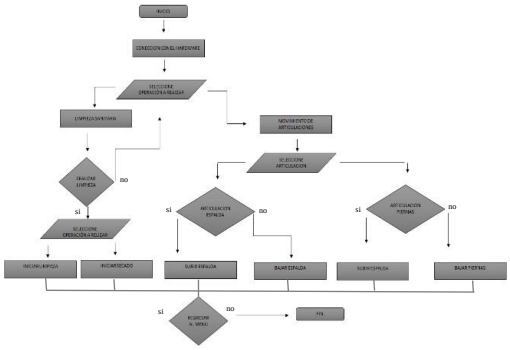


Figura 4. Procesos del sistema.
(figura propia).

A continuación, se presentan imágenes preliminares véase Figura 5 del proyecto, donde se evidencia el diseño empleado. Es importante destacar que estos diseños previamente utilizados fueron fundamentales para el desarrollo del prototipo, cuya función principal es proporcionar una mayor comodidad a los pacientes postrados en cama.



Figura 5. Diseño de la cama (figura propia).

En la Figura 6 se presenta el diseño destinado a lograr el movimiento de las articulaciones, logrando posiciones ortopédicas (Fowler), para un mayor descanso.



Figura 6. Movimiento articulado de la cama (figura propia).

Para lograr las diferentes posiciones, se emplearon moto reductores conectados a engranajes mediante una cadena. Estos engranajes, a su vez, están vinculados a tornillos sin fin, un dispositivo que transfiere el movimiento entre ejes perpendiculares entre sí, gracias a un sistema compuesto por dos partes: el tornillo (con dentado helicoidal) y un engranaje circular conocido como corona. La función de este sistema es facilitar el ascenso y descenso del respaldo y el reposapiés, todo ello con el propósito de garantizar una mayor comodidad, véase Figura 7.

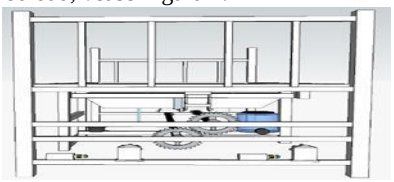


Figura 7 Diseño y funcionamiento del engranaje
(figura propia).

En la Figura 8 se ilustra el diseño de la tapa situada en la parte central de la cama. Esta tapa proporciona acceso al sistema de limpieza y está equipada con un motor que permite su apertura. Esta función permite aislar el desagüe de los desechos biológicos, garantizando así un manejo higiénico y eficiente de los residuos.

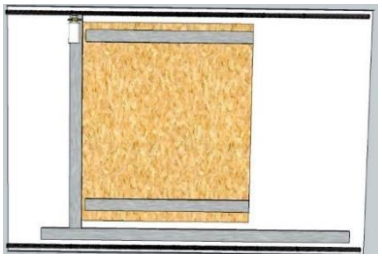


Figura 8 Diseño de la tapa que aísla el sistema de limpieza
(figura propia).

En la Figura 9 se presenta el diseño del sistema de limpieza, el cual consta de un aspersor de agua y otro de aire, cada uno conectado a su respectiva bomba. Estos aspersores se desplazan gracias a

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-05, pág.: 1 a la 5.

servomotores, los cuales garantizan un posicionamiento preciso para asegurar una correcta limpieza de las zonas genitales.

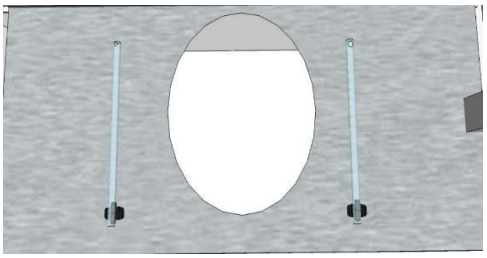


Figura 9. Diseño de orificio para limpieza sanitaria (figura propia).

El circuito del sistema embebido está diseñado para realizar funciones dedicadas en tiempo real; como es la limpieza sanitaria y el manejo de las articulaciones de la cama sanitaria, como se ilustra en la Figura 10.

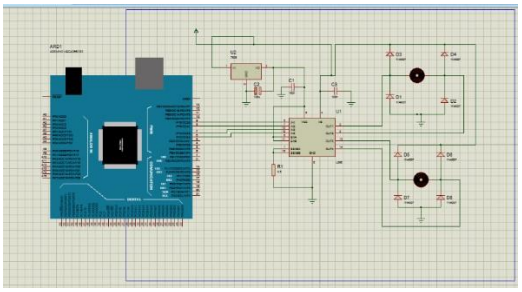


Figura 10. Diagrama del Circuito del Sistema (figura propia).

El sistema fue desarrollado utilizando el microcontrolador Arduino, al cual están conectados los actuadores electrónicos. Se implementó un módulo de relevadores que actúa como actuador para controlar la conmutación de cargas de potencia necesaria para operar los motores eléctricos de las articulaciones de la cama sanitaria.
Para el funcionamiento de los motores eléctricos reversibles, se optó por aquellos capaces de convertir energía mecánica en energía eléctrica. La inversión del giro de los motores se logra mediante la conexión directa a fuentes de corriente alterna (CA) de 220V, lo que permite la operación bidireccional de los motores. El control del sentido de giro y la regulación de la velocidad se gestionan mediante el driver puente véase (Figura 11) H L298N, el cual interpreta señales TTL, (transistor-transistor logic, es decir, lógica transistor a transistor) para controlar la dirección y velocidad de los motores mediante la modulación por ancho de pulso PWM (Pulse Width Modulation).

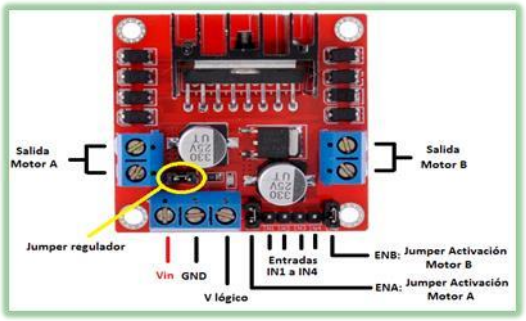


Figura 11. Driver puente H. (Gelvez Carvajal, 2017)

Se emplearon dos servomotores debido a su capacidad para posicionarse en cualquier ángulo dentro de un rango de 180º utilizando modulación de ancho de pulso (PWM). Estos servomotores cuentan con tres cables: dos para la alimentación Vcc y Gnd (entre 4.8 y 6 V) y uno adicional para aplicar el tren de pulsos de control que indica la posición deseada.
Una vez activado el servomotor, se activa la bomba de agua o la compresora de aire, encargadas de llevar a cabo la limpieza y el secado genital. Estos actuadores reciben energía de una fuente de alimentación que transforma la corriente alterna de la línea eléctrica doméstica (220 Volts.) en corriente continua de 5 a 12V, necesaria para su funcionamiento.
Los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos, pueden utilizarse lenguajes como C o C++. Se utilizo la programación orientada a objetos (POO) y estándares de codificación Xp.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Un sistema embebido o empotrado (integrado, incrustado) es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.
Sistema embebido de limpieza sanitaria es una cama hospitalaria, la cual tiene como estructura una base metálica con tres secciones tórax, glúteos, incluye un orificio en el centro de la cama con una tapa automática con deslizamiento hacia un cajón con un sistema embebido de asepsia sanitaria (Figura 12).
La posición de Fowler es una técnica utilizada en el cuidado de pacientes encamados, especialmente en el ámbito hospitalario y en el cuidado de personas mayores o dependientes.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. MC-05, pág.: 1 a la 5.



Figura 12. Sistema embebido de cama hospitalaria (figura propia).

El sistema se controla mediante un control que encuentra empotrado a un costado del barandal de la cama, el cual cuenta con diferentes funciones, dentro de las cuales tiene como función principal realizar la limpieza de la zona genital del paciente.

Integración continúa: Utilizando la metodología XP el proyecto se desarrolló a medida que se fueron creando las primeras funcionalidades se ensamblaron en el sistema, de manera que éste pudo ser construido y modificado varias veces durante desarrollo. Esto se hace para que las pruebas de integración vayan detectando los errores desde el primer momento y no al final de todo y hace que el impacto sea mucho menor.

Programación extrema (XP): metodología de desarrollo de software basada en las relaciones interpersonales, que se consideran la clave del éxito. Su principal objetivo es crear un buen ambiente de trabajo en equipo y que haya una comunicación constante del cliente.

Es una propuesta que permite dentro de las instituciones clínicas brindar a todas aquellas personas con problemas motrices una mayor comodidad y aseo anal mediante las funciones que este le optimiza, además de que con su fabricación se pudo identificar otras posibles innovaciones que se le podrían hacer siendo un producto encaminado al éxito.

Refleja gran impacto tecnológico ya que utiliza tecnologías de programación, electrónica y diseño, el sistema de control desarrollado optimiza el proceso de limpieza genital haciéndola automática, debido a que las tecnologías van cambiando se pretende considerar la reingeniería para la mejora continua.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍAS

[1],INEGI. (2020). *INEGI, C. d. (2020). Salud y seguridad social*. Obtenido de DISCAPACIDAD: //www.inegi.org.mx/temas/discapacidad/

[2],M.A., R. (2015). Pruebas de Software Fundamentos y Técnicas. En M. Electricos.

[3],Martimez, M. C. (30 de Marzo de 2012). *Mexico Patente nº MX2610B* . Obtenido de Privada de los Cedros 5541, Casa 9, Col. Alcantarilla, 01729, .

[4],*Metodologías de desarrollo de software*. (s.f.). Obtenido de Facultad de Química e Ingenieria.: https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/522/1/metodolo-guias-desarrollo-software.pdf

[5],*Patente nº MX/u/2010/000383*. (2015). Obtenido de http://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/ficha.jsf?idFicha=4958882

[6],R. J., [. 3. (19 de Noviembre de 2014). *Patente nº WO 2012/005963*. Obtenido de https://siga.impi.gob.mx/newSIGA/content/common/ficha.jsf?idFi

[7],Rubio., H. A. (2015). Objetos, Introducción a la Pogramación Orientada a Objetos. Avenida Vasco de Quiroga 4871.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Rosalba Sánchez Apolinar: Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TESI.

Miriam Laura Juárez Hernández: Asesora de proyecto de Investigación de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TESI.

Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

Análisis multivariado con redes semánticas y análisis factorial

***Elizabeth Fonseca Chávez*[1], Leticia Ruiz Flores[2], Mario Alfredo Ibarra Carrillo[1]**

RESUMEN

El uso de la estadística en las redes semánticas está contemplado en dos dominios, el de redes semánticas naturales y el de redes semánticas artificiales. Encontrar la generalización de un significado o concepto se resuelve con las redes semánticas naturales; las redes semánticas artificiales desmenuzan el significado en fracciones de varios conceptos para formar redes de interconexión. Se tienen significados cada vez más complejos, que deben validarse si aún funcionan con las técnicas actuales. Por consecuencia, se presenta en este artículo la forma de resolver y validar la generalización de una red de significados. En este artículo se presenta el análisis de un problema de múltiples conceptos aplicando redes semánticas naturales, análisis factorial y las herramientas informáticas ATLAS.TI, SPSS y lenguaje R para validar los resultados. En la parte del análisis exploratorio se realizó un cuestionario de una pregunta abierta a alumnos de ingeniería del sexto semestre. Se realizó la reducción de variables, se propusieron los grupos a validar por ecuaciones estructurales; enseguida se realizó el análisis confirmatorio y se validaron los resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cómo aprende un alumno de ingeniería un tema universitario? Se encontró una respuesta válida al comparar dos métodos a la vez en cada análisis. Se encontraron 8 agrupaciones. La interpretación de resultados quedó como sigue: En Ing. Aeroespacial les gusta más trabajar en equipo que a los demás; a los de Ing. en Telecomunicaciones les gusta más el trabajo práctico. La mayoría de los ingenieros encuestados requieren más organización en su entorno para estudiar. A futuro, se continuará aplicando ambos métodos para validar ideas y que se utilicen para redes semánticas artificiales.

Palabras claves: redes semánticas naturales, análisis factorial, análisis exploratorio, análisis confirmatorio, estadística.

ABSTRACT

The use of statistics in semantic networks is contemplated in two domains, that of natural semantic networks and that of artificial semantic networks. Finding the generalization of a meaning or concept is solved with natural semantic networks; artificial semantic networks break down the meaning of various concepts into fractions to form interconnecting networks. There are increasingly more complex meanings, which must be validated if they still work with current techniques. Consequently, this article presents the way to resolve and validate the generalization of a network of meanings. The results obtained from the question were validated: How does an engineering student learn in university topic? A valid response was found when comparing two methods simultaneously in each analysis. 8 groups were found. Some interpretations of results were Aerospace engineers like to work in teams more than others; those with Telecommunications engineering need more internships than the others. Most engineers need more organization in their environment to start studying. In the future, both methods will continue to be applied to validate ideas to develop artificial semantic networks.

Keywords: natural semantic networks, factor analysis, exploratory analysis, confirmatory analysis, statistics.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas estadísticas como la correlación de Pearson, la prueba t o el análisis de varianza, entre otras, nos ayudan a realizar las comparaciones de los datos que estamos analizando. Los datos que aprendemos a analizar ya están filtrados, con una base de datos limpia y se ha probado que los datos tienen una distribución normal (Tapia, C. E. F., & Cevallos, K. L. F., 2021).

La estadística de las redes semánticas está contemplada en dos dominios de la ciencia, ya sea redes semánticas naturales o redes semánticas artificiales.

Realizar la generalización de un significado o concepto se resuelve con las redes semánticas naturales, donde un significado se descubre de un grupo de conceptos asociados al origen del significado. Se tienen la inteligencia artificial y las redes semánticas artificiales, los cuales desmenuzan el significado en fracciones de varios conceptos, para crear agrupaciones asociadas o ligas entre sí formando redes de interconexión. Se tienen significados cada vez más complejos, que deben validarse para conocer si aún funcionan con las mismas técnicas actuales, y es lo que se pretende en este artículo.

Se pueden construir redes basadas en nodos como se muestra en el artículo VIVAS, Leticia; GARCÍA, Ricardo García, 2010).

La idea es tener una relación (mapa de memoria) del significado de la palabra, para ponerlo en una base de datos, como son las redes semánticas artificiales (inteligencia artificial); o para construir una "Memoria Asociativa Semántica" (SAM) o conjunto de

[1]Elizabeth Fonseca Chávez. UNAM, F.I. Telecomunicaciones, elizabeth.fonseca@ingenieria.unam.edu, Doctora en educación.
[2]Leticia Ruiz Flores, *Universidad Intercontinental, leticia.ruiz@universidad-uic.edu.mx, Doctorado en educación.
[1]Mario Alfredo Ibarra Carrillo, UNAM F.I. Telecomunicaciones. Mario.ibarra@ingenieria.unam.edu, Maestro en Ingeniería

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

coincidencias de palabras más votadas por la mayoría de las personas participantes en el estudio, como son las redes semánticas naturales, técnica propuesta en el CIC del IPN por Jesús Figueroa y su equipo, en 1981, que se comenta en el artículo de Flores (FLORES, Ana Isabel Zermeño; CEBALLOS, Aidée Consuelo Arellano; VÁZQUEZ, Vanessa Aidée Ramírez,2005)

Por ejemplo:

- Redes semánticas naturales. Significado: Naranja. (SAM).

Naranja →Naranja, → jugo→ agridulce… (Persona 1)
Amarilla *→liquido →agria… (Persona 2)*
Naranja →gajos→ dulce, (Persona n)

- Redes semánticas artificiales: Significado: Naranja.

Fruta → Naranja→ amarillo → redonda→ agria (programador)
Manzana→ *roja → dulce (mismo programador)*

La diferencia que se observa en el ejemplo del concepto de naranja radica en que estos conjuntos SAM son obtenidos de las definidoras o significados más repetidos, por jerarquía, de "n" personas encuestadas sobre lo que creen sobre ¿Qué es una naranja?; mientras que el segundo ejemplo de la naranja es una abstracción de sus características, quizá de lo que piensa el programador.

Todo esto se trabaja con un análisis estadístico para saber que entienden los humanos de un significado dado, hablando de redes semánticas naturales. Mientras que en redes semánticas artificiales se busca que una computadora entienda el lenguaje natural de los humanos con un grupo de conceptos guardado en su base de datos.

REDES SEMÁNTICAS NATURALES

Una red semántica es una interconexión de conceptos relacionados semánticamente entre sí (VIVAS, Jorge Ricardo; COMESAÑA, Ana; VIVAS, Leticia Yanina, 2007)].

Las redes semánticas naturales son una red o conexiones de palabras que unidas forman un significado: "es una herramienta útil para el estudio de los significados que tienen ciertas palabras o expresiones en un grupo social determinado" (RIVERO, Guillermo Hinojosa, 2008). Se trata de las ideas y conceptos que las personas construyen acerca de cualquier objeto, tema o situación de su cotidianidad expresados también en términos coloquiales (LANGLE-FLORES, Alfonso; CUPUL-MAGAÑA, Fabio G., 2021).

Como ejemplo, se les pide a los alumnos que definan una palabra "estímulo" mediante un mínimo de cinco (o 10) palabras sueltas, que pueden ser verbos, adverbios, adjetivos, sustantivos, nombres o pronombres, sin utilizar artículos ni preposiciones. Después se les pide que, de manera individual, las jerarquicen de acuerdo con la cercanía o importancia que tiene cada una de las palabras con la palabra estímulo. Le asignarán el número uno a la palabra más cercana al estímulo, el dos a la siguiente, y así sucesivamente, hasta agotar todas las palabras definidoras.

Considérese el siguiente ejemplo con el estímulo: "ser mujer", total de mujeres encuestadas: 24, las respuestas más frecuentes fueron: femenina, amiga, inteligencia, madre, comprensión, fuerte, responsable, madurez y respeto, entre otros de un total de 59 respuestas (Rivero, 2008)

En la tabla 1, se muestra una fracción de análisis de sus agrupaciones, por ejemplo 6 personas escogieron como primera palabra definidora a "Femenina", a esta primera [nivel/peso], se le asigna un peso de 10 es decir 1/10. Una sola persona anotó la palabra "femenina" en un nivel 4 con valor de peso 7 es decir [4/7] al final solo dos personas escribieron "femenina" en una posición [5/6]. Se realiza la operación con el número de personas y el peso. Se multiplica 6*10 + 1*7+ 2*6= 60+7+12= 79 este resultado será M, la varianza. M=79 de un total de 9 personas que anotaron esta definidora.

Tabla 1. Fracción de datos de ejemplo de artículo [6]

peso	1/10	2/9	3/8	4/7	5/6		
definidora						M	Frec.
Femenina	6	0	0	1	2	79	9
Amiga	1	2	2	2	2	70	9
Amor	4		1	0	0	48	5

Ejemplo propio de análisis de red semántica para múltiples conceptos

Estimulo: trabajar en equipo: ¿Qué entiendes por trabajar en equipo, para ponerte a estudiar?
Se les pide a los alumnos (de las carreras de ingeniería: aeroespacial, eléctrica-electrónica, Telecomunicaciones y computación) que generen ideas que respondan a la pregunta y que las jerarquicen en prioridad del 1 (menos prioritario) al 10 (más prioritario). Aquí solo se muestran las cuatro respuestas de las votadas por alumnos en la tabla 2. Las respuestas más votadas en prioridad fueron: Preguntar mis dudas me ayuda a comprender el tema. Discutir con amigos, me ayuda a comprender el tema. Compartir con amigos, como resolví un problema, me hace feliz. Me siento a gusto, trabajar en equipo para entender mejor un tema.

Tabla 2. Datos propuestos de ejemplo propios.

1/10	2/9	3/8	4/7	5/6	6/5	7/4	8/3	9/2	10/1	M
3	2	0	1	1	2	0	1	0	1	75
3	2	0	1	1	2	0	2	0	1	68
2	3	1	0	2	0	0	0	0	1	67
0	0	0	2	0	2	1	1	1	0	33

De esta Tabla 2, se produce nuestro problema a resolver. ¿Será posible resolver un problema de varios conceptos, utilizando las técnicas de redes semánticas naturales? ¿Cómo podremos validar si

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

el resultado es correcto?, nuestro objetivo será presentar un protocolo para validar un problema de múltiples conceptos.

Análisis y validación de la red semántica

Se resolvió mediante el análisis factorial, la cual es una técnica estadística multivariante que se utiliza para identificar variables latentes subyacentes que explican la covariación entre un conjunto de variables observadas (Cupani, M., 2012). El cual analiza los datos en dos fases, primero en forma exploratoria para encontrar patrones de conceptos similares y ya teniendo una agrupación de conceptos reducir dimensiones de variables con un análisis confirmatorio. En este artículo, se proponen y se utilizan dos métodos para cada fase, para contrastar resultados. Para el análisis *exploratorio*, se utilizaron las redes semánticas naturales, junto con el software ATLAS.TI (Software para análisis de texto y análisis cualitativo de datos, que es de pago). Para el análisis *confirmatorio*, se utilizó el software SPSS (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, de paga) y lenguaje R (lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico) para validar, como se demuestra a continuación con un ejemplo específico.

Análisis Exploratorio y sus resultados

El análisis exploratorio servirá para encontrar patrones del concepto a indagar, se inicia utilizando la técnica de redes semánticas naturales.

El ejemplo específico para probar los procesos fue realizar un cuestionario con dos preguntas. Se les pidió a los alumnos encuestados:

En la pregunta 1: Escribir una lluvia de ideas sobre ¿cómo aprender un tema universitario?

En la pregunta 2: Jerarquizar 10 respuestas de la lluvia de ideas y ponerlas en orden de cercanía sobre las ideas de la pregunta, ya sean verbos, adverbios, adjetivos, sustantivos, nombres o pronombres, sin utilizar artículos ni proposiciones.

Se analizaron 111 cuestionarios con 10 respuestas cada una, es decir, 1,110 verbos, adverbios, adjetivos, sustantivos, nombres o pronombres.
Se realizó primero, el análisis estadístico con la técnica de redes semánticas naturales: Después de varios intentos de agrupaciones, en forma manual, de la respuesta 2 y basándonos en el contexto de la respuesta 1 (lluvia de ideas), se rehízo varias veces la tabla, pues algunos datos venían con información faltante o equivocada, tuvo que depurarse la base, quitando respuestas erróneas. También se re-agruparon palabras sinónimas tomando como referencia su contexto. La duración en tiempo para obtener resultados de este trabajo fue de varios meses.

Se llenó la tabla de definidoras. Esta tabla puede apreciarse en la figura 1. Se observa los datos obtenidos del cuestionario aplicado a los alumnos, con prioridad de "1" a "10", donde el "1" ahora es la jerarquización más alta, por ejemplo, la mayoría de los alumnos anotó con prioridad "1", la definidora de "ejercicios", luego "videos", enseguida se muestra la varianza G, y el porcentaje representado.

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	G	%	Definidora
80	36	24	28	42	40	16	15	8	3	292	97.7	Ejercicios
50	36	48	28	24	45	28	9	4	2	274	91.6	Videos
40	45	56	7	30	15	20	18	10	3	244	81.6	Lectura
50	27	48	28	30	20	16	12	10	0	241	80.6	Práctica
40	36	40	7	18	25	4	12	10	3	195	65.2	Apuntes
10	45	16	42	30	10	12	9	12	0	186	62.2	Preguntar
90	9	8	14	18	15	20	3	4	3	184	61.5	Estudiar
50	18	8	21	24	15	16	6	18	7	183	61.2	Releer
40	63	48	14	6	0	4	3	0	0	178	59.5	Analizar
90	18	24	14	0	10	4	3	0	1	164	54.8	Interes
50	36	24	21	0	0	0	9	0	4	144	48.2	Tiempo
20	9	56	14	6	5	16	12	4	1	143	47.8	Escribir
20	36	24	14	18	15	0	0	2	0	129	43.1	Entender
20	27	8	49	6	5	4	3	0	1	123	41.1	Comprende

Figura 1. Vista general de software Excel de llenado y resultados de la técnica de redes semánticas naturales

En la figura 2, se observa a detalle el resultado, utilizando las técnicas de redes semánticas de la tabla. Los alumnos que escribieron una respuesta, con frecuencia de 1, no se muestran en esta gráfica.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.



Figura 2. Grafica de resultado de la aplicación de la técnica de redes semánticas naturales.

El segundo método utiliza todos los datos de la respuesta 2. Se vuelve a analizar, pero ahora utilizando el software ATLAS.TI. Obsérvese en la figura 3 que los resultados pierden la jerarquización, pues el software da solo resultados con referencia a la palabra escrita con más frecuencia. La duración en tiempo de trabajo para obtener resultados fue de segundos.

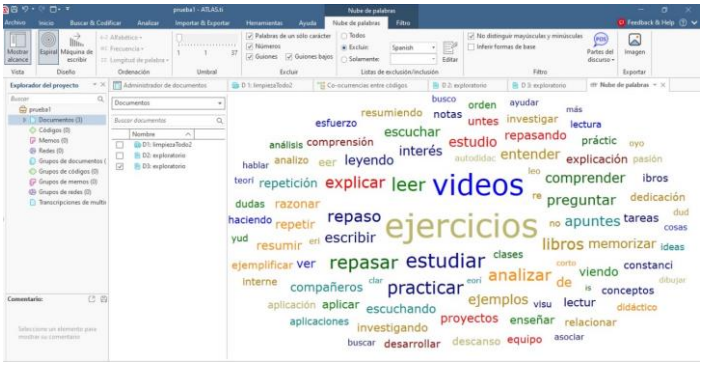


Figura 3. Resultados del cuestionario de la pregunta 2. Nube de palabras provista por el software ATLAS.TI

La figura 3 muestra los resultados en forma de “nube de palabras”, donde el tamaño de la fuente de la letra más grande representa a la palabra con más frecuencia y la palabra más pequeña con menos frecuencia. Puede observarse que el software encontró a la palabra “ejercicios” con más frecuencia, luego “videos”, “estudiar”, “practicar”, etc.

Sin embargo, el software no suma las palabras que son iguales: “repasar”, “repasando”, “repaso”, por ejemplo.

Enseguida se solicita al software un conteo de palabras, nuevamente sin jerarquizar, como se puede observar en la figura 4. Estos resultados, son los mismos que la figura 3, pero ya con la precisión de saber el valor de la frecuencia de repetición.

Con estos dos métodos podemos validar los resultados con ciertas variaciones; ejercicios y videos, salen en la misma posición en ambos métodos. Estudiar, practicar, repasar, fueron absorbidas en el primer método de acuerdo con ideas parecidas o un concepto similar.

Palabra	Largo	Conteo	exploratorio	Palabra	Largo	Conteo	explor
ejercicios	10	37	37	proyectos	9	7	7
videos	6	31	31	razonar	7	7	7
estudiar	8	18	18	repasando	9	7	7
leer	4	16	16	repetición	10	7	7
repasar	7	16	16	repetir	7	7	7
practicar	9	15	15	resumir	7	7	7
analizar	8	13	13	ver	3	7	7
repaso	6	13	13	viendo	6	7	7
explicar	8	12	12	aplicar	7	6	6
libros	6	12	12	eer	3	6	6
apuntes	7	10	10	enseñar	7	6	6
escribir	8	10	10	explicación	11	6	6
preguntar	9	10	10	investigando	12	6	6
comprender	10	9	9	lectur	6	6	6
ejemplos	8	9	9	tareas	6	6	6
entender	8	9	9	untes	5	6	6
estudio	7	9	9	comprensión	11	5	5
de	2	8	8	conceptos	9	5	5
escuchar	8	8	8	constanci	9	5	5
interés	7	8	8	dedicación	10	5	5
leyendo	7	8	8	desarrollar	11	5	5
memorizar	9	8	8	descanso	8	5	5
compañeros	10	7	7	ejemplificar	12	5	5
escuchando	10	7	7	equipo	6	5	5

Figura 4. Captura de pantalla de Software ATLAS.TI de conteo de palabras sin jerarquización encontrado de la pregunta abierta a alumnos.

Análisis Confirmatorio y sus resultados

En este análisis confirmatorio, se toman las definitorias y se presentan en frases afirmativas (o negativas). Se propone el modelo de ecuaciones estructurales a validar, utilizando la misma base de datos, se importa a Lenguaje R y a SPSS.

- Modelo de ecuaciones estructurales

Cuando se tiene los patrones posibles, descubiertos en el análisis exploratorio, se debe elegir al grupo de referencia promedio como primer paso, con esto reafirmar si el grupo escogido es realmente el corazón del problema como segundo paso. Para el primer paso de esta parte, se utilizan las ecuaciones estructurales, el grupo de referencia promedio será el modelo que utilizar para después continuar con el segundo paso llamado: análisis confirmatorio. Un modelo de ecuaciones estructurales es una técnica de análisis estadístico multivariante utilizada para contrastar modelos que proponen relaciones causales entre las variables, se representan mediante diagramas estructurales, se basan en las correlaciones existentes entre las variables medidas en una muestra de sujetos de manera transversal, se puede observar las relaciones causa contra efecto. (Ruiz, M. A., Pardo, A., & San Martín, R., 2010).

Se presenta el resultado del análisis exploratorio con una propuesta de agrupación de datos a validar en el análisis confirmatorio.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

Nuestro modelo de ecuaciones estructurales contiene la relación de 50 preguntas exploratorias realizadas a los alumnos, de las cuales se detectó en sus respuestas una relación y con ello se intenta reducir las dimensiones del problema e interpretar mejor.

Se detectó palabras similares que dan a entender lo mismo, por lo tanto, se redujo a 8 de 49 (+1 redundante). El modelo resultante es el que se muestra en la figura 5. Nótese en el modelo donde se agruparon las preguntas 1, 2 y 3 (x1, x2, x3), se etiquetó esta agrupación con el nombre de "Xi1", enseguida se propone la agrupación (x4, x5, x6, x7) con la etiqueta "Xi2". El modelo en forma manual se logró encontrando similitudes de varias secuencias de agrupaciones posibles. Todo el modelo, contiene E1, E2, E3, hasta E12 que representan las entradas de ruido o error de predicción.

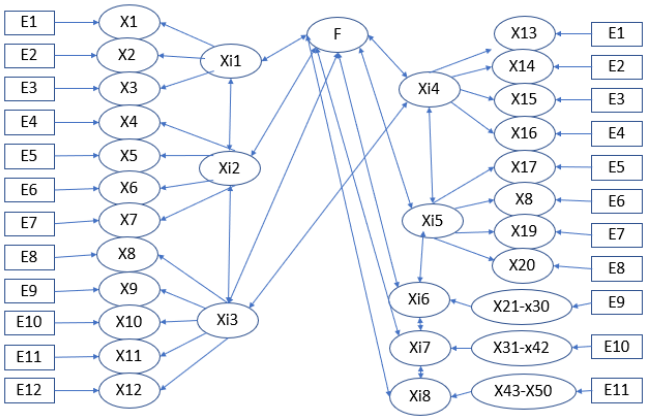


Figura 5. Modelo de ecuaciones estructurales a validar

Se tiene X1 a X50 las cuales son las definitorias, E1 a E50 son los valores de errores posibles de una incertidumbre dada y Xi1 a Xi8 son los conjuntos logrados de confirmatorias similares. Este es una propuesta de reducción de variables como lo hace el método de análisis confirmatorio de un análisis factorial en un software dado.
Se muestra en la figura 6, a manera de tener una idea, como surge el cuestionario afirmativo que debe validarse con las agrupaciones propuestas. Para este caso las respuestas solo se escogen por opción múltiple tipo liker.

	Cuestionario AFIRMATIVO ¿Cómo aprendes un tema universitario?		
	Tema: ejercicios	Xi1	H1
	Me gusta realizar ejercicios para comprender un tema	X1	
	Frecuentemente observo ejemplos para entender un tema	X2	
	Es bueno realizar exámenes para comprobar mi aprendizaje	X3	
	Tema: equipos	Xi2	H1, H2
	Preguntar mis dudas me ayuda a comprender el tema	X4	
	Discutir con amigos me ayuda a comprender el tema	X5	
	Compartir con amigos como resolví un problema del tema me hace feliz	X6	
	Me siento a gusto trabajar en equipo para entender mejor un tema	X7	

Figura 6. Un pedazo de Cuestionario AFIRMATIVO ¿Cómo aprendes un tema universitario?

Se terminó el cuestionario con respuestas en opción múltiple, y se encuesta a alumnos, nuevamente.

- Análisis Confirmatorio con el análisis Factorial automático en lenguaje R.

Dado el modelo de ecuaciones estructurales propuesto se comienza a validar con el análisis confirmatorio. Se deben importar los datos, activar las cabeceras dadas, en seguida se realiza la agrupación de datos para validar. En la figura 7, se puede apreciar la utilización del lenguaje R, el cual es un lenguaje de programación para el área de estadística, fácil de manejar, si se sabe programar; además es gratuito. Con un único comando llamado: "factanal ()" nos da los resultados del análisis confirmatorio en segundos. Esta corrida fue una de varias, porque otra vez debió limpiarse la base de datos, dado que un solo error de datos no provee los resultados esperados. En el entorno de la de regresión lineal, el enfoque de mínimos cuadrados es de hecho un caso especial de máxima verosimilitud o método "mle" (Maximum likelihood estimation). Es un método común para estimar los parámetros del modelo de análisis factorial. Un indicador importante de la calidad de la solución factorial es el valor de uniqueness. Un uniqueness cercano a 1 indica que la variable observada está casi completamente explicada por las variables latentes, lo que sugiere que la variable observada puede no ser una buena medida de la variable latente subyacente (FALLAS, Jorge, 2012). Este análisis fue para una solo agrupación general de todos los datos. Para esta corrida el "p-value" es de 4.81e-29, es extremadamente pequeño (menor que 0.001). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que el modelo de análisis factorial no es el adecuado para los datos.

```
Call:
factanal(x = datosFCHE, factors = 1, method = "mle")

Uniquenesses:
   id    x1    x2    x3    x4    x5    x6    x7    x8
0.978 0.682 0.852 0.951 0.650 0.825 0.849 0.807 0.922
  x17   x18   x19   x20   x21   x22   x23   x24   x25
0.868 0.721 0.990 0.932 0.870 0.834 0.970 0.913 0.878
  x34   x35   x36   x37   x38   x39   x40   x41   x42
0.704 0.732 0.710 0.806 0.895 0.762 0.675 0.919 0.644
     x9   x10   x11   x12   x13   x14   x15   x16
  0.849 0.950 0.815 0.893 0.880 0.782 0.790 0.889
    x26   x27   x28   x29   x30   x31   x32   x33
  0.774 0.769 0.916 0.822 0.771 0.813 0.761 0.828
    x43   x44   x45   x46   x47   x48   x49
  0.862 0.877 0.830 0.946 0.739 0.979 0.954
```

Figura 7. El comando" factanal" en Lenguaje R para el análisis confirmatorio

Ahora se analiza para diferentes agrupaciones en la tabla 3. Se utiliza el mismo comando '' factanal()'' para agrupaciones de 1 a 10. Se observa las agrupaciones y los valores P (p-value), notamos que los valores son independientes desde el momento de "*p-value"* es cercano a 0.001, obsérvese que las variables encontradas en la

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

exploración pueden agruparse en 7, 8, 9 o 10 factores con resultados buenos.

Tabla 3. Los valores P por número de factores

No. factores	p-value	No. factores	p-value	No. factores	p-value
1	4.81e-29	4	2.4e-11	7	0.000148
2	5.08e-20	5	4.27e-8	8	0.00159
3	1.37e-14	6	3.42e-6	9	0.0113
				10	0.0475

Enseguida en la figura 9 se muestra la prueba con otro método en el cual el **KMO** (Kaiser-Meyer-Olkin) debe ser entre 0 y 1, por lo tanto, mayor a 0.75 implica un calificativo de "adecuado", mayor o igual a 0.5 implica un calificativo de "aceptable" y un valor menor a 0.5 es "inaceptable". Entonces si KMO=0.72 es mayor a 0.5 por lo tanto el modelo es aceptable.

```
> library(psych)
> KMO(datosFCHE)
Kaiser-Meyer-Olkin factor adequacy
Call: KMO(r = datosFCHE)
Overall MSA =  0.72
MSA for each item =
   id   x1   x2   x3   x4   x5   x6   x7
0.54 0.84 0.76 0.65 0.86 0.79 0.65 0.79
  x17  x18  x19  x20  x21  x22  x23  x24
0.74 0.85 0.41 0.56 0.77 0.75 0.51 0.64
  x34  x35  x36  x37  x38  x39  x40  x41
0.81 0.72 0.81 0.73 0.72 0.71 0.78 0.63
  x8   x9  x10  x11  x12  x13  x14  x15  x16
0.58 0.68 0.51 0.72 0.68 0.68 0.79 0.80 0.78
  x25  x26  x27  x28  x29  x30  x31  x32  x33
0.59 0.69 0.77 0.64 0.75 0.80 0.73 0.83 0.67
  x42  x43  x44  x45  x46  x47  x48  x49
0.81 0.60 0.66 0.70 0.58 0.74 0.60 0.63
```

Figura 9. Pruebas en Lenguaje R de KMO

En el segundo método para esta parte de análisis confirmatorio, se utilizó el software SPSS. Este software se vende con licencia, no es gratuito. Con los resultados que se observan en la figura 10, KMO= 0.721 (en el método anterior fue 0.72).

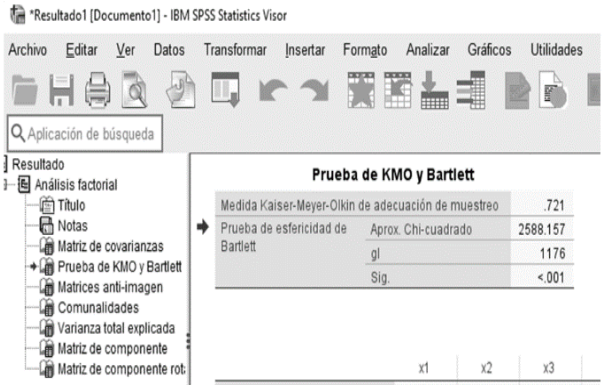


Figura 10. Resultados de análisis confirmatorio en SPSS

Ahora probando las agrupaciones para reducción de variables, de tener 51 a tener 8, que es nuestra propuesta.

En la figura 11 se muestra agrupaciones aceptadas desde 6 hasta 16 agrupaciones los resultados pueden estar bien. Como se observa estos factores en Lenguaje R son lo mismo al trabajo de la varianza total en SPSS solo que con más detalle. Véase en la figura 11, para factores o componentes de 8 se tiene un %acumulado de 47%, por ejemplo, si agrupamos en 16, tenemos un muy buen resultado de 68%, pero el grupo tan grande no es conveniente para esta propuesta. Nótese que se requiere tener autovalores cercanos a 1 para que se acepte la agrupación por componentes o factores.

La agrupación propuesta de ocho ha sido valorada en Lenguaje R y SPSS, los resultados son muy cercanos entre sí, cumple y se acepta. Por lo tanto, se tiene la reducción de variables de ocho.

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	8.941	18.246	18.246
2	2.884	5.885	24.131
3	2.477	5.056	29.187
4	2.089	4.263	33.450
5	2.043	4.170	37.620
6	1.823	3.720	41.340
7	1.659	3.386	44.726
8	1.564	3.191	47.918
9	1.466	2.991	50.909
10	1.329	2.713	53.622
11	1.281	2.614	56.236
12	1.256	2.564	58.799
13	1.199	2.447	61.247
14	1.166	2.379	63.625
15	1.130	2.306	65.931
16	1.075	2.194	68.125
17	.990	2.021	70.146

Figura 11. Resultados de análisis confirmatorio con SPSS con la varianza.

RESULTADOS

Se pudieron validar los resultados para el análisis exploratorio por dos métodos y por otros dos métodos para el análisis confirmatorio todo esto dentro del análisis factorial, con buena coincidencia.

La interpretación de los resultados al analizar las respuestas de los alumnos de cuatro carreras de ingeniería (Telecomunicaciones, Computación, Eléctrica-Electrónica y Aeroespacial) de una universidad pública; ante la pregunta ¿Cómo aprendes un tema universitario? Se encontraron ocho agrupaciones llamadas ahora ocho *estrategias de aprendizaje*, las cuales se bautizaron con las siglas **EESPPACIO**: realizar **E**jercicios, trabajar **E**quipos, **S**entidos (leer, escribir), realizar **P**rácticas, **P**ensar o reflexionar los temas, leer los **A**puntes de profesor, **C**omentar las ideas entre compañeros o profesor, **I**nterés o que será el tema llamativo de alguna manera y **O**rganización de ambiente de trabajo.

Un resultado aplicado a esta validación de procesos, se puede ver en la figura 12, TotEjer (Total de Ejercicios) = **E**jercicios; TotEq (Total en equipos) =trabajar en **E**quipos; TotSens (Total Sentidos) = Sentidos (leer, escribir); TotPrac (Total de Prácticas) = realizar **P**rácticas; TotApunt (total Apuntes)= leer los **A**puntes el profesor; TotOrg (Total en Organización)= **O**rganización de ambiente de trabajo; TotPens (Total pensar) **P**ensar ; TotInteres (Total interes) **I**nteres.

En las interpretaciones: Todo el alumnado tiene una falta de capacidad o gusto por organizarse para ponerse a estudiar. Al alumnado de aeroespacial se les facilita más trabajar en equipo para ponerse a estudiar y aprender un tema universitario.

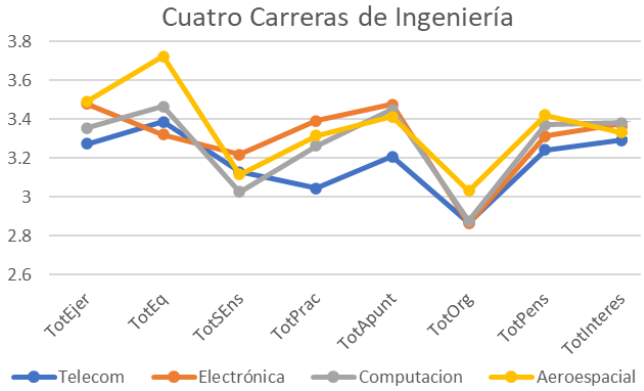


Figura 12. Resultados de las 8 estrategias de aprendizaje EESPPACIO

Recomendaciones de validación de una RED de Conceptos a analizar

1. Si es la primera vez que se realiza el análisis exploratorio, se recomienda trabajar con el análisis semántico, el cual puede implicar meses para entender como agrupar los datos.
2. Si ya se tiene experiencia en las agrupaciones semánticas, podrá omitirse el paso 1 y comenzar con el software ATLAS.TI comprando la licencia básica.
3. Para la parte de análisis confirmatorio. Si no se pueden hacer agrupaciones de variables es posible que se haya comenzado mal y se debe volver a empezar, para que antes de enviar el cuestionario a los alumnos se sepa a qué grupo corresponde.
4. Si se tienen nociones de programación, podría optarse por trabajar en lenguaje R y no comprar el software SPSS
5. Si no se sabe programar, con el software SPSS es suficiente para esta segunda parte.
6. Al final, será el comienzo del problema, analizar los resultados para las agrupaciones encontradas e interpretar.

CONCLUSIONES

Realizar el análisis estadístico para conocer la interpretación de una red de conceptos, mediante la técnica de redes semánticas con las herramientas de software: ATLAS.TI, SPSS y el lenguaje de programación R, es laborioso pero sus resultados pueden ser utilizados para trabajar en una nueva red semántica artificial más

AÑO 9. No. 9. ISSN-2448-7236. SEPTIEMBRE 2024 – AGOSTO 2025. ME-01, pág.: 1 a la 8.

robusta. Uniendo ambos mundos, las redes semánticas naturales y artificiales.

Aquí se validó el análisis de redes semánticas naturales de múltiples conceptos con la utilización de dos métodos a la vez para cada parte del análisis factorial. Para el caso de análisis exploratorio se utilizó la técnica de redes semánticas naturales y la herramienta de software ATLAS.TI con soluciones cercanas. Mientras que, para el caso de análisis confirmatorio, se utilizaron dos métodos también, por el lenguaje de programación R y además con la herramienta de software SPSS.

Se con esta metodología se descubrió ocho estrategias de aprendizaje las cuales se bautizaron con las siglas **EESPPACIO**: realizar **E**jercicios, trabajar **E**quipos, **S**entidos (leer, escribir), realizar **P**rácticas, **P**ensar o reflexionar los temas, leer los **A**puntes de profesor, **C**omentar las ideas entre compañeros o profesor, **I**nterés o que será el tema llamativo de alguna manera y **O**rganización de ambiente de trabajo.

Las ocho agrupaciones encontradas permitieron realizar una interpretación más sencilla, al reducir las variables por el método de análisis factorial.

A futuro, estas ocho estrategias de aprendizaje servirán para mejorar el aprendizaje en el alumnado del área de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

Cupani, M. (2012). Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. Revista tesis, 1(1), 186-199.

FALLAS, Jorge. Análisis de varianza. Comparando tres o más medias, 2012, vol. 54.

FLORES, Ana Isabel Zermeño; CEBALLOS, Aidée Consuelo Arellano; VÁZQUEZ, Vanessa Aidée Ramírez. Redes semánticas naturales: técnica para representar los significados que los jóvenes tienen sobre televisión, Internet y expectativas de vida. Estudios sobre las culturas contemporáneas, 2005, vol. 11, no 22, p. 305-334.

LANGLE-FLORES, Alfonso; CUPUL-MAGAÑA, Fabio G. Análisis de redes semánticas de los artículos y notas de la Revista Ciencia y Mar (1997-2020). Ciencia y Mar, 2021, vol. 25, no 73, p. 3-9.

RIVERO, Guillermo Hinojosa. El tratamiento estadístico de las redes semánticas naturales. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM, 2008, vol. 18, no 1, p. 133-154.

Ruiz, M. A., Pardo, A., & San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. Papeles del psicólogo, 31(1), 34-45.

Tapia, C. E. F., & Cevallos, K. L. F. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk Y Kolmogórov-Smirnov. Societas, 23(2), 83-106

VIVAS, Jorge Ricardo; COMESAÑA, Ana; VIVAS, Leticia Yanina. Evaluación de las redes semánticas de conceptos académicos en estudiantes universitarios. Psico-USF, 2007, vol. 12, no 1, p. 111-119.

VIVAS, Leticia; GARCÍA, Ricardo García. Contribución desde la neuropsicología al estudio de la memoria semántica. Avances en Psicología Latinoamericana, 2010, vol. 28, no 2, p. 239-250.

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Elizabeth Fonseca Chávez: Ingeniera Mecánica Electricista egresada de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Maestra en Ingeniería orientación Optimización en Transporte, posgrado FI UNAM. Maestra en Ciencias en cómputo móvil. ESCOM, IPN. Doctora en Educación por la UIC. Áreas de interés: Electromagnetismo, antenas, FPGA, Gestión educativa en aulas virtuales con tecnologías emergentes.

Leticia Ruiz Flores: Bióloga. Facultad de Ciencias UNAM, Maestra en educación Especial UIC, Doctora en Educación INACE. Áreas de interés: Gestión educativa.

Mario Alfredo Ibarra Carrillo: Ingeniero Mecánico Electricista por FI UNAM. Maestro en Ingeniería orientación en procesamiento de señales, posgrado FI UNAM. Estudiante de Doctorado en CIC, IPN. Áreas de interés: procesamiento de señales, FPGA, redes neuronales, procesadores de gran capacidad de cálculo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. David Quintanar Guerrero, director de la FES Cuautitlán, por brindar su apoyo para la realización del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, así como la gestión de los trámites para la edición de la publicación electrónica.

Se agradece el apoyo al grupo de alumnos y profesores que participaron en la realización del evento.

Evento organizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME-PE102724

REGRESAR AL CONTENIDO

