

# Banda Transportadora sobre Arduino MEGA con Programación en Lenguaje Escalera

Jiménez García José de Jesús  
Escuela de Ingeniería  
Universidad La Salle Pachuca  
Pachuca, Hidalgo  
[jose.jimenez@lasallep.mx](mailto:jose.jimenez@lasallep.mx)

Erick Martínez Navarro  
Escuela de Ingeniería  
Universidad La Salle Pachuca  
Pachuca, Hidalgo  
[erick.martinez@lasallep.mx](mailto:erick.martinez@lasallep.mx)

Alison Yadira Monroy Ángeles.  
Escuela de Ingeniería  
Universidad La Salle Pachuca  
Pachuca, Hidalgo  
[yadira.monroy@lasallep.mx](mailto:yadira.monroy@lasallep.mx)

Ordaz Oliver Mario Oscar  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica  
Tecnológico Nacional De México,  
Campus Pachuca,  
Pachuca Hidalgo  
[mario.oo@pachuca.tecnm.mx](mailto:mario.oo@pachuca.tecnm.mx)

**Resumen:** Este trabajo presenta el diseño, construcción y programación de una banda transportadora mediante lenguaje escalera, implementada en un Arduino Mega, para controlar tres bombas sumergibles, un motorreductor, una resistencia calefactora, un relevador y cinco sensores IR. El objetivo es replicar el proceso de llenado de un recipiente, precedido por el ciclo de calentamiento y bombeo del líquido hacia distintos contenedores. El documento describe los procedimientos empleados para diseñar el diagrama en lenguaje escalera, conectar los diversos componentes de hardware, programar el Arduino y analizar los resultados obtenidos. Además, se discuten las ventajas, limitaciones y posibles mejoras del proyecto.

**Palabras clave—** Relevador, cascada, temporizador, contacto, bomba de agua, Ladder Maker, puente H.

## I. INTRODUCCIÓN

Una banda o cinta transportadora es un componente ampliamente utilizado en la industria, cuya función es trasladar materiales de un lugar a otro durante el proceso de fabricación de un producto o proceso. Este sistema facilita un avance rápido y eficiente en el ritmo de trabajo, optimizando la productividad en las líneas de producción [1]. No obstante, esta metodología puede resultar compleja y poco intuitiva para quienes no están familiarizados con la automatización industrial. Este proyecto se enfoca en explorar las capacidades de control de una banda transportadora y su integración con hardware de Arduino, ofreciendo una solución precisa y eficiente para el manejo de materiales y sustancias en entornos industriales.

La elección del Arduino Mega para ser utilizado en el presente proyecto se justifica por su amplio número de salidas, lo que lo hace ideal para controlar múltiples, relevadores, bombas y motores. Utilizar diagramas escalera y bobinas temporizadas presenta una alternativa viable y efectiva a los sistemas de control tradicionales, simplificando el diseño y la implementación de circuitos de automatización.

La implementación de circuitos de control para bandas transportadoras mediante diagramas de escalera y bobinas temporizadas ha sido menos explorada en comparación con los métodos tradicionales, lo que destaca la innovación de este proyecto [2].

Este proyecto presenta una serie de contribuciones prácticas asociadas con los circuitos secuenciales y la electrónica digital, entre las que se destacan las siguientes:

- i) Implementar de forma práctica el lenguaje escalera para programar una banda transportadora en un entorno gráfico de Arduino.
- ii) Diseñar una metodología clara para la configuración de temporizadores, entradas y salidas de señales en un Arduino Mega.
- iii) Discutir los resultados de pruebas y validaciones que confirman la viabilidad y precisión de todo el proceso de producción de la banda transportadora programada.
- iv) El uso de un puente H L293D, supliendo la función de los relés y usando las salidas del puente H como switch para una eficiencia mejorada.

## II. METODOLOGÍA

Esta sección describe los componentes principales de la banda transportadora construida para el proyecto, así como las conexiones entre las salidas del Arduino Mega, los sensores IR, las bombas, el motorreductor y un relevador conectado a la resistencia.

Arduino es una plataforma de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Es ampliamente utilizada en robótica y automatización debido a su simplicidad y flexibilidad para conectar y programar dispositivos como sensores, motores y luces.

El Arduino Mega es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560, que ofrece más pines de entrada/salida y mayor memoria que otros modelos. Sus características principales son las siguientes:

- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje de operación: 5V
- Pines digitales de IE/S: 54 (15 PWM)
- Pines analógicos de entrada: 16
- Memoria Flash: 256 KB
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB

Los sensores infrarrojos (IR) son dispositivos electrónicos que utilizan luz infrarroja para detectar la presencia de objetos o medir distancias, fundamentales en sistemas de control [3]. Funcionan emitiendo un haz de luz IR y midiendo la reflexión de este haz al encontrar un objeto cercano. Este tipo de sensor es ampliamente utilizado en sistemas de automatización y control. En este contexto, los sensores IR pueden ser utilizados para activar o desactivar bombas, lo que permite un control preciso en aplicaciones de riego o manejo de líquidos.

Para la construcción de este primer prototipo se plantea el uso de una placa de pruebas (protoboard), ya que permite tanto construir, como examinar circuitos electrónicos y realizar conexiones eléctricas sin necesidad de soldadura. Utilizando 2 push button que sirven para iniciar el proceso o pararlo. Y un puente H L293D, ya que este circuito integrado sirve para controlar motores de corriente continua.

A. Materiales

En la tabla I. se muestran los principales componentes utilizados para el proyecto, dicha tabla incluye la cantidad y los costos (en pesos mexicanos) aproximados de cada componente.

TABLA I  
LISTA DE PRECIOS

| Cantidad         | Componente            | Precio por unidad    |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| 5                | Sensores              | \$45                 |
| 1 m <sup>2</sup> | Tela de cuadros       | \$60                 |
| 1                | Lata de pintura       | \$89                 |
| 5 m              | Manguera              | \$85                 |
| 2                | Resistencias          | \$5                  |
| 1                | Protoboard            | \$100                |
| 1                | Arduino mega          | \$350                |
| 1                | Jumpers               | \$50 (paquete)       |
| 1                | L293D                 | \$60                 |
| 1                | MDF 3 mm              | \$126 m <sup>2</sup> |
| 1                | Thermofit             | \$100                |
| 4                | Recipientes           | \$250                |
| 1                | Resistencia para agua | \$30                 |
| 1                | Clavija y relevador   | \$100                |
| 3                | Bombas                | \$150                |

Tabla. 1 Lista de materiales para la construcción del prototipo.

B. Pasos para la construcción

Ladder Maker es un software especializado en el diseño y programación en lenguaje escalera, que permite la visualización gráfica del diagrama y su carga directa en distintos modelos de Arduino. La primera tarea consiste en diseñar un diagrama que representa la lógica de control para la banda transportadora, mediante el uso de bobinas internas y señales de entrada, en este caso los sensores IR, que envían un pulso para activar la banda transportadora. Posteriormente, se asignaron los pines de entrada del Arduino Mega a los sensores IR y sus salidas al puente H para activar o desactivar las bombas. Luego, se revisó la configuración de los temporizadores para optimizar el proceso de producción.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los detalles principales asociados con la construcción y programación de la banda transportadora, de manera similar, se plantean algunos de los retos y limitaciones a los que se nos enfrentamos en el

desarrollo de dicho proyecto.

Para analizar la lógica de la banda transportadora que se va a utilizar al momento de programar en el software Ladder Maker, se considera la aplicación de banderas, conocidas también como bobinas internas, con contactos asociados a dichas bobinas y temporizadores en cascada, dichos elementos permiten llevar una secuencia de llenado, calentado, vaciado y transportado de la mezcla. Se añadieron datos sobre la precisión del control, tiempos de operación y pruebas de durabilidad bajo condiciones variadas, además de métricas de eficiencia.

Durante las pruebas surgieron desafíos significativos. Inicialmente, las entradas y salidas del Arduino Uno no eran suficientes, y las entradas analógicas no están habilitadas en Ladder Maker. por esta razón en el proyecto no logramos conectar el sensor de temperatura, debido a que no están habilitados los pines analógicos, ya que el programa no respetaba la lógica en Ladder Maker. La segunda restricción identificada en Ladder Maker es que las salidas 17, 18, 19, 20, 21 y 22 no están físicamente acopladas a la programación en escalera de Ladder Maker. Se exploraron en mayor profundidad las causas de estos problemas en la programación y detección de niveles.

Se inicia con un diagrama de paro y arranque para la activación del proceso, donde la entrada S1 es la encargada de activar el motor de la banda transportadora y la entrada S2 tiene como propósito detener la banda durante 6 segundos, para activar posteriormente la bomba que se encarga de surtir la mezcla, después de estos 2 pasos se encuentra la entrada S3, la cual tiene como objetivo detener la banda, como se muestra en la Figura (1).

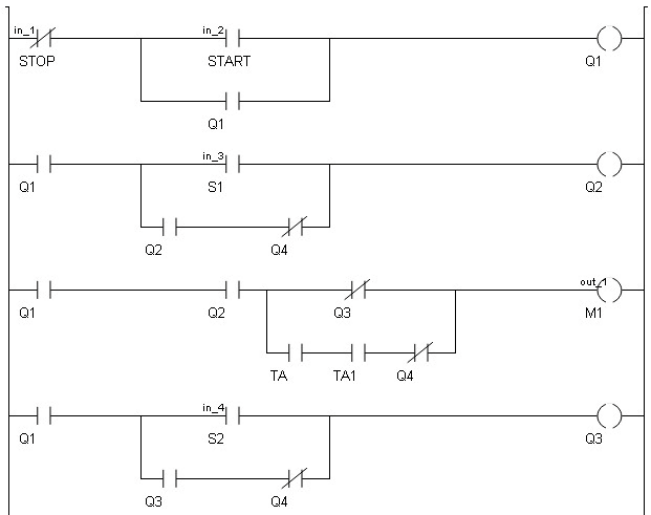


Fig. 1 Diagrama escalera de paro y arranque, además de la activación del motor y bomba surtidora.

Cabe destacar que, en la configuración en cascada de las señales de entrada de los sensores nivel bajo y alto hacen que inicie el proceso de llenado y calentado para que la mezcla este a la temperatura deseada y esté lista para el llenado de recipientes en la banda transportadora, sin embargo se

encuentra con una limitación en la detección del niveles, ya que los sensores IR no detectan correctamente al agua, razón por la cual se acopla un pequeño sistema tipo flotador de material blanco, con una pequeña guía para mantere el curso del flotador, de esta manera se soluciona el problema de la detección de niveles, siendo una respuesta simple que en la industria se puede aplicar de formas práctica para este tipo de procesos.

La lógica de los sensores de nivel alto que está dada por la entrada SH y bajo que está dada por la entrada SL es que siempre que el nivel bajo detecte que el tanque este vacío comienza el llenado del tanque y el llenado se detiene cuando llega al nivel alto, comenzando el proceso de calentado.

En la Figura (2) se muestra la configuración de los niveles alto y bajo.

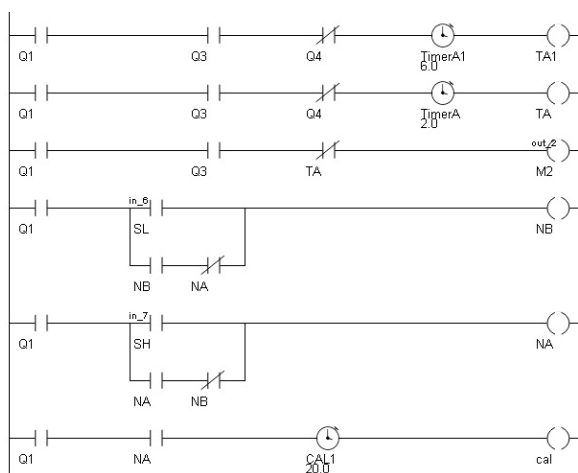


Fig. 2 Diagrama de control de los niveles de agua.

El proceso de calentado dura 50 segundos ya que solo se busca el tener una temperatura en un rango de 25 a 35 grados, el encargado de activar la resistencia es el relevador, donde se le manda un señal la cual es la encargada de activar y desactivar la resistencia cuando pase el tiempo y la salida número 5 es la bobina encargada de realizar dicho trabajo con el relevador como se muestra en la Figura (3), con esta configuración de tiempo sustituimos el uso del sensor de temperatura.

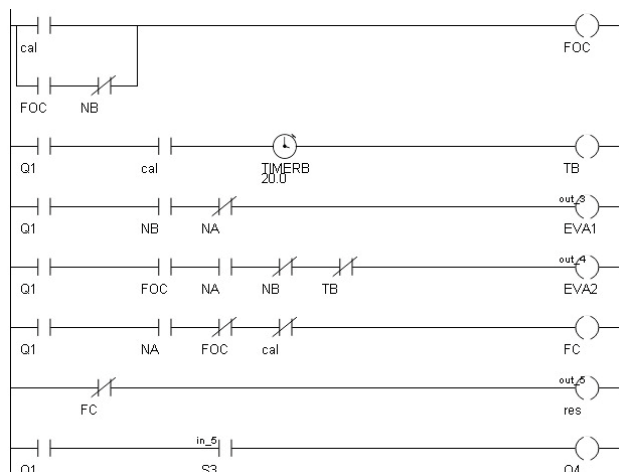


Fig. 3 Diagrama escalera de activación de la resistencia para calentar la mezcla.

Por medio del programa Proteus se realizó una conexión para ver el funcionamiento de los motores con el puente h y replicarlo para las bombas.

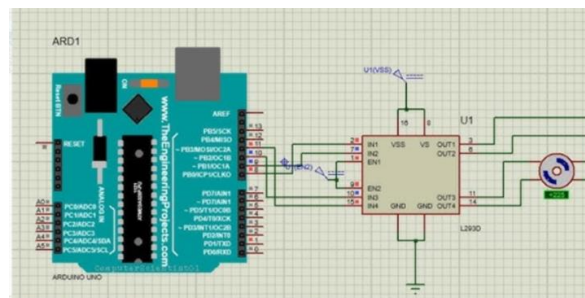


Fig. 4. Conexiones físicas entre Arduino Mega, puente H y motorreductor.

En la primera aproximación del prototipo de la banda transportadora se cuenta con una numerosa cantidad de conexiones entre el Arduino Mega, el puente H L293D, los sensores IR, los botones de arranque, paro y el relevador, dichas conexiones nos generaron un mal funcionamiento de continuidad entre las señales de entrada con las de salida.

Se realiza un diseño de caja con MDF en corte laser para introducir todo el circuito de la banda transportadora. La caja contenedora, fabricada en MDF y cortada con láser, como se muestra en la Figura (5), permite ocultar y proteger tanto las conexiones como la circuitería del proyecto, además de darle una apariencia rústica y de estilo vintage.

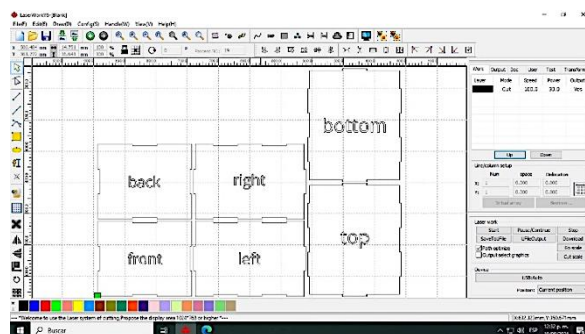


Fig. 5 Diseño de la cortadora laser para la caja de circuitería

De igual forma se realiza el diseño de la banda transportadora como se muestra en la Figura (6).

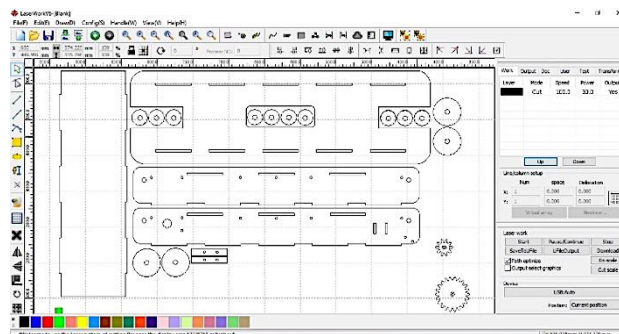


Fig. 6 Diseño de la cortadora laser de la banda trasportadora

Se diseña un sistema de canaletas para ocultar los cables y mantener una disposición limpia y organizada de las conexiones, evitando así el uso de cinta. El perfil diseñado para las canaletas se muestra en la Figura (7).

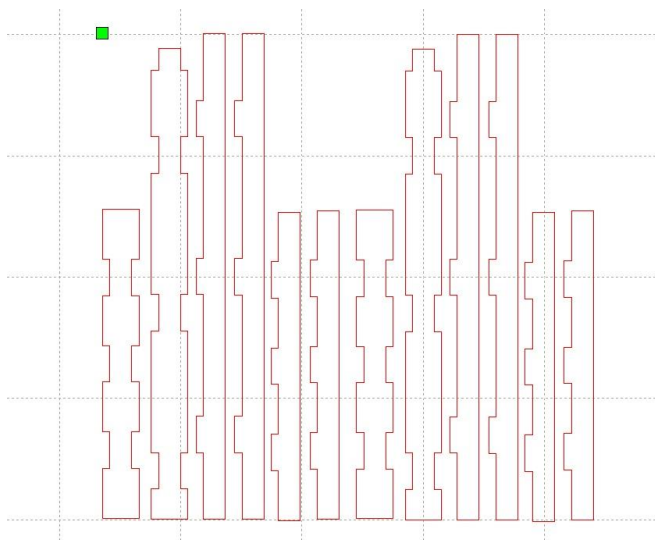


Fig. 7 Diseño de la cortadora laser de la banda transportadora

Se aplica una capa de pintura a las estructuras cortadas y se utiliza termofit para ocultar los cables de las bombas, evitando así que las soldaduras realizadas se desprendan. Además, se emplea cable calibre 12 para las conexiones de la resistencia, el relevador y la clavija, asegurando el correcto funcionamiento de la zona de calentamiento. El prototipo final se muestra en la Figura (6).



Fig. 8 Prototipo final, banda transportadora y sistema de control y despacho de líquido.

#### IV. DISCUSIÓN

El proyecto demuestra la viabilidad de utilizar lenguaje escalera para la programación de una banda transportadora en un entorno de Arduino. El uso del lenguaje escalera incluye distintas ventajas, como la optimización del diseño y la identificación de errores [4, 5].

Se evalúan posibles soluciones, como el uso de modelos alternativos de Arduino o modificaciones en el código fuente del software para resolver los problemas de compatibilidad.

La sección del diagrama en escalera diseñado para que la banda transportadora se fundamenta en el uso de bobinas internas, contactos asociados y temporizadores en cascada, lo que permite un control secuencial efectivo y facilita la

sincronización del sistema. Esta estructura modular no solo optimiza el diseño, sino que también simplifica la identificación y resolución de errores. Las ideas de mejora, como la inserción de un brazo robótico y la optimización de la gestión de cables, fueron desarrolladas en mayor profundidad, explicando cómo se implementarían y su impacto en el rendimiento del sistema.

#### V. CONCLUSIÓN

En conclusión, este proyecto demostró la viabilidad de integrar el control secuencial de una banda transportadora utilizando lenguaje escalera en un entorno de Arduino Mega. Con el uso de bobinas internas, temporizadores en cascada, relevadores, resistencias y sensores IR, se logró replicar un proceso automatizado de llenado, calentado y transporte, optimizando así la eficiencia del sistema. Sin embargo, se reconoció que podría haberse realizado un análisis más profundo de los resultados. Incluir métricas que midan la eficiencia del sistema y discutir con más detalle las limitaciones técnicas encontradas, como la incompatibilidad de algunas salidas del Arduino y la insuficiencia de la batería de 9V, que se solucionó usando una fuente regulable.

El proyecto resalta la flexibilidad del lenguaje escalera en aplicaciones de automatización industrial de bajo costo. Para futuras mejoras, consideramos integrar un brazo robótico para la colocación de recipientes, mejorar la estética de los recipientes para facilitar el manejo de los líquidos y optimizar la gestión de cables para evitar fallos. Además, explorar aplicaciones futuras permitirá ampliar el uso del sistema en contextos más variados, asegurando que el proyecto sea más robusto y aplicable.

#### REFERENCIAS

- [1] Geddes, M. (2017). *Arduino Project Handbook, Volume 2: 25 Simple Electronics Projects for Beginners*. No Starch Press.
- [2] Medina García, J. L., & Guadayol Cunill, J. M. (2021). *La automatización en la industria química*. Edicions UPC.
- [3] Huang, K. (2018). *Arduino for Embedded Systems: Building Real-Time Applications*. Springer.
- [4] Fiorini, L. (2017). *Arduino and Raspberry Pi Sensor Projects for the Evil Genius*. McGraw-Hill Education.
- [5] Antonsen, T. M. (2021). *PLC Controls with Ladder Diagram (LD)*, Monochrome: IEC 61131-3 and introduction to Ladder programming. BoD-Books on Demand.