



## Diseño y fabricación de una máquina desespinaadora y cortadora de nopales incrementando la productividad de los comerciantes (NOPALTEC)

***Gabriel Sauza Salinas, Jesús Eduardo Barocio Rodríguez, Marco Antonio Peña Aguilar, Brandon Nicolas Justo, Erick Martínez Álvarez***

### RESUMEN

El presente proyecto muestra los resultados obtenidos en el diseño y fabricación de una máquina desespinaadora y cortadora de nopal, empleando tecnología nacional, aprovechando en su totalidad la forma entera generando un mínimo de residuos y el desprendimiento de las espinas, dándole valor agregado en la etapa final de su cosecha, satisfaciendo la demanda del mercado, debido a que actualmente se realiza el desespinado y corte de nopal de forma manual, en consecuencia se presentan problemas tales como: desgaste físico, fatiga, baja producción y limpieza no uniforme.

La máquina por sus criterios de diseño es innovadora, segura y eficiente, ofreciendo solución a los problemas de la industria del nopal y sus derivados, siendo un producto viable, que ayudará a incrementar la producción, con una baja inversión, alta calidad y seguridad para el operador, debido a que el costo de las máquinas existentes en el país representa una mayor inversión para los agricultores o productores, siendo este nuestro mercado meta.

### ABSTRACT

This project shows the results obtained in the design and manufacture of a nopal de-spinning and cutting machine, using national technology, taking full advantage of the whole form, generating a minimum of waste and the detachment of the thorns, giving added value in the final stage of the harvest, satisfying the market demand, because currently the de-spinning and cutting of nopal is done manually, with the consequence of presenting problems such as: physical wear, fatigue, low production and non-uniform cleaning.

The de-spinning and cutting machine by its design criteria is innovative, safe and efficient that gives solution to the problems of the nopal industry and its derivatives, being a viable product, which will help to increase production, with a low investment, high quality and safety for the operator, because the cost of existing machines in the country represents a higher investment for farmers or producers, being this our target market.

**Palabras claves:** Desespinaadora; Cortadora; Limpieza; Calidad; Tecnología Nacional.

### INTRODUCCIÓN

El nopal es uno de los cultivos más representativos de México por su importancia económica, social y cultural, se tienen muchas variantes para poder consumir el nopal como en jugo, licor, tortillas, mermelada, medicamentos, gastronomía entre otros.

Con esta máquina se pretende aumentar la productividad al 100 %, incrementando los ingresos de los agricultores e industriales, considerando que las máquinas existentes en el mercado son de costos elevados, por tal motivo, no sería rentable para una pequeña y mediana empresa.

Se busca desarrollar un nuevo mercado para los productores de este ramo, generando una mejor calidad y confiabilidad para satisfacer sus necesidades.

El desarrollo de este proyecto consiste en diseñar y fabricar una máquina eficiente para la limpieza y el corte del nopal, con la cual el operador eliminará procesos manuales, ayudando a acelerar la productividad, que es una etapa indispensable para consumo humano. En esta se obtendrá una eficiencia aceptable del producto en su totalidad, optimizando los tiempos en estos procesos. Implementando materiales conforme a la norma "NOM-251-SSA1-2009" [1], asegurando la calidad y rendimiento de la máquina mediante la implementación de tecnología nacional.

### PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo surge de la necesidad que actualmente padecen comerciantes y campesinos al momento de desespinar y cortar nopales para su venta, presentando desventajas tales como: desgaste físico, baja producción y calidad.

Por lo anterior se desarrollará una máquina desespinaadora y cortadora de nopal que satisfaga las necesidades, que se adapten al espacio de los campesinos y comerciantes, con tiempos de producción más cortos, con altos estándares de calidad, garantizando una limpieza y un corte del nopal uniforme.

Este proyecto busca volver a las bases de la ingeniería y poder proporcionar una máquina de bajo costo a la industria alimentaria que cumpla con las normas de higiene y seguridad para evitar accidentes garantizando calidad en la venta del nopal.

TecNM - Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Departamento de Metal-Mecánica, gabriel.ss@tlalnepantla.tecnm.mx, Ingeniero Mecánico y Estudiantes de 9° Semestre de Ingeniería Mecánica.





## OBJETIVO

Diseñar y fabricar una máquina desespinaadora y cortadora de nopal con tecnología nacional que satisfaga las necesidades de los comerciantes y campesinos dedicados a la cosecha y venta del nopal.

## REFERENTES TEÓRICOS

Dentro de los métodos utilizados para el desespinado y corte del nopal se aplican los siguientes pasos [2]:

1. Los criterios para la selección del material vegetal consideran un nopal con color verde brillante y firme.
2. Se enjuagan los nopales con agua fría.
3. Con un pelador de verduras o cuchillo pequeño con filo, igual que si fuera un espárrago se procede a pelar los bultos o bordes y sus espinas, apoyando el nopal sobre una tabla de madera, después se enjuagan nuevamente. No se necesita pelar la piel verde oscura, más bien se debe dejar lo más intacta que se pueda.
4. Colocar el nopal sobre la tabla de madera y cortar 0.5 cm de la orilla y 1 cm de la base.
5. Después se corta el nopal en la forma y tamaño que se desee, también se puede dejar entero si se va a usar o agregar otro ingrediente encima.

Desde hace miles de años, la limpieza en los productos agrícolas es una práctica que poco se ha innovado desde entonces, ya que, hoy en día, se utilizan los mismos procesos manuales. No obstante, las máquinas que se han desarrollado no permiten una buena limpieza y calidad de la materia prima.

Existen dos tipos básicos de máquinas desespinaadoras y cortadoras de nopales son las siguientes [3]:

- Máquina desespinaadora NOPALLI.
- Máquina trazadora NOPALLI.

Máquina desespinaadora NOPALLI.

Este tipo de máquina ha sido diseñada considerando las diferentes variables que presenta, esta cuenta con diferentes ajustes de corte a fin de maximizar la eficiencia del desespinado.

Máquina trazadora NOPALLI.

Esta máquina complementa la desespinaadora y opera en forma independiente. Troza todas las variedades de nopal siempre y cuando no exceda de los 2.5 cm de espesor y 20 cm de ancho no importando el largo.

## METODOLOGÍA

Las actividades realizadas en el diseño y fabricación de la máquina desespinaadora y cortadora de nopales son las siguientes:

1. Estudio de mercado. Las actividades se iniciaron a partir de la información que el estudio pueda ofrecer. Esta contiene el análisis de las necesidades de dicho mercado, la magnitud de este, su ubicación geográfica y algunas otras características. Además, da una idea clara del precio que dichos usuarios o consumidores pueden pagar por el producto, que permita establecer si es variable en el mercado.
2. Características del producto. Se detectaron las necesidades del mercado a características generales del producto satisfactor, estableciendo los criterios de diseño, especificaciones y restricciones.
3. Dibujos previos. Se plasmaron en un bosquejo la mejor solución posible que muestre las formas y elementos de la desespinaadora y cortadora de nopales que den respuesta a los criterios de diseño establecidos.
4. Esquemas. Se utilizaron símbolos normalizados para la representación de la interacción de los elementos y mecanismos de la máquina desespinaadora que actúan en la transmisión de los movimientos a diversos sistemas y los controles de mando a distancia.
5. Cálculos. Se emplearon los procedimientos y técnicas para determinar la geometría, materiales y dimensiones de todos los componentes de la desespinaadora.
6. Dibujos de estudio. Se realizó el ensamble de todos los componentes, afín de detectar errores o faltantes en los elementos de máquina anteriormente calculados.
7. Prototipo. Consistió en la construcción de la desespinaadora utilizando diferentes procesos de fabricación tales como soldadura, corte, doblado y maquinados.
8. Pruebas de funcionamiento. Se realizó un programa de pruebas que permitieron satisfacer plenamente lo especificado inicialmente: voltaje de alimentación, velocidad, consumo de energía, vibración, capacidad de producción. En caso de que alguna prueba resultara insatisfactoria se ejecutan los ajustes y modificaciones pertinentes.
9. Dibujos a detalle. Se definió cada una de las piezas que forman la máquina (estructura, husillo, motor eléctrico, poleas, catarinas, banda, rodajas, etc.) estableciendo sus formas geométricas, dimensiones nominales, tolerancias, material de que está fabricada cada pieza, tratamientos y acabados en su caso para cada elemento.
10. Dibujos de conjunto. Se plasmo la relación física que guardan los elementos que lo integran, la identificación con números o



letras de cada una de las piezas que forman los sistemas y se muestran los números que intervienen en cada conjunto.

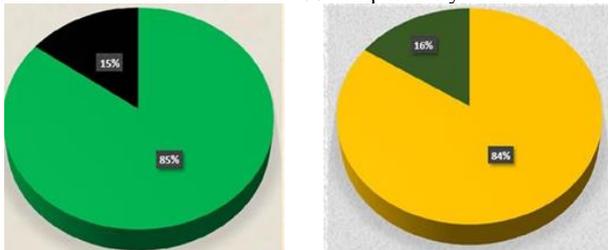
11. Manual de usuario. Se aseguro el buen funcionamiento de la máquina con un manual que contiene toda la información necesaria para que el usuario la pueda operar sin problema alguno.

12. Estudio económico. Se llevo a cabo el presupuesto de los ingresos y egresos en la elaboración de la máquina para conocer el costo de fabricación estándar.

## RESULTADOS

### 1. Estudio de mercado

Con este estudio se evaluó si el producto es viable en el mercado enfocándolo a los campesinos y comerciantes ubicados en la CDMX y Estado de México, utilizando como herramienta la encuesta con una serie de preguntas abiertas y cerradas. Se calculó el número de encuestas a realizar utilizando la ecuación para calcular el tamaño de muestra para poblaciones finitas, dándonos como resultado una muestra de 100 campesinos y comerciantes.



*Figura 1. Resultados de la encuesta: a) ¿Qué método ocupan para desespinar nopales? b) ¿Le gustaría una máquina con tecnología nacional que limpie y corte los nopales con base en calidad y normatividad? (Gráficas realizadas por los alumnos).*

Con base a los datos obtenidos anteriormente por la encuesta realizada, La mayoría de los consumidores de nopal prefieren obtenerlo con un proceso de limpieza previo, ya que esto hace más fácil su uso. De acuerdo a esto el 85 % de los encuestados desespinan el nopal de manera manual y un 84 % estaría dispuesto a invertir en una máquina limpiadora e innovadora, Por lo tanto, es viable la fabricación de la máquina desespinaadora y cortadora de nopales debido a su interés en el mercado existente.

### 2. Características del producto

Criterios de diseño:

- Fácil operación.
- Económica.
- Mínimo mantenimiento.
- Fácil limpieza.
- Segura.
- Fácil transportación.

- Diseño compacto.

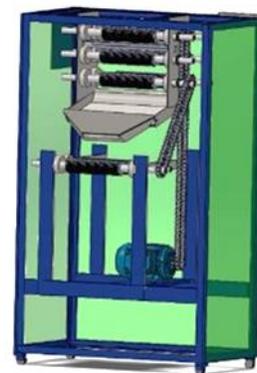
Tamaño:

- Ancho: 41 cm.
- Largo: 70 cm.
- Altura: 118 cm

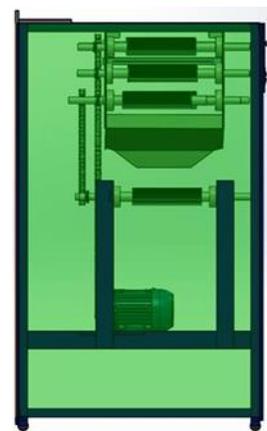
Limpiar y cortar aproximadamente 400 nopales en 10 min.

### 3. Dibujos previos

A continuación, se presenta la mejor solución planteada en un dibujo que muestra las formas y elementos de la boleadora de masa que dan respuesta a los criterios de diseño antes citados (Figura 2 y 3).



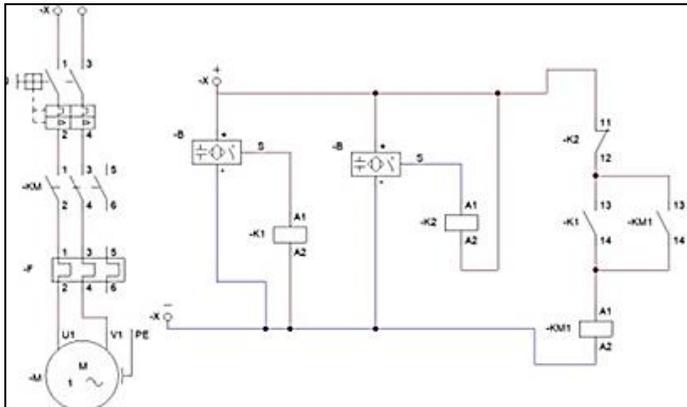
*Figura 2. Vista en isométrica (Diseño realizado por los alumnos).*



*Figura 3. Vista posterior (Diseño realizado por los alumnos).*

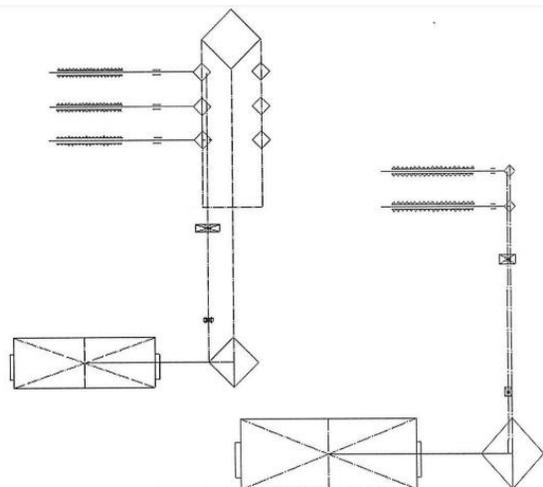
### 4. Esquemas

Los esquemas necesarios para la operación de la máquina desespinaadora y cortadora de nopales (Figura 4 y 5) son:



SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	MOTOR MONOFASICO
	RELE TERMICO
	CONTACTOR
	PULSADOR (N.C.)
	BOBINA
	CONTACTO (N.A.)

Figura 4. Esquema eléctrico (Esquema realizado por los alumnos).



SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	RODAMIENTOS
	MOTOR
	CATARINAS
	JUEGO DE CADENA
	MECANISMO DESESPINADORES
	MECANISMO CORTADORES

Figura 5. Esquema cinemático (Esquema realizado por los alumnos).

### 5. Cálculos [4]

Se realizó diferentes cálculos de los diversos componentes de la máquina los cuales fueron: potencia del motor, estructura, rodillos, transmisión por cadena, rodamientos, tornillos y componentes eléctricos. (Figura 6).

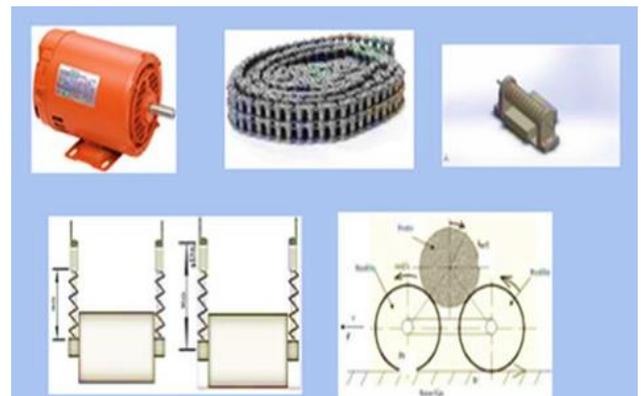


Figura 6. Calculo y selección de elementos normalizados. (Diseños realizados por los alumnos).



## 6. Dibujos de estudio

Se muestran los dibujos que nos permiten visualizar la integración de todos los elementos (Figura 7 y 8).

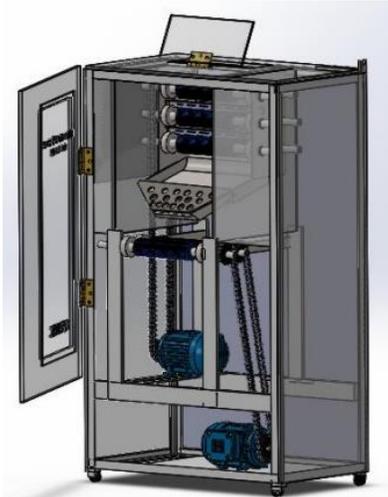


Figura 7. Vista frontal (Diseño realizado por los alumnos).

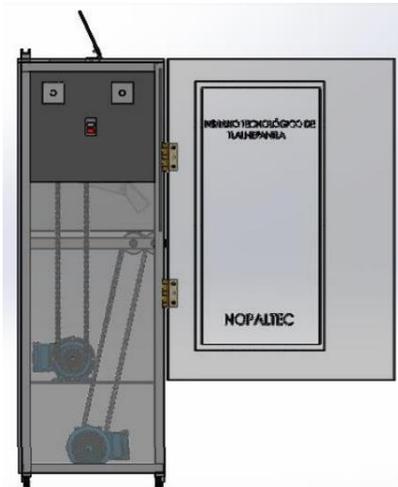


Figura 8. Vista lateral (Diseño realizado por los alumnos).

## 7. Prototipo

Se muestran las fotografías que nos permiten apreciar el ensamble de los componentes que conforman la máquina (Figura 9).



Figura 9. Vista frontal y lateral del prototipo (Fotografía tomada por los alumnos).

## 8. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas realizadas a la máquina desespindora y cortadora de nopales permiten verificar las características del producto planteadas.

### 8.1. Prueba de tensión de alimentación.

Se conecta el voltímetro entre las terminales del motor y se energiza este a la red de 120 volts de C.A.

La lectura del voltímetro tomada fue de 127.8 V, lo cual quiere decir que está dentro del rango de lo establecido en la norma para molinos mezcladores NMX-O-122-1976 que indica que el motor debe operar a una tensión monofásica de 120 V. de C.A. con una tolerancia de  $\pm 10$  [5] (Figura 10).



Figura 10. Prueba de tensión de alimentación (Fotografía tomada por los alumnos).

### 8.2. Prueba de consumo de energía.

Se energiza el motor a la red de alimentación de 120 volts de C.A., estando en funcionamiento la máquina a plena carga, se mide la corriente en cualquier fase.

El resultado fue un consumo de corriente de 0.40 A, quedando dentro del rango establecido en la norma para molinos mezcladores.



### 8.3. Prueba de limpieza.

Se realizó la limpieza utilizando líquidos satinados para la desinfección de todos los elementos que están en contacto directo con los nopales y así mismo prolongar la vida útil de la máquina, asegurando una calidad óptima de los alimentos frente a influencias químicas garantizando la higiene del nopal al consumirlo (Figura 10).



Figura 11. Prueba de limpieza. (Fotografía tomada por los alumnos).

### 8.4. Prueba de capacidad de producción.

Se enciende la máquina y se procede a ingresar los nopales por la parte superior de la máquina donde se ubican los rodillos desespinares para que empiece la limpieza de los nopales, al terminar de desespinar cae por una resbaladilla para que pase por las cuchillas y corte en trozos, con esto comprobamos que tiene un aumento de producción de 40 nopales por minuto (Figura 12).



Figura 12. Prueba de capacidad de producción. (Fotografía tomada por los alumnos).

## 9. Dibujos de detalle

A continuación, se muestran los dibujos de los componentes de la Desespinaadora de nopales (Figura 13, 14 ,15).

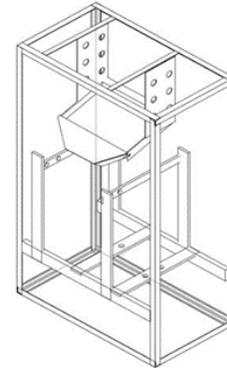


Figura 13. Estructura de la máquina (Diseño realizado por los alumnos).



Figura 14. Rodillos desespinares (Diseño realizado por los alumnos).

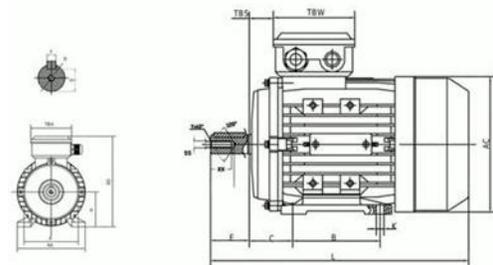


Figura 15. Motor eléctrico monofásico (Diseño realizado por los alumnos).

## 10. Dibujos de conjunto

Se muestra un dibujo que muestra todos los componentes de la desespinaadora y cortadora de nopales (Figura 16) (Tabla 1).

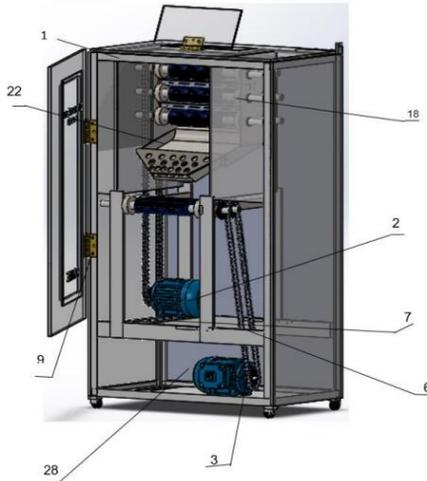


Figura 16. Conjunto de componentes (Diseño realizado por los alumnos).

Tabla 1. Componentes de la máquina desespinaadora y cortadora de nopales.

Ø	CANT	DENOMINACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	1	ESTRUCTURA	ANGULO	TODAS LAS PARTES DE LA ESTRUCTURA SE SOLDARON
2	2	MOTOR	SOLERA 1X1	
18	18	PORTABALEROS	COLD ROLLED	
8	4	TONILLO TORNILLO CABEZA HEZAGONAL DE 5/16	ACERO	SE USAN PARA SOPORTAR EL MOTOR
7	4	TUERCA HEXAGONAL DE 5/16		SUJETA MOTOR
9		REMACHES		SE USAN PARA SOPORTAR LA LAMINA
13	1	"ARRANCADOR MANUAL"	PLASTICO	
15	4	"RUEDA"	LAMINA TROQUELADA	
14	1	"VARIADOR DE FRECUENCIA"		
22	1	RESBALADILLA	ACERO INOX	
3	1	EJE PARA CATARINA	ACERO	CONSTITUYE AL MECANISMO DE LA MAQUINA

## DISCUSIÓN

Se pretende ofrecer a los comerciantes y campesinos de México una máquina eficiente que acelere el proceso de la limpieza y corte del nopal mediante tecnología nacional que permita un aumento de la producción y reducción de tiempo, que sea económica, segura, eficiente, innovadora basando su diseño hacia todo tipo de empresas o comercios con la finalidad de ser productivos y cumplir con la demanda del cliente, reduciendo costos de mantenimiento con una limpieza uniforme permitiendo una mayor durabilidad del equipo, basándose en normatividad y utilizando materiales normalizados tal como es el acero inoxidable grado alimenticio T-304.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se llega a la conclusión que la máquina desespinaadora y cortadora de nopales es un producto viable y de calidad, que ayudará a los campesinos y comerciantes a incrementar su producción con un mínimo de inversión ya que el costo de fabricación estándar obtenido nos garantiza que el precio de venta de nuestra máquina estará muy por debajo de las máquinas que se comercializan en el mercado nacional. La máquina es un producto innovador y de bajo costo, que busca apoyar a todo tipo de empresas dedicadas a la venta y distribución de nopales, debido a que garantiza una limpieza y corte de calidad y uniforme. Ya que su capacidad para desespinar y cortar va desde 1 hasta 40 nopales por minuto, asegurando una mayor producción por arriba de lo que se obtiene en forma manual, además es de fácil operación ya que cuenta con un interruptor ON/OFF, un variador de frecuencia y un botón de paro de emergencia por si se llegará a atorar o atascar el nopal esto con el fin de no afectar el funcionamiento de los rodillos y cortadores, garantizando que cumpla con las normas de seguridad y calidad para el operador. La máquina es de tamaño compacto para espacios de trabajo pequeño y su mantenimiento será mínimo, debido a que solo se enfoca a lubricar las piezas móviles y reemplazar solo aquellas que cumplan con su vida finita. Además, es de fácil transportación ya que cuenta rodajas fijas y móviles para poderla desplazar con mínimo esfuerzo de un lugar a otro.

Cabe mencionar que la máquina está en proceso de registro de marca (NOPALTEC), y en búsqueda de innovación tecnológica para que se pueda otorgar el registro como modelo de utilidad o patente según sea el caso ante el IMPI para su protección intelectual [6].

De igual manera se está trabajando en el plan de negocios para que pueda crecer dicho proyecto y pueda llegar a las empresas, centrales de abasto o aquellas personas que satisfaga y cumpla con sus necesidades y estén dispuestas en invertir en la máquina. Por todo lo anterior podemos asegurar que la desespinaadora y cortadora de nopales es un desarrollo tecnológico que busca atender las necesidades de los campesinos y comerciantes a nivel local, estatal y nacional.

## REFERENCIAS

- [1] Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009.
- [2] "Nopales: cómo limpiarlos y cocinarlos - Pati Jinich en español". Pati Jinich en español. <https://patijinich.com/es/nopales-como-limpiarlos-y-cocinarlos/>.
- [3] "NOPALLI". biouniverso agrícola - Inicio. <http://biouniversoagricola.com.mx/nopalli.html>
- [4] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.



[5] “Molinos Mezcladores-Trituradores Industriales”, Norma Mexicana NMX-O-122-1976.

[6] "Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial | Gobierno | gov.mx". El portal del gobierno. | gov.mx. <https://www.gob.mx/impi>

### INFORMACIÓN ACADEMICA

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

**Jesús Eduardo Barocio Rodríguez:** Estudiante de noveno semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

**Marco Antonio Peña Aguilar:** Estudiante de noveno semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

**Brandon Nicolas Justo:** Estudiante de noveno semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

**Erick Martínez Álvarez:** Estudiante de noveno semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica en el TecNM – Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

