



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
“TOSTADA TIPO JALISCO”, A NIVEL INDUSTRIAL

REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTO QUE COMO TRÁMITE
INICIAL PARA LA EVALUACIÓN PROFESIONAL DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL, PRESENTA:

JOSE DAVID CORTES MORENO

(47ª GENERACIÓN, NO. DE CUENTA:1725182).

ASESORES

DRA. MARÍA DOLORES MARIEZCURRENA BERASAIN

DR. AMAURY MARTÍN ARZATE FERNÁNDEZ

TOLUCA, ESTADO DE MEXICO. ENERO 2025

I.	Contenido	
II.	RESUMEN.....	8
III.	Definición y caracterización del problema, y su relación con el plan de estudios cursado.....	10
2.1.	Definición y caracterización del problema	10
2.2.	Tostadas.....	13
2.2.1.	Clasificación de tostadas	13
2.2.2.	Características de calidad.....	14
2.3.	Lugar de desarrollo del trabajo	15
2.4.	Materias primas usadas en la elaboración de las “tostadas tipo Jalisco”.....	19
2.4.1.	Materias primas	19
2.4.2.	Características de calidad de las “tostadas tipo Jalisco”	20
2.4.3.	Metodología de preparación.....	20
2.4.4.	Usos culinarios	20
2.4.5.	Importancia cultural	21
2.4.6.	Desafíos en la producción industrial.....	21
2.4.7.	Metodologías de mejora continua	22
2.4.8.	Adopción de tecnologías avanzadas	22
2.4.9.	Gestión de la cadena de suministro	23
2.4.10.	Prácticas sostenibles en la producción alimentaria	23
2.4.11.	Estudios previos y casos de éxito	23
2.5.	Relación del problema con el plan de estudios de IAI-2015 cursado	24
IV.	Análisis de las alternativas previas a la solución.....	35
3.1.	Optimización del uso de insumos y materias primas	35
3.2.	Automatización del proceso de producción	36
3.3.	Optimización del consumo energético.....	36
3.4.	Reducción de desperdicios y mejora del rendimiento	37
3.5.	Mejora en la gestión de inventarios.....	37
3.6.	Uso de materiales de empaque más económicos	38
3.7.	Economías de escala	38
3.8.	Reducción de costos laborales mediante capacitación y eficiencia operativa	38
V.	Solución implementada	40
VI.	Evaluación de la solución.....	43

5.1.	Desarrollo de la fórmula	43
5.2.	Preparación del Maíz	43
5.3.	Elaboración de la Masa de Harina de Maíz nixtamalizado	44
5.4.	Proceso de Tostado	44
5.5.	Evolución de la formulación desarrollada	45
5.5.1.	Propuesta 1 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”	45
5.5.2.	Propuesta 2 de la formulación de las “tostadas tipo jalisco”	46
5.5.3.	Propuesta 3 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”	47
5.6.	Desarrollo de ensayos con diferentes maquinarias	57
5.6.1.	Amasadora	62
5.6.2.	Troqueladora	66
5.6.3.	Deshidratadora	71
5.6.4.	Área de ventilación o reposo	75
5.6.5.	Freidora automática de frituras	77
5.6.6.	Estabilizador o enfriador 5 pasos	80
VII.	Resumen	84
VIII.	Conclusiones y sugerencias	89
IX.	Fuentes bibliográficas	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tostaderia “La empresa”, mujeres del maíz tostadas mexicanas raspadas (Fotografía: Gilberto Hernández)	16
Figura 2 Tostadas “Tipo Jalisco” mujeres del maíz tostadas mexicanas raspadas (Fotografía: Gilberto Hernández)	17
Figura 3 Tostada raspada (“Tipo Jalisco”) mujeres del maíz tostadas mexicanas (Fotografía: Gilberto Hernández)	18

ÍNDICE DE CUADROS

II. RESUMEN

El trabajo se realizó en la planta de nuevo desarrollo del consorcio "Pasión Mexicana S.A. DE C.V.", donde se identificaron deficiencias en los procesos de producción. Para mejorar estos procesos, se propuso un análisis detallado centrado en implementar mejoras mecánicas en las áreas de producción de tostadas y almacenamiento, con recomendaciones orientadas a optimizar la maquinaria y capacitar al personal. Además, se sugirió un plan para reducir los costos productivos. Durante los 7 meses de trabajo, se observó que algunos procesos podían mejorarse con un mayor cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y una capacitación más adecuada del personal. La incorporación de tecnologías avanzadas, como la automatización y maquinaria eficiente, contribuiría a mejorar los procesos, reducir tiempos de producción, minimizar desperdicios, y aumentar tanto la calidad como la productividad, adaptándose a las especificidades de la producción de tostadas.

Como resultado final tenemos que se seleccionó la prueba 3 como la formulación final debido a que cumplió con las especificaciones de calidad requeridas. Los ingredientes fueron harina de Maíz Base 10 (20 kg), agua (22 lt), sal (2.5 kg), cal (3.5 kg), almidón (10 kg), mezclado por 15 minutos, pH 11.5, 19 gr de textal, y 24 hr de reposo con una merma de 2-3 kg por batido, humedad de masa entre 10%-12%, y un costo de producción de \$2.00 por tostada.

En conclusión, la combinación de una formulación adecuada con mejoras tecnológicas permitió alcanzar las características solicitadas para la tostada, manteniendo un balance entre costos, calidad y volumen de producción.

ABSTRACT

The work was carried out at the new development plant of the consortium "Pasión Mexicana S.A. DE C.V.", where deficiencies were identified in the production processes. To improve these processes, a detailed analysis was proposed, focusing on implementing mechanical improvements in the tostada production and storage areas, with recommendations aimed at optimizing machinery and training personnel. Additionally, a plan was suggested to reduce production costs. During the 7 months of work, it was observed that some processes could be enhanced through better adherence to Good Manufacturing Practices (GMP) and more adequate staff training. The incorporation of advanced technologies, such as automation and efficient machinery, would contribute to process improvements, reduce production times, minimize waste, and increase both quality and productivity, while adapting to the specific requirements of tostada production.

As a result, test 3 was selected as the final formulation because it met the required quality specifications. Its ingredients included 20 kg of Maize Flour Base 10, 22 It of water, 2.5 kg of salt, 3.5 kg of lime, 10 kg of starch, mixed for 15 minutes, pH 11.5, 19 g of textal, and 24 hours of resting, with a batch loss of 2-3 kg, a dough moisture content between 10%-12%, and a production cost of \$2.00 per tostada. In conclusion, the combination of an appropriate formulation with technological improvements allowed the desired tostada characteristics to be achieved, maintaining a balance between cost, quality, and production volume.

III. Definición y caracterización del problema, y su relación con el plan de estudios cursado

2.1. Definición y caracterización del problema

La industria alimentaria mexicana es un sector dinámico y diverso, donde la producción de alimentos tradicionales es clave para la identidad cultural y la economía del país. Entre estos productos, la “tostada tipo Jalisco” destaca por su singularidad y versatilidad, siendo esencial en numerosos platillos y una opción popular en el mercado. Sin embargo, la creciente competencia y la necesidad de mantener altos estándares de calidad en un entorno globalizado han impulsado a las empresas a optimizar sus procesos productivos para reducir costos y mejorar la rentabilidad.

La reducción de costos en la fabricación es crucial para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento de las empresas del sector. Según García *et al.* (2020), las organizaciones deben adoptar un enfoque proactivo en la búsqueda de eficiencias operativas que no solo reduzcan gastos, sino que también mejoren la calidad del producto final. La fabricación de tostadas abarca diversas etapas, desde la selección de materias primas, como maíz y otros ingredientes aditivos, hasta los procesos de cocción, secado y envasado. Cada fase presenta oportunidades para implementar mejoras que generen ahorros significativos.

La adopción de tecnologías avanzadas, como la automatización y maquinaria eficiente, ha demostrado ser efectivas para optimizar procesos y reducir tiempos de producción (Martínez y Herrera, 2021). Asimismo, las metodologías enfocadas en la mejora continua permiten identificar y eliminar desperdicios, mejorar la calidad y aumentar la productividad (López y Martínez, 2019). Estas

metodologías proporcionan un marco estructurado adaptable a las particularidades de la producción de tostadas.

La gestión de la cadena de suministro también juega un papel importante en la reducción de costos. La optimización en la adquisición de materias primas y logística puede contribuir significativamente a mejorar la competitividad. Un enfoque colaborativo con proveedores puede resultar en condiciones favorables y reducir los costos operativos (Rojas *et al.*, 2022).

En un mundo donde la sostenibilidad y la responsabilidad social son cada vez más valoradas, las empresas deben implementar prácticas que promuevan el uso eficiente de los recursos y minimicen el impacto ambiental. El reciclaje de residuos y el uso de energías renovables no solo mejoran la imagen corporativa, sino que también pueden generar ahorros importantes (Pérez y Salas, 2020).

El presente trabajo, tuvo como objetivo analizar las estrategias para reducir costos en la fabricación de “tostadas tipo Jalisco” a nivel industrial, a través de una revisión exhaustiva de la literatura y el análisis de casos prácticos. Con ello, se logro ofrecer recomendaciones para mejorar la competitividad y promover un desarrollo más eficiente y sostenible.

Para fines de protección de datos y a solicitud de los dirigentes, el lugar donde se realizaron las prácticas se denomina “**La empresa**” a partir de este momento, aunque se permitirá sin restricción la publicación de los resultados obtenidos.

La implementación de estrategias de optimización en los procesos de fabricación de “tostadas tipo Jalisco”, como la adopción de nuevas tecnologías, la mejora en la gestión de la cadena de suministro y la aplicación de metodologías de gestión

de calidad se sugiere que concluye con una reducción significativa de costos operativos y una mejora en la calidad del producto final.

Reducir costos en la fabricación de “tostadas tipo Jalisco” es crucial por diversas razones, desde la sostenibilidad económica de las empresas hasta la preservación de tradiciones culinarias. En un entorno globalizado y competitivo, las empresas del sector alimentario deben optimizar sus procesos productivos para garantizar su viabilidad y crecimiento.

La reducción de costos además de mejorar los márgenes de ganancia también permite ofrecer productos a precios más competitivos. A pesar de la popularidad de la “tostada tipo Jalisco”, la industria enfrenta una creciente competencia local e internacional. Según López y Martínez (2019), la gestión eficiente de costos es vital para mantenerse competitivo en mercados con consumidores más exigentes y sensibles al precio.

Además, optimizar la cadena de suministro y mejorar los procesos de producción puede hacer un uso más racional de los recursos, especialmente en un sector donde la materia prima, como el maíz, es costosa y sujeta a fluctuaciones de precio. La investigación de García *et al.* (2020) demuestra que estas optimizaciones contribuyen a la sostenibilidad económica de las empresas.

El trabajo también busca promover prácticas sostenibles en la producción de tostadas. La preocupación por el medio ambiente ha cobrado gran relevancia, y las empresas que implementan procesos sostenibles no solo cumplen con las regulaciones ambientales, sino que también mejoran su imagen y reputación ante los consumidores (Pérez y Salas, 2020). La investigación sobre la reducción de

costos también puede enfocarse en el reciclaje de residuos y el uso de tecnologías que minimicen el impacto ambiental.

Por último, el estudio contribuirá a fortalecer la identidad cultural mexicana, al promover un producto que forma parte fundamental de la tradición gastronómica del país. La “tostada tipo Jalisco” no es solo un alimento, sino un símbolo de la rica herencia culinaria de México. Optimizar su producción garantizará su disponibilidad y accesibilidad en el mercado, preservando así su importancia cultural (Rojas *et al.*, 2022).

La investigación sobre la reducción de costos en la fabricación de “tostadas tipo Jalisco” es clave para mejorar la rentabilidad y competitividad de las empresas, promover prácticas sostenibles y preservar la identidad cultural mexicana. En suma, el trabajo busca proporcionar un marco de referencia para la implementación de mejoras significativas en la industria.

2.2. Tostadas

Las tostadas son un tipo de alimento que se elabora principalmente a partir de maíz o trigo, caracterizadas por su textura crujiente y su versatilidad en la gastronomía. Generalmente, se obtienen al hornear o freír tortillas de maíz o de trigo, lo que les proporciona un sabor distintivo y las convierte en un acompañamiento popular en diversos platillos mexicanos, como tacos, ceviches y antojitos (Ríos, 2018).

2.2.1. Clasificación de tostadas

Las tostadas pueden clasificarse de acuerdo con diferentes criterios, mismos de los que se habla a continuación.

a. Por ingrediente base

- **Tostadas de maíz:** hechas a partir de tortillas de maíz, son las más comunes y pueden elaborarse con diferentes variedades de maíz (blanco, amarillo o azul).
- **Tostadas de maíz-trigo (híbridos):** elaboradas con harina de trigo, estas tostadas suelen tener una textura más suave y un sabor diferente, siendo menos crujientes que las de maíz.

b. Por el método de preparación

- **Tostadas horneadas:** cocinadas en un horno, lo que les confiere una textura crujiente sin necesidad de añadir aceites, resultando en un producto más saludable.
- **Tostadas fritas:** sumergidas en aceite caliente durante su preparación, lo que les otorga una textura más rica y crujiente, aunque con un mayor contenido calórico (López, 2021).

c. Por el tamaño

- **Tostadas pequeñas:** generalmente utilizadas como aperitivos o bocadillos.
- **Tostadas grandes:** suele emplearse como base para platillos más elaborados, como tostadas de ceviche o tinga.

2.2.2. Características de calidad

Las tostadas de calidad se distinguen por diversas características que afectan su aceptación en el mercado:

a. Textura: deben ser crujientes al morderlas y no desmoronarse fácilmente. La textura es un factor crucial para la aceptación del producto (Martínez, 2020).

b. Sabor: el sabor debe ser agradable y puede variar según el tipo de maíz o trigo utilizado. La frescura de los ingredientes influye directamente en el sabor.

c. **Apariencia:** deben ser uniformes en tamaño y color. Las tostadas de calidad presentan un color dorado y una superficie lisa, sin quemaduras ni imperfecciones (González, 2019).

d. **Ingredientes:** la preferencia por ingredientes de alta calidad y la ausencia de aditivos artificiales son fundamentales. El uso de maíz nixtamalizado mejora el sabor y valor nutricional de las tostadas de maíz.

e. **Conservación:** deben tener un tiempo de vida adecuado sin perder frescura ni textura crujiente, aspecto esencial para su distribución y venta en el mercado (Salas, 2020).

2.3. Lugar de desarrollo del trabajo

El lugar donde se llevó a cabo el trabajo a partir de este momento se denominará “La empresa”. Esta decisión se toma por razones de protección de datos y a solicitud de los dirigentes de la industria. No obstante, se ha permitido publicar los datos trabajados con fines de titulación.

“La empresa” es una microindustria dedicada a la producción de alimentos típicos mexicanos, principalmente derivados del maíz, así como salsas, moles y otros productos regionales. Su enfoque se centra en la utilización de ingredientes frescos y tradicionales, con el objetivo de preservar recetas auténticas. Además, suelen priorizar la calidad y el sabor, apelando a la rica tradición culinaria de México.

En la Figura 1 se muestra la imagen de la familia original que desarrolló dicha industria.



Figura 1. Tostadería “La empresa”, *Mujeres del maíz*, tostadas mexicanas raspadas (Fotografía: Gilberto Hernández)

La cocina tradicional mexicana fue declarada *Patrimonio Cultural Inmaterial* por la UNESCO en 2010, lo que representa un orgullo, ya que las historias ancestrales forjadas con maíz siguen vivas y se comparten en la mesa. Este es el caso de la cocinera tradicional detrás de “La empresa”. La presidencia municipal de Ahualulco del Mercado ha sido testigo de los 30 años de trayectoria de “La empresa”, que comenzó vendiendo tostadas raspadas.

Las tostadas raspadas son un platillo típico del sur de Jalisco. La propietaria, originaria de San Juan Espanatica, se trasladó a Ahualulco hace más de tres décadas tras casarse y ha hecho de este lugar su hogar. Aunque su familia se dedicaba a la recolección de tunas, el uso del metate era común en su hogar. Ella recuerda cómo solía subir al camión desde temprano, cargando sus cajas de tostadas, y recorrer el pueblo hasta agotar su venta. Hoy, aunque ha entrado en edad y ya no puede caminar con facilidad, ha ganado popularidad por su producción, tanto que son los clientes quienes la buscan.

Hace 16 años, se integró a las *Mujeres del maíz* y, a sus 71 años, fue nombrada Mujer de Fuego. Una de las visiones iniciales del proyecto, que surgió en 2003, era que las mujeres eventualmente se separarían del grupo para emprender sus propios caminos.

La propietaria de “La empresa” solicitó apoyo al Gobierno de Jalisco, pero ante la negativa, decidió emprender por su cuenta y finalmente logró establecer su tostadería. Durante la semana, se pueden encontrar tostadas raspadas (Fig. 2), mientras que los sábados y domingos ofrecen las arregladas, que se preparan con cueritos, salchichón, cerdo deshebrado y otras recetas, como huaraches rellenos de requesón. Además, como postre, presentan la sollamada, una tostada más pequeña que se seca en el comal se unta con cajeta o miel y se espolvorea con queso seco.



Figura 2. “Tostadas tipo Jalisco”, *mujeres del maíz*, tostadas mexicanas raspadas (Fotografía: Gilberto Hernández)

La técnica prehispánica que la propietaria de “La empresa” domina, tendrá continuidad en manos de su familia, quienes la acompañan en la tostadería y han aprendido los secretos del ingrediente que comienza perfumándose en el nixtamal,

requiere dominio del fuego y los tiempos de cocción sobre el comal y la pericia para bajarla al metate a raspar antes de freírla en aceite de maíz (Fig. 3).



Figura 3. Tostada raspada (“Tipo Jalisco”), *mujeres del maíz*, tostadas mexicanas (Fotografía: Gilberto Hernández)

En la actualidad, “La empresa” forma parte de un grupo especializado en la gastronomía y la cultura mexicana denominado “mujeres del maíz”, que incluye diversas microindustrias con el propósito de apoyarse mutuamente. Desde 2007, el grupo ha explorado alternativas para desarrollar marcas, esquemas de producción, sistemas de distribución y más.

Entre las características clave del grupo destacan:

- **Autenticidad:** se enfoca en ofrecer platillos tradicionales, resaltando recetas regionales y técnicas culinarias auténticas.
- **Calidad de ingredientes:** utiliza ingredientes frescos y de alta calidad, con el objetivo de preservar el sabor y la frescura de cada platillo.
- **Diversidad de menú:** Ofrece una amplia variedad de opciones que abarcan diferentes regiones de México, lo que permite a los clientes experimentar una rica gama de sabores.

- **Cultura y tradición:** además de la gastronomía, promueven la cultura mexicana a través de eventos, festivales y actividades que celebran las tradiciones del país.
- **Compromiso social:** algunas de las iniciativas del grupo incluyen el apoyo a productores locales y la promoción de prácticas sostenibles en el ámbito gastronómico.

La producción de “tostadas tipo Jalisco” es una parte fundamental de la cultura alimentaria mexicana, destacándose por su versatilidad y amplia aceptación en diversas formas de preparación. A medida que la demanda por este producto ha aumentado, también han surgido desafíos relacionados con su producción industrial, particularmente en lo que respecta a costos y eficiencia. Este contexto ha impulsado a la industria a explorar diversas estrategias para optimizar sus procesos de fabricación, incluso se llegó a ampliar tanto la producción que se abrió una sucursal en Tlalnepantla, Estado de México.

2.4. Materias primas usadas en la elaboración de las “tostadas tipo Jalisco”

Las tostadas tipo Jalisco son una variedad muy apreciada en la gastronomía mexicana, especialmente en el estado de Jalisco. Estas tostadas se caracterizan por su proceso de elaboración, textura crujiente y su versatilidad en el uso culinario.

2.4.1. Materias primas

- **Maíz nixtamalizado:** las tostadas tipo Jalisco se elaboran principalmente con maíz nixtamalizado, un proceso que no solo mejora su sabor, sino que también incrementa su valor nutricional.

- Sal: se añade una cantidad controlada de sal para realzar el sabor del producto (Ríos, 2018).

2.4.2. Características de calidad de las “tostadas tipo Jalisco”

- Textura: estas tostadas son notablemente crujientes, lo que las hace ideales como base para platillos como ceviches y tinga de pollo.
- Tamaño: suelen ser más grandes que otras variedades de tostadas, lo que les permite soportar una mayor cantidad de ingredientes (González, 2019).

2.4.3. Metodología de preparación

- Método de Preparación: generalmente se elaboran mediante fritura, lo que les otorga una textura rica y crujiente. Algunas variantes pueden ser horneadas, aunque la fritura es la técnica más común (Martínez, 2020).

2.4.4. Usos culinarios

Las “tostadas tipo Jalisco” se utilizan en diversos platillos, entre los que resaltan los que se mencionan a continuación.

- **Tostadas de ceviche:** funcionan como base para ceviches de pescado o mariscos, donde su textura crujiente complementa la frescura del ceviche (López, 2021).
- **Tostadas de tinga:** son populares cuando se combinan con pollo deshebrado en salsa de chipotle.
- **Botanas y aperitivos:** a menudo se sirven como aperitivos en reuniones familiares y celebraciones, evocando tradición y comunidad (Salas, 2020).

2.4.5. Importancia cultural

Las “tostadas tipo Jalisco” son más que un simple alimento; representan una parte importante de la cultura gastronómica de la región. Se asocian con festividades y reuniones familiares, destacando su papel en la cocina mexicana y su capacidad para adaptarse a las preferencias contemporáneas (Ríos, 2018).

Las “tostadas tipo Jalisco” son un reflejo de la riqueza de la gastronomía regional en México. Su sabor, textura y el uso de ingredientes de calidad las convierten en un alimento destacado en la cocina mexicana (Ríos, 2018).

La tostada, como producto, ha existido en México desde tiempos prehispánicos, evolucionando de su preparación tradicional a procesos más industriales a lo largo del siglo XX. Durante las últimas décadas, la producción de tostadas ha pasado de ser principalmente artesanal a adoptar métodos industriales, permitiendo así la escalabilidad y la estandarización del producto. Sin embargo, la transición a la producción industrial ha presentado retos significativos en términos de costo, calidad y sostenibilidad (Ríos, 2018).

2.4.6. Desafíos en la producción industrial

Con la industrialización, las empresas han enfrentado problemas relacionados con la variabilidad en la calidad de las materias primas, costos fluctuantes y la necesidad de adaptarse a un mercado cada vez más competitivo. La producción de tostadas depende principalmente de maíz, que presenta una serie de desafíos, incluyendo variaciones en el precio y la calidad debido a factores climáticos y económicos (González *et al.*, 2020). Estos desafíos han llevado a una creciente preocupación por la eficiencia en la producción y la reducción de costos. Considerando el tiempo que conlleva el proceso de elaboración de la

tostada a un nivel industrial el cual se busca un costo óptimo en mano de obra y una buena ganancia ante la competitividad del mercado con las nuevas tecnologías en maquinaria.

2.4.7. Metodologías de mejora continua

Las metodologías de mejora continua han demostrado ser efectivas en la reducción de costos en diversas industrias, incluida la alimentaria. Algunas se enfocan en la eliminación de desperdicios, la mejora de la eficiencia, y la reducción de la variabilidad y mejorar la calidad (Womack y Jones, 1996). La literatura sugiere que la implementación de estas metodologías en la producción de alimentos puede resultar en mejoras significativas. Por ejemplo, un estudio de caso en una planta de producción de tortillas en México mostró que la adopción de Lean Manufacturing permitió una reducción de costos del 20% en un año (Vásquez, 2019).

2.4.8. Adopción de tecnologías avanzadas

El avance tecnológico ha transformado la industria alimentaria, permitiendo a las empresas adoptar procesos más eficientes. La automatización, el uso de maquinaria avanzada y la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real han revolucionado la producción. Según Martínez y Herrera (2021), la automatización en la producción de alimentos no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el riesgo de errores humanos y optimiza el uso de recursos. La aplicación de tecnologías de cocción y secado, específicamente diseñadas para productos como la tostada, se ha convertido en un punto crítico para reducir costos y mantener la calidad.

2.4.9. Gestión de la cadena de suministro

La gestión de la cadena de suministro es otro factor clave en la reducción de costos. Una cadena de suministro bien gestionada puede disminuir significativamente los costos logísticos y operativos. Según Rojas *et al.* (2022), una coordinación efectiva entre proveedores y fabricantes es esencial para minimizar costos y garantizar la calidad de las materias primas. En el caso de la producción de tostadas, el abastecimiento de maíz de alta calidad y la optimización en la logística de distribución son vitales para asegurar un producto competitivo tanto en el mercado nacional como en el extranjero.

2.4.10. Prácticas sostenibles en la producción alimentaria

La sostenibilidad se ha convertido en un enfoque central en la industria alimentaria, impulsando a las empresas a adoptar prácticas más responsables. Pérez y Salas (2020), argumentan que la implementación de procesos sostenibles puede resultar en ahorros de costos significativos a largo plazo. En la producción de tostadas tipo Jalisco, esto incluye la gestión de residuos, el reciclaje de subproductos y el uso de energía renovable. Empresas que han adoptado prácticas sostenibles han reportado no solo beneficios económicos, sino también una mejora en su imagen ante los consumidores, lo que puede resultar en un aumento en la demanda (Zhou *et al.*, 2021).

2.4.11. Estudios previos y casos de éxito

Varios estudios han abordado la reducción de costos en la producción alimentaria. Un estudio realizado en una planta de producción de tortillas y tostadas en Jalisco reveló que la combinación de mejoras en la cadena de suministro y la adopción de tecnologías avanzadas resultó en una reducción de

costos del 25% en un período de dos años (Martínez, 2021). Estos casos de éxito subrayan la importancia de un enfoque integral que combine diversas estrategias para lograr resultados significativos.

La revisión de los antecedentes revela un panorama en el que la producción de “tostadas tipo Jalisco” ha evolucionado hacia una mayor industrialización, enfrentando desafíos significativos que requieren la implementación de estrategias efectivas para la reducción de costos. La combinación de metodologías de mejora continua, tecnologías avanzadas, gestión eficiente de la cadena de suministro y prácticas sostenibles son factores críticos que pueden influir en la competitividad y sostenibilidad de la industria. Este contexto justifica la necesidad de investigar más a fondo las estrategias de reducción de costos en los procesos de fabricación de “tostadas tipo Jalisco”.

2.5. Relación del problema con el plan de estudios de IAI-2015 cursado

El trabajo se llevó a cabo en planta de nuevo desarrollo “Pasión Mexicana S. A DE C.V.”, en donde se detectaron deficiencias en los procesos de productivos en el área de Producción. Para tratar de solucionar y mejorar el proceso, se propuso realizar un análisis de mejoramiento mecánico en las áreas involucradas en producción de tostadas y almacenamiento, para finalizar con una serie de recomendaciones y después ser aplicadas en la maquinaria de producción y en su personal de trabajo. Además de sugerir un plan de mejora para minimizar los costos productivos.

El presente trabajo, se desarrolló durante una contratación de 7 meses, donde se observó que algunos de los procesos se podrían mejorar si se realizaran con mayor apego a las BPM y con capacitación entorno a los trabajadores

involucrados. Por tal motivo, para este trabajo se siguió el diagrama de flujo de la producción de tostadas y en cada parte del proceso se buscaron los puntos débiles y se hicieron las propuestas de mejora correspondientes en cada una.

Para satisfacer la necesidad expuesta al elaborar las diferentes recomendaciones para el área de producción “Pasión Mexicana S.A DE C.V.”, el plan de estudios de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Industrial de la Facultad de Ciencias Agrícolas proporciona las herramientas mediante diferentes Unidades de Aprendizaje. A continuación, se exponen las principales Unidades de Aprendizaje que tienen relación con el trabajo.

Cinco Unidades del Núcleo Básico Obligatoria: Matemáticas Básicas en Agronomía, Física del Movimiento, Agrometeorología Cuantitativa, Fisicoquímica y Termodinámica, Estadística y Probabilidad (Domínguez *et al.*, 2003).

Seis Unidades del Núcleo Sustantivo Obligatorias: Balances de Materia y Energía, Análisis de los Alimentos, Operaciones Unitarias, Manejo y Conservación de Granos, Electricidad Industrial, Ingeniería de Procesos (Domínguez *et al.*, 2003).

Cuatro Unidades del Núcleo Integral Obligatorias: Producción de Cultivos de Granos, Innovación y Desarrollo de Productos, Aditivos Agroindustriales, Envases y Embalajes (Domínguez *et al.*, 2003).

En el Cuadro No. 1 se describen las relaciones que existen entre los objetivos de cada una de las unidades de aprendizaje (UA) del Plan de estudios cursado de la Licenciatura de “Ingeniero Agrónomo Industrial” 2015, con el presente “Reporte de Aplicación de Conocimientos” desarrollado durante la estancia de Prácticas Profesionales.

Cuadro No. 1 Relación de las UA con el plan de estudio cursado “IAI 2015”

UA de Núcleo Básico Obligatorias		
Nombre de la UA	Objetivo de la UA	Relación de las UA con la reducción de costos en el proceso de fabricación de “tostada tipo Jalisco”, a nivel industrial
Matemáticas básicas en Agronomía	Analizar el lenguaje matemático para explicar fenómenos de las ciencias agrícolas a través de operaciones básicas de álgebra elemental, trigonometría, geografía y álgebra lineal	Las matemáticas juegan un papel crucial en la reducción de costos en la fabricación de tostadas, proporcionando herramientas y técnicas que permiten optimizar el uso de recursos, mejorar la calidad del producto, prever la demanda y gestionar de manera eficiente la producción y los inventarios.
UA del Núcleo Sustantivo Obligatorias		
Física del movimiento	Analizar las leyes que rigen el reposo y movimiento de los cuerpos. Explicar los conceptos de la física clásica visibles en fenómenos agrícolas	La física del movimiento tiene un papel clave en la optimización de procesos, el control de la energía utilizada, el mantenimiento de las máquinas y la eficiencia del transporte de materiales. El análisis y la aplicación de principios físicos en la producción de tostadas pueden ayudar a reducir el consumo de energía, minimizar el desgaste de los equipos, optimizar el tiempo de producción y mejorar la calidad del producto, lo que en conjunto contribuye significativamente a la reducción de costos
Agrometeorología cuantitativa	Explicar las condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas y contrastar su interrelación en los procesos de la producción agrícola y en el acondicionamiento de los procesos agroindustriales. Examinarlos	La agrometeorología cuantitativa tiene un impacto directo en la reducción de costos en la fabricación de tostadas al mejorar la producción de trigo, optimizar el uso de recursos naturales (agua, energía), planificar

elementos y factores del tiempo y el clima a través de los datos que se obtienen de las estaciones meteorológicas e inferir su relación con el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas. Comparar la dispersión espacio temporal de las variables agroclimáticas y determinar su influencia en el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos.

**Fisicoquímica
termodinámica**

y Explicar las propiedades físicas y químicas de la materia desde el punto de vista de su relación con la energía, el trabajo y sus estados de equilibrio, a través de magnitudes tales como la energía interna, la entalpia y los cambios de temperatura, la presión, el potencial químico, etc. Distinguir los procesos fisicoquímicos y termodinámicos que rigen el comportamiento de las propiedades de productos y procesos agrícolas y agroindustriales sometidos a gradientes de energía.

**Estadística
probabilidad**

y Usar las principales herramientas metodológicas de la estadística descriptiva para la organización, presentación e interpretación de datos, en el estudio de los fenómenos que se presentan en la agronomía. Verificar la base axiomática de la probabilidad de que ocurra un evento. Estudiar y usar las

mejor la cosecha y el almacenamiento, y prever las fluctuaciones de precios y disponibilidad de la materia prima. Gracias a las herramientas matemáticas y estadísticas que permiten modelar el comportamiento del clima y su impacto en los cultivos, se pueden tomar decisiones informadas que optimizan la cadena de suministro, reducen desperdicios y minimizan riesgos, lo que resulta en una producción más eficiente y de menor costo

La fisicoquímica y la termodinámica están estrechamente relacionadas con la reducción de costos en el proceso de fabricación de tostadas a través de la optimización de la cocción, el control eficiente del calor, la gestión de la energía y la mejora de la calidad del producto. Aplicando los principios de estas ciencias, se puede lograr un proceso de producción más eficiente, con menos desperdicio de energía y recursos, lo que se traduce en menores costos operativos y mayor rentabilidad para los fabricantes de tostadas.

La estadística y la probabilidad son herramientas poderosas para la reducción de costos en la fabricación de tostadas, ya que permiten optimizar la producción, controlar la calidad, prever la demanda, mejorar la gestión de recursos y minimizar riesgos. Al usar estos métodos, los fabricantes pueden

principales definiciones relacionadas con las pruebas de hipótesis estadísticas y los pasos que se siguen para su realización.

tomar decisiones informadas que no solo reducen costos operativos, sino que también mejoran la eficiencia, la productividad y la rentabilidad a largo plazo.

Balances de materia y energía

Explicar las leyes de la conservación de la materia y la energía que gobiernan los procesos de transformación de los productos agropecuarios. Formular y resolver ecuaciones de balance de materia y energía en diversas etapas de industrialización de la materia prima, en las que no ocurren reacciones químicas.

Los balances de materia y energía son herramientas fundamentales para optimizar el proceso de fabricación de tostadas y reducir los costos operativos. Mediante el control y análisis de los flujos de materiales y energía, los fabricantes pueden minimizar desperdicios, optimizar el uso de recursos, mejorar la eficiencia energética, reducir los tiempos de cocción, y mejorar la calidad del producto final, lo que contribuye directamente a la reducción de costos y a una mayor rentabilidad en el proceso de fabricación de tostadas.

Análisis de alimentos

Implementar los diferentes métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis y control de la producción de los alimentos. Distinguir los métodos de muestreo, toma y pretratamiento de muestras para diferentes tipos de alimentos. Analizar los principios y aplicaciones de las técnicas usadas en el análisis proximal de un alimento. Analizar los procesos fundamentales, la instrumentación y las aplicaciones de las principales técnicas fisicoquímicas aplicadas en alimentos. Discriminar y valorar las características y

Los análisis de alimentos están directamente relacionados con la reducción de costos en la fabricación de tostadas porque permiten un mejor control de calidad, optimización del uso de materias primas, energía, y procesos de producción, así como la mejor gestión de riesgos relacionados con la seguridad alimentaria. Implementando análisis adecuados, se pueden minimizar desperdicios, mejorar la eficiencia, garantizar productos de alta calidad y cumplir con las normativas de seguridad, lo que contribuye a

	<p>métodos para la evaluación sensorial de los alimentos.</p>	<p>una producción más rentable y menos costosa.</p>
<p>Operaciones unitarias</p>	<p>Examinar los procesos unitarios de transformación, que ocurren en la agroindustria, para verificar un intercambio de materia y/o energía. Diseñar procesos simples de estabilización de productos agropecuarios a través de la deshidratación, evaporación, concentración y freído. Maximizar el tratamiento térmico, con base en los principios de pasteurización y la esterilización para la conservación prolongada de los alimentos y su vida de anaquel. Proponer sistemas de molienda y mezclado de productos granulados. Estimar el impacto ambiental de los procesos unitarios proponiendo acciones para minimizarlo.</p>	<p>Las operaciones unitarias son esenciales para la fabricación de tostadas y pueden contribuir significativamente a la reducción de costos mediante una mejor optimización de recursos (materias primas, energía, mano de obra y tiempo). Al controlar y mejorar cada operación unitaria, como el tostado, la mezcla, el envasado, y la gestión de inventarios, se puede mejorar la eficiencia del proceso y reducir desperdicios, lo que resulta en una producción más rentable y competitiva. La clave está en optimizar cada una de estas operaciones para garantizar la mayor calidad al menor costo posible.</p>
<p>Manejo y Conservación de Granos,</p>	<p>Analizar las técnicas de postcosecha que permitan abordar el planteamiento y solución de problemas relacionados con la manipulación y conservación de granos y semillas en centros de acopio</p>	<p>El manejo y conservación de granos tiene un impacto directo en la reducción de costos en la fabricación de tostadas, ya que influye en la calidad de las materias primas, el rendimiento de la producción, la minimización de desperdicios, y el consumo de energía. Un adecuado manejo y almacenamiento de los granos garantiza que las materias primas sean aprovechadas de manera óptima, reduciendo desperdicios, pérdidas por deterioro, y costos adicionales asociados con plagas, contaminación o falta de eficiencia en</p>

Electricidad Industrial	<p>Implementar técnicas para la instalación, puesta en marcha y mantenimiento de equipos, sistemas e instalaciones eléctricas pequeñas y medianas agroindustriales cumpliendo con los estándares y recomendaciones de operaciones y las normas de seguridad.</p> <p>Distinguir y analizar las disposiciones de la normativa, la simbología técnica y la información contenida en planos estandarizados de electricidad industrial.</p> <p>Seleccionar motores de acuerdo con las necesidades que se pretenda satisfacer.</p>	<p>el proceso de producción. Todo esto contribuye a una producción más rentable y eficiente</p> <p>El uso eficiente de electricidad industrial está directamente relacionado con la reducción de costos en el proceso de fabricación de tostadas. Desde el control preciso de la temperatura en hornos eléctricos, hasta la automatización de procesos que optimiza el consumo energético y reduce los costos laborales, la electricidad tiene un papel clave en la optimización de la producción. Además, la adopción de tecnologías de energía renovable, el mantenimiento eficiente de los equipos y el control inteligente del consumo eléctrico permiten reducir gastos operativos, mejorar la eficiencia energética y, finalmente, disminuir los costos generales de producción. Esto se traduce en una mayor rentabilidad y competitividad en la industria de las tostadas</p> <p>La ingeniería de procesos juega un papel fundamental en la reducción de costos en la fabricación de tostadas al optimizar cada etapa del proceso productivo. Desde el diseño eficiente de la línea de producción, la minimización de desperdicios, hasta el uso eficiente de recursos (materias primas, energía, tiempo, y mano de obra), la ingeniería de procesos garantiza que la producción de tostadas se realice de manera</p>
Ingeniería de Procesos	<p>Diseñar procesos agroindustriales de producción optimizados y sustentables para pequeñas y medianas empresas agroindustriales.</p>	

eficiente, rentable y sostenible. La automatización, la mejora en la gestión de inventarios, y la aplicación de tecnologías innovadoras son algunas de las principales estrategias utilizadas para lograr una reducción de costos significativa, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para la empresa.

UA de núcleo integral obligatorias

Innovación y Desarrollo de Productos	<p>Diseñar y valorar la factibilidad en el mercado de productos agroindustriales innovadores para ofertar alternativas de consumo diferentes a las ya existentes.</p> <p>Analizar las tendencias del mercado a nivel mundial, regional y nacional, las diferentes etapas del desarrollo de un nuevo producto y las técnicas administrativas y científicas para lograr el desarrollo con el concepto de Calidad Total y Competitividad en un contexto de globalización.</p> <p>Elaborar la fórmula de un producto cumpliendo con las especificaciones nutricionales, funcionales, económicas y sensoriales de los ingredientes, tomando en consideración la Seguridad Alimentaria</p>	<p>La innovación y el desarrollo de nuevos productos juegan un papel esencial en la reducción de costos en el proceso de fabricación de tostadas. Al introducir nuevas recetas, tecnologías de producción más eficientes, envases innovadores y productos diferenciados, las empresas pueden no solo reducir costos operativos (como materias primas, energía y mano de obra), sino también aumentar la competitividad, mejorar los márgenes de ganancia y satisfacer de manera más efectiva las demandas cambiantes del mercado. Esto no solo se traduce en una reducción directa de costos, sino también en una mejora de la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo</p>
Producción de Cultivos de Granos	<p>Realizar un sistema productivo de cereales y leguminosas.</p> <p>Analizar la problemática actual de estos cultivos a nivel internacional, nacional y estatal</p>	<p>La producción de cultivos de granos y la reducción de costos en la fabricación de tostadas están profundamente interrelacionadas. La optimización agrícola, la</p>

relacionada con precios, volumen de producción y globalización

eficiencia en el uso de recursos y la mejora en el manejo y almacenamiento de los granos son factores clave para reducir los costos en el proceso de fabricación de tostadas. Además, contar con un suministro estable y económico de granos puede mejorar la competitividad y rentabilidad de la empresa productora de tostadas, al tiempo que minimiza los riesgos de escasez o fluctuaciones en el precio de las materias primas.

Aditivos Agroindustriales,

Prolongar la vida útil de los alimentos, modificar sus características sensoriales o estabilizar sus propiedades físicas, con el objetivo de poder sobrevivir a épocas de escasez

Los aditivos agroindustriales desempeñan un papel clave en la reducción de costos en la fabricación de tostadas, ya que permiten optimizar el rendimiento de materias primas, mejorar la eficiencia en el proceso de producción, prolongar la vida útil del producto, y mejorar su calidad sin incrementar significativamente los costos. Al utilizar aditivos de manera inteligente, las empresas pueden mejorar la competitividad de sus productos, reducir desperdicios, optimizar el uso de energía y aumentar sus márgenes de ganancia, lo que finalmente se traduce en una reducción de costos y un mejor control de la rentabilidad.

Envase y embalaje

Analizar la importancia y función del envase y embalaje de los alimentos, así como los diferentes tipos de envase y embalaje utilizados en la industria de los alimentos en

El envase y embalaje están directamente relacionados con la reducción de costos en el proceso de fabricación de tostadas, ya que impactan en diversas áreas, como la

función de las características del producto, las tendencias actuales del mercado a nivel nacional y mundial, y de la legislación mexicana y la FDA en materia de envases y embalajes

logística, la protección del producto, la gestión de inventarios, y la eficiencia de la producción. Un diseño de envase optimizado puede reducir los costos operativos al mejorar la eficiencia del empaquetado y el almacenamiento, minimizar las pérdidas por deterioro y merma, y reducir los costos logísticos. Además, el envase adecuado puede aumentar el valor percibido del producto y contribuir a la diferenciación en el mercado, lo que puede aumentar la rentabilidad. Por lo tanto, una gestión estratégica de los envases no solo reduce costos, sino que también puede generar beneficios adicionales en términos de competitividad y sostenibilidad.

Elaborado por José David Cortes Moreno del Currículo 2015

El presente documento de “Reporte de aplicación de conocimientos” muestra que los conocimientos adquiridos coinciden con el Perfil de Egreso del pasante de Ingeniero Agrónomo Industrial, Jose David Cortés Moreno, el cual se cita a continuación.

El Ingeniero Agrónomo Industrial será un profesional con sentido de responsabilidad social y ética capaz de comprender las etapas básicas de la producción agrícola y pecuaria. Elaborar proyectos para la creación de agroindustrias micro, pequeñas y medianas rentables y sostenibles. Planear, organizar, administrar, readecuar y optimizar las plantas agroindustriales existentes. Promover relaciones sociales justas y equitativas. Tener actitudes y valores de responsabilidad y honestidad (Domínguez *et al.*, 2003).

Además de tener una formación de Investigación Científica–Tecnológica, en donde aplicará los conocimientos, destrezas y habilidades para la detección y solución de problemas en los procesos de manejo, acondicionamiento, transformación, comercialización y mejoramiento continuo de la calidad de los productos agropecuarios (Domínguez *et al.*, 2003).

Una formación Administrativa, para planear y organizar los procesos de producción agroindustriales hasta su evaluación final y el manejo social de los productores (Domínguez *et al.*, 2003).

IV. Análisis de las alternativas previas a la solución

Existieron algunas alternativas que se propusieron para solucionar la problemática descrita, mismas que se analizaron para tomar la decisión de elegir la mejor. Cada una de estas estrategias juega un papel clave en la reducción de costos en la producción de tostadas, optimizando recursos, mejorando la eficiencia y minimizando los desperdicios. Al implementar cualquiera de estas prácticas de manera efectiva, “La empresa” puede incrementar sus márgenes de ganancia, mejorar la sostenibilidad y aumentar su competitividad en el mercado.

3.1. Optimización del uso de insumos y materias primas

La optimización del uso de insumos y materias primas en la fabricación de tostadas se refiere a maximizar el rendimiento de los ingredientes utilizados (como harina, levadura, aceite, entre otros.) mientras se minimizan los desperdicios. La clave está en un control eficiente de la cantidad de insumos utilizados en cada lote de producción y en la mejora del rendimiento de cada ingrediente. Utilizar sistemas que predigan la demanda y ajusten las órdenes de compra para reducir el exceso de inventarios que no se utilizarán a tiempo. Algunos procesos de fabricación permiten reciclar o reutilizar ciertos ingredientes, lo que reduce la necesidad de comprar materiales adicionales. El uso eficiente de insumos no solo reduce los costos, sino que también contribuye a la sostenibilidad y reduce el impacto ambiental, lo cual es cada vez más importante para los consumidores (Blanchard, 2010; Heizer y Render, 2014).

3.2. Automatización del proceso de producción

La automatización del proceso de producción implica la implementación de tecnologías que realizan tareas repetitivas o manuales sin intervención humana, lo cual puede disminuir significativamente los costos operativos. En la fabricación de tostadas, las líneas automatizadas para la mezcla de la masa, el corte y el tostado pueden reducir el tiempo de procesamiento, mejorar la precisión y minimizar los errores humanos. Al automatizar procesos clave, se disminuye la necesidad de trabajadores para tareas repetitivas, lo que reduce los costos laborales a largo plazo. La automatización garantiza que el proceso se realice bajo las mismas condiciones, mejorando la calidad del producto final. La automatización puede involucrar la instalación de máquinas de empaque automáticas que también optimizan los tiempos de empaque y reducen la posibilidad de daños en las tostadas (Shankar, R. 2012 y Groover, 2014).

3.3. Optimización del consumo energético

La optimización del consumo energético en la fabricación de tostadas implica reducir el uso de energía en todas las etapas del proceso de producción, desde el horneado hasta el empaquetado. La energía es uno de los costos operativos más altos en la fabricación de alimentos, por lo que buscar alternativas más eficientes puede tener un impacto significativo en la reducción de costos. Implementar hornos de alta eficiencia energética que utilicen menos electricidad para alcanzar las mismas temperaturas de cocción. Utilizar sistemas automáticos de control de temperatura que ajusten las condiciones del proceso según las necesidades, evitando el desperdicio de energía al mantener

temperaturas innecesariamente altas. Investigar el uso de fuentes de energía renovable (como paneles solares) para reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales (Saidur, 2010; Yildirim, 2014).

3.4. Reducción de desperdicios y mejora del rendimiento

La reducción de desperdicios es clave para mejorar la rentabilidad. En la fabricación de tostadas, los desperdicios pueden surgir por varios factores, como el desperdicio de masa o productos defectuosos que no cumplen con los estándares de calidad. Implementar sistemas que monitoreen de manera constante la producción para detectar posibles fallos que puedan generar desperdicio. A través de métodos como Six Sigma o Kaizen, es posible mejorar los procesos de producción de manera que se reduzcan los defectos y se maximicen los rendimientos de las materias primas. Una mayor eficiencia en el uso de materiales no solo reduce los costos de insumos, sino que también contribuye a la sostenibilidad (Womack y Jones, 2003 y Montgomery, 2017).

3.5. Mejora en la gestión de inventarios

Una gestión de inventarios eficiente es clave para reducir costos en la fabricación de tostadas. El exceso de inventarios implica mayores costos de almacenamiento, mientras que el bajo inventario puede generar falta de materias primas, interrumpiendo la producción. Implementar sistemas Just in Time (JIT) o Kanban, que permitan ajustar los niveles de inventarios de acuerdo con la demanda real. El uso de software de gestión de inventarios permite un seguimiento en tiempo real y reduce la posibilidad de errores humanos en el cálculo de existencias (Chopra y Meindl, 2013 y Nahmias, 2013).

3.6. Uso de materiales de empaque más económicos

El uso de materiales de empaque más económicos es una estrategia clave para reducir costos en la fabricación de tostadas. Los envases y embalajes no solo deben ser funcionales y protectores, sino también económicos. Utilizar materiales de empaque más baratos, como plástico reciclado o papel kraft en lugar de materiales más caros. Los envases deben ser compactos y optimizados para el transporte, lo que reduce tanto los costos de empaque como los costos logísticos (Litman, 2014 y Tortorella, 2017).

3.7. Economías de escala

Las economías de escala se producen cuando una empresa reduce sus costos unitarios al aumentar la producción. En la fabricación de tostadas, aumentar la producción en una misma planta permite distribuir los costos fijos (como los de maquinaria y personal) entre un mayor número de unidades producidas. Las compras de materias primas al por mayor permiten obtener descuentos por volumen, reduciendo el costo de los insumos. La expansión de la capacidad productiva a través de nuevas líneas de producción o la optimización de la maquinaria existente puede ayudar a reducir el costo unitario (Pindyck y Rubinfeld, 2013; Baumol y Blinder, 2015).

3.8. Reducción de costos laborales mediante capacitación y eficiencia operativa

La reducción de costos laborales puede lograrse a través de una mejora en la capacitación del personal y la implementación de prácticas eficientes que maximicen la productividad. Capacitar a los trabajadores en técnicas de trabajo más eficientes y en el uso de tecnologías que mejoren el rendimiento. La

optimización de las tareas operativas permite reducir el tiempo de inactividad y mejorar el flujo de trabajo, lo cual reduce los costos laborales por unidad producida (Senge, 2006 y Lussier, 2013).

V. Solución implementada

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en “La Empresa”, localizada en Avenida Toltecas 4, Los Reyes Ixtacala, Los Reyes, 54090 Tlalnepantla, México, durante el cual se observó de manera directa la problemática relacionada con la reducción de costos en los procesos de fabricación de “tostadas tipo Jalisco” a nivel industrial.

A través del análisis desarrollado, se identificaron diversas áreas de oportunidad que afectan la eficiencia operativa y la competitividad de “La empresa” en el mercado.

En suma, la propuesta presentada se centra en la estandarización del proceso de producción de tostadas tipo Jalisco, con el objetivo de optimizar la eficiencia industrial. El enfoque principal fue realizar pruebas exhaustivas sobre el proceso inicial, lo que permitió identificar posibles áreas de mejora, modificar las etapas clave de producción, e implementar nuevas soluciones técnicas que contribuyeron a una mejora significativa en la calidad y reducción de costos. Esta propuesta también tomó en cuenta la visión a largo plazo de posicionar el producto en mercados internacionales, especialmente en el mercado norteamericano, para lo cual se buscó asegurar la sostenibilidad y la calidad constante en la producción.

La estrategia contempla no solo la mejora del proceso productivo, sino también la resolución de los problemas operativos que puedan surgir, empleando una combinación de conocimientos y herramientas de ingeniería industrial. Además,

se tiene especial consideración al bienestar del personal, para garantizar que las modificaciones en el proceso no afectaran su seguridad y condiciones laborales, estableciendo medidas adecuadas que protejan su integridad mientras se optimiza el flujo de trabajo.

Los pasos por seguir para el desarrollo de este proyecto fueron los siguientes:

- **Determinar la fórmula exacta de producción**

La fórmula utilizada era empírica y carecía de una base científica sólida. Es crucial establecer una metodología precisa que garantice la calidad constante del producto.

- **Realizar pruebas de desarrollo**

Desarrollar una “tostada tipo Jalisco” que cumpliera con las especificaciones y requerimientos detallados por la gerencia de “La Empresa”, asegurando que la fórmula y el proceso de producción fuesen los adecuados.

- **Vincular las fórmulas con las características de calidad requeridas**

Establecer una relación directa entre las fórmulas de producción y las características de calidad deseadas, y realizar todas las pruebas necesarias para ajustar el proceso hasta cumplir con los estándares exigidos por la empresa.

- **Evaluar y seleccionar equipos adecuados:** Se realizaron ensayos con diversos tipos de maquinaria, como amasadoras, troqueladoras, deshidratadores, estabilizadores, freidores y sistemas de ventilación, con el fin de determinar cuáles ofrecían el mejor rendimiento y contribuyeran a la propuesta final de producción.

Este enfoque metodológico tuvo como fin garantizar un proceso de producción estandarizado, eficiente y seguro, con un impacto positivo tanto en los costos de fabricación como en la calidad del producto final. Asimismo, se buscó establecer un modelo de trabajo que pudiera ser replicado en futuras plantas o procesos de expansión, alineándose con los objetivos estratégicos de la empresa.

VI. Evaluación de la solución

5.1. Desarrollo de la fórmula

Se comenzó con el desarrollo preciso de la fórmula, ya que de inicio era empírica. Mediante investigaciones implementadas por el equipo de ingenieros del área de “Desarrollo e Innovación” del grupo Minsa S.A. DE C.V. fueron proporcionadas una serie de fórmulas, que se elaboraron y probaron con maquinaria proporcionada por la empresa Tortimaq S.A. DE C.V.

Para determinar una fórmula precisa para hacer “tostadas tipo Jalisco” de maíz, se abordaron diferentes puntos de vista, desde la preparación culinaria, hasta la ciencia de los alimentos, incorporando tanto la técnica como los factores químicos y físicos involucrados en la elaboración de estas. A continuación, se describe el proceso y cómo se llegó a una fórmula optimizada.

5.2. Preparación del Maíz

Las tostadas de maíz se pueden hacer a partir de masa de maíz nixtamalizado o harina de maíz, que es un proceso tradicional utilizado en la cocina mexicana. La nixtamalización es el tratamiento alcalino del maíz con cal (hidróxido de calcio), que mejora la textura, sabor, y valor nutritivo del maíz.

Para el proceso de nixtamalización el maíz se hierva con cal, lo que permite que el grano absorba agua y se ablande, haciendo que la cáscara se desprenda. Este proceso es crucial para la preparación de la masa de maíz para tortillas y tostadas.

5.3. Elaboración de la Masa de Harina de Maíz nixtamalizado

Dependiendo de si se usa masa fresca (de maíz nixtamalizado) o harina de maíz nixtamalizado, los ingredientes base de la fórmula pueden variar. Si se usa harina, se requiere hidratarla con agua.

- Ingredientes principales:
 - Maíz nixtamalizado (o harina de maíz): 100%.
 - Agua: La cantidad dependerá de la absorción de la harina o masa, típicamente entre un 50-60% de la cantidad de harina.
 - Sal: Aproximadamente un 1-2% del peso de la harina para dar sabor.

Si se usa 1 kg de harina de maíz, la cantidad de agua será entre 500-600 g (50-60% de la harina), y 10-20 g de sal.

5.4. Proceso de Tostado

Las tostadas de maíz se elaboran generalmente en un proceso que involucra la formación de discos delgados de masa que luego se cocinan a alta temperatura hasta que se vuelven crujientes.

Pasos básicos:

- a. *Formar discos de masa*: Si se usa masa fresca de maíz, se forman pequeñas bolitas de masa que luego se aplastan en discos finos. Si se usa harina de maíz, la mezcla de agua y harina se moldea para formar discos.
- b. *Cocción en un comal o sartén*: Los discos de masa se cocinan en un comal o sartén caliente hasta que se inflan ligeramente, señal de que la masa está cocida parcialmente.

c. *Tostado*: Después de la cocción, los discos cocidos se dejan secar en un horno o en un comal a temperatura alta (aproximadamente 180-200°C), lo que permite que se deshidrate la humedad restante, volviéndolos crujientes, el tiempo de tostado será de entre 5 y 8 min por lado, dependiendo del grosor del disco de masa.

5.5. Evolución de la formulación desarrollada

Se realizaron tres formulaciones para llegar a la final que por sus características físicas y sensoriales fue la elegida por “La empresa”. Enseguida se describirán las principales particularidades de cada una.

5.5.1. Propuesta 1 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”

A continuación, se presenta en el Cuadro 2 la propuesta 1 de 3 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”, acorde a la maquinaria (considerar capacidad) asignada por la empresa.

Cuadro 2. Propuesta 1 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”.

Propuesta 1	
Componente	Cantidad
Harina de maíz nixtamalizado Jalisco	20 kg
Agua potable	22 lt
Sal	2.5 kg
Cal	3.5 kg

La propuesta 1, tiene como particularidad la presencia de “Harina de maíz nixtamalizado Jalisco”, componente esencial solicitado por “La empresa”, más agua, sal y cal, que son los componentes generales de una tostada tradicional

5.5.2. Propuesta 2 de la formulación de las “tostadas tipo jalisco”

En el Cuadro 3, se presenta la propuesta 2 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”, que a diferencia de la primera en lugar de adicionar harina de maíz Jalisco, tiene “maíz Sinaloa” (mismo que debe nixtamalizarse), además de agua, cal y sal, en las proporciones indicadas.

Cuadro 3. Propuesta 2 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”

Propuesta 2	
Componente	Cantidad
Maíz Sinaloa	40 kg
Agua Potable	30 L
Sal	2.5 kg
Cal	4 kg

Para la nixtamalización del “maíz Sinaloa” los granos secos fueron cocidos y sumergidos en una solución alcalina de agua y cal alimentaria (hidróxido de calcio). Después de eso, el maíz se escurre y se enjuaga para quitar la cubierta exterior del grano (pericarpio) y se muele para producir una masa que forma la base de las tostadas que son las tortillas.

5.5.3. Propuesta 3 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”

En el Cuadro 4, se presenta la propuesta 3 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”, que a diferencia de las anteriores se le ha adicionado “Harina de maíz Jalisco base 10”, y almidón, en las proporciones indicadas.

Cuadro 4. Propuesta 3 de la formulación de las “tostadas tipo Jalisco”

Propuesta 3	
Componente	Cantidad
“Harina de maíz Jalisco base 10”	20 kg
Almidón	10 kg
Sal	2,5 kg
Cal	3.5 kg
Agua Potable	22 L

Algunas consideraciones importantes al respecto de las tres formulaciones se explican a continuación.

El maíz de Sinaloa, al ser un maíz más industrial es conocido por tener una textura suave y un sabor neutro, lo que lo hace ideal para la elaboración de tortillas y productos que necesitan una masa más consistente, en contraposición, maíz de Jalisco, especialmente el criollo, suele tener un sabor más pronunciado y una textura diferente, que puede ser más gruesa o incluso más dura. Este tipo de maíz se utiliza mucho para la producción de alimentos tradicionales en los que se busca un sabor más fuerte y auténtico (Merrill & Watt, 1987 y Hernández *et al.*, 2013).

En relación con la diferencia entre maíz nixtamalizado y harina de maíz para

hacer tortillas se resumen en el Cuadro 5, mismas que permitieron entre otras cosas tomar decisiones sobre la formulación final (Bera *et al.*, 2018; Gómez *et al.*, 2015; González *et al.*, 2002 y Sánchez *et al.*, 2010).

Cuadro 5. Características diferenciales entre maíz nixtamalizado y harina de maíz

Característica	Tortillas de Maíz	Tortillas de Harina de Maíz
Ingrediente principal	Maíz entero (nixtamalizado)	Harina de maíz (nixtamalizada o refinada)
Proceso	Nixtamalización (cocción con cal)	Uso de harina de maíz con agua y grasa
Textura	Firme, densa, algo quebradiza	Suave, flexible, más elástica
Sabor	Intenso, a maíz tostado	Suave, menos pronunciado
Nutrición	Alta en fibra, calcio y hierro	Menos fibra, depende de los ingredientes
Usos tradicionales	Tacos, tamales y quesadillas, entre otros.	Tacos de harina, burritos, quesadillas

En resumen, las tortillas de maíz (nixtamalizadas) son más tradicionales, con un sabor más auténtico y propiedades nutricionales más destacadas, mientras que las tortillas de harina de maíz tienden a ser más suaves y flexibles, a menudo utilizadas en platillos mexicanos conocidos como burritos y tacos de harina. Ambos tipos de tortillas son buenos, pero cada uno tiene su lugar especial en la gastronomía según el tipo de platillo o tradición culinaria (Merrill & Watt, 1987 y Hernández *et al.*, 2013).

El almidón en la elaboración de tortillas, especialmente en las de harina de maíz,

se debe a varias razones relacionadas con la textura, flexibilidad, y propiedades de cocción de la masa. El almidón es fuente de energía y da textura ya que es un carbohidrato complejo que se encuentra de manera natural en los granos de maíz, y cuando se usa en la elaboración de tortillas, contribuye a la estructura de la masa (Bera *et al.*, 2018 y Gómez *et al.*, 2015).

El almidón tiene varias funciones importantes, mismas que se describirán:

- a. **Gelatinización:** Cuando el almidón entra en contacto con el agua durante el proceso de elaboración de la masa, las moléculas de almidón se absorben y se expanden, formando una estructura gelatinosa. Esto ayuda a que las tortillas sean más flexibles y elásticas, lo cual es crucial para que no se rompan o quiebren fácilmente al manipuladas (Juliano, 1985 Troyano y Vázquez, 2017).
- b. **Textura suave y ligera:** El almidón contribuye a que las tortillas tengan una textura más suave y ligera, especialmente cuando se usa en la harina de maíz refinada, que tiene un mayor contenido de almidón que el grano entero (Bera *et al.*, 2018 y Gómez *et al.*, 2015).
- c. **Aglutinante** ya que ayuda a que los ingredientes se ligen mejor. Esto facilita la formación de la masa y la expansión de la tortilla durante la cocción. Las moléculas de almidón ayudan a darle cohesión a la masa, lo que evita que se desintegre durante el estirado y la cocción (Juliano, 1985 Troyano y

Vázquez, 2017).

- d.** Mejora la elasticidad ya que es importante para que las tortillas se puedan estirar con facilidad sin que se rompan. Esto es esencial para que las tortillas mantengan su flexibilidad y no se resequen ni se quiebren fácilmente (Juliano, 1985; Troyano y Vázquez, 2017).
- e.** Contribuye al sabor y al dorado ya que tiene un papel en la reacción de Maillard, que es responsable del color dorado que toman las tortillas durante la cocción. Durante el calentamiento, el almidón en la superficie de la tortilla se carameliza ligeramente, lo que aporta un sabor más profundo y una corteza dorada. Este proceso también mejora el aroma y el sabor de las tortillas (Bera *et al.*, 2018 y Gómez *et al.*, 2015).
- f.** Propiedades de conservación porque tiene la capacidad de retener humedad dentro de la tortilla. Esto ayuda a que las tortillas permanezcan más suaves por un tiempo más largo después de su cocción, previniendo que se resequen rápidamente. Además, el almidón contribuye a que las tortillas sean más flexibles y no se desintegren al ser dobladas, lo que es especialmente útil en productos como burritos o tacos (Merrill y Watt, 1987 y Hernández *et al.*, 2013).
- g.** En el caso de las tortillas de harina de maíz (hechas con harina de maíz refinada o nixtamalizada), el almidón es un componente natural del maíz, pero también se pueden añadir almidones adicionales para mejorar la

textura y la consistencia de la masa. En algunas recetas de tortillas de harina de maíz, el almidón puede ser utilizado en conjunto con manteca o aceite para mejorar la flexibilidad y la suavidad de la tortilla, algo que no sería posible solo con el maíz nixtamalizado (Juliano, 1985; Troyano y Vázquez, 2017).

La cal (hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) es fundamental para la preparación del maíz en la producción de tortillas y otros alimentos tradicionales en Mesoamérica. Este proceso implica cocer el maíz con cal y agua, lo que tiene múltiples efectos tanto en la estructura química como en la biodisponibilidad de nutrientes. Uno de los efectos más importantes de la cal en la nixtamalización es su capacidad para afectar la estructura del maíz. La cal ayuda a disolver los polímeros presentes en la cascarilla del grano, que está compuesta principalmente de celulosa y hemicelulosa. Este proceso hace que la cascarilla se ablande y se pueda separar fácilmente del grano. Esto es crucial porque el maíz que no se nixtamaliza tiene una cáscara que dificulta su digestión, mientras que después de la nixtamalización, la cascarilla puede retirarse, lo que facilita la molienda del maíz para producir la masa de tortillas (Juliano, 1985; Gómez *et al.*, 2015). Reduce la adhesión de la cáscara a la semilla y favorece la remoción de la película de la cutícula, que es una de las principales barreras para la molienda del maíz (Navas *et al.*, 2018). El tratamiento con cal también afecta la estructura del almidón presente en el maíz, lo que tiene un impacto directo en la textura de la masa. La cal facilita que el almidón se gelatinice durante la cocción, lo que mejora la plasticidad de la masa y su capacidad para

ser moldeada en tortillas. Además, este proceso contribuye a que la masa sea más suave y elástica, lo cual es esencial para que las tortillas no se rompan al manipularlas (Hernández *et al.*, 2013; Bera *et al.*, 2018). También influye en la descomposición de compuestos presentes en el maíz que pueden contribuir a la formación de sabores y aromas. Durante la nixtamalización, los compuestos fenólicos presentes en el grano pueden transformarse, lo que contribuye a la formación de sabores característicos de los alimentos a base de maíz, como las tortillas (Troyano y Vázquez, 2017).

En suma, la cal es un ingrediente fundamental en el proceso de nixtamalización debido a su capacidad para disolver la cáscara del maíz, mejorar la disponibilidad de nutrientes, modificar la textura de la masa y contribuir a los sabores y aromas característicos de las tortillas. Este proceso, además de mejorar la calidad nutricional y sensorial del maíz, ha sido una práctica esencial en la alimentación de diversas culturas en Mesoamérica desde tiempos ancestrales.

La sal en la nixtamalización se ha usado para mejorar algunas propiedades que serán descritas enseguida.

La sal mejora en la textura de la masa, ya que actúa sobre la estructura de la masa, especialmente en la formación de enlaces entre las moléculas de almidón durante el proceso de nixtamalización. Al añadir sal al agua en la nixtamalización, puede ayudar a que las proteínas y el almidón se organicen mejor, mejorando la elasticidad y la cohesión de la masa, lo que facilita la

formación de las tortillas y su manipulación, la sal puede influir en la textura de la masa, haciéndola más manejable y suave, especialmente en masas de maíz más secas (Navas *et al.* 2018). La presencia de sal en el agua de nixtamalización influye en la hidrólisis del almidón, un proceso en el cual el almidón del maíz se descompone y se gelatiniza. Gómez *et al.* (2015) indicaron que el uso de sal puede alterar la forma en que el almidón se comporta durante la cocción, permitiendo que el almidón se libere más fácilmente y proporcione una masa más suave y elástica.

Aunque la sal no juega un papel tan crucial como la cal en términos de nutrición o estructura tiene un efecto directo en el sabor de las tortillas. La sal, al ser un potenciador de sabor, puede realzar el gusto de las tortillas de maíz, haciendo que tengan un sabor más balanceado y agradable (Hernández *et al.*, 2013). La incorporación de sal puede ayudar a reducir la acidez que podría generarse por la cal, proporcionando un sabor más equilibrado.

El uso de sal también puede influir en la reducción de ciertos compuestos amargos que se pueden formar durante la nixtamalización. Según estudios de Troyano y Vázquez (2017), la sal puede modificar las interacciones de los compuestos fenólicos presentes en el maíz, reduciendo la amargura y mejorando el perfil de sabor de las tortillas.

Aunque el impacto de la sal sobre la conservación del maíz nixtamalizado es limitado, algunos estudios sugieren que la sal puede ayudar a preservar la masa y a aumentar la vida útil de las tortillas. Al actuar como conservante natural, la

sal puede ralentizar el crecimiento de microorganismos, ayudando a que las tortillas se mantengan frescas por más tiempo (Sánchez *et al.*, 2010).

En suma, la sal en la nixtamalización tiene efectos secundarios importantes sobre la textura, sabor y la calidad de la masa, aunque no es un componente esencial para el proceso de nixtamalización. Su presencia puede mejorar la elasticidad de la masa, facilitar el trabajo con la tortilla y mejorar el sabor, además de reducir la formación de compuestos amargos y extender la vida útil de las tortillas.

Como último componente común en las formulaciones de la presente investigación se encuentra el agua, esta juega un papel fundamental en el proceso de nixtamalización, ya que es uno de los componentes principales junto con la cal para transformar el maíz crudo en nixtamal, que luego se utiliza para hacer tortillas. El agua es esencial para la hidrólisis de la estructura del maíz, la disolución de la cal y la gelatinización del almidón. El agua es crucial para disolver la cal (hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) en la mezcla de nixtamalización, lo que permite que se produzca una reacción química que afecta la estructura del maíz. La cal, al mezclarse con el agua, se disuelve y libera iones de calcio, los cuales interactúan con las paredes celulares del maíz, haciendo que el pericarpio (cáscara) se disuelva parcialmente y se pueda retirar con mayor facilidad (Haug y Lantzsich, 1983).

Según Gómez *et al.* (2015), la cal disuelta en agua permite la hidrólisis de las hemicelulosas y la celulosa del pericarpio, lo que facilita su separación del endospermo. Este proceso es fundamental para que el maíz se transforme en una masa que pueda ser procesada para hacer tortillas. El agua caliente es responsable de la gelatinización del almidón presente en el grano de maíz. Al calentar el maíz en el agua con cal, las moléculas de almidón absorben agua y se hinchan, lo que provoca que el almidón se libere y se gelatinice. Esto da como resultado una masa más flexible, pegajosa y elástica, características clave para la formación de tortillas. El agua caliente y la cal facilitan que el almidón se disuelva parcialmente y se libere de las paredes celulares del grano de maíz, lo que mejora la textura de la masa (Juliano, 1985). Hernández *et al.* (2013) explican que la temperatura del agua juega un papel importante en el proceso de gelatinización del almidón, ya que el calor facilita la descomposición del almidón en la masa de nixtamal. El agua también facilita la disolución del ácido fítico en el maíz. El ácido fítico es un compuesto que puede bloquear la absorción de minerales, especialmente calcio y hierro.

Durante la nixtamalización, el agua en combinación con la cal libera los minerales al romper el ácido fítico, mejorando así la biodisponibilidad de calcio y otros nutrientes esenciales. Esto hace que los productos derivados del maíz nixtamalizado sean una mejor fuente de minerales esenciales en la dieta (González *et al.*, 2002).

Al igual que con el almidón, el agua facilita la hidrólisis de proteínas durante la nixtamalización. La hidrólisis es un proceso en el que las proteínas se descomponen en pequeñas fracciones que son más fáciles de digerir. Sánchez

et al. (2010) explican que la presencia de agua no solo facilita la disolución de las proteínas del maíz, sino que también mejora la digestibilidad del maíz al hacer que las proteínas sean más solubles y accesibles para la absorción en el cuerpo humano. El agua también influye directamente en la textura de la masa de nixtamal. La cantidad de agua utilizada determina la consistencia y manejabilidad de la masa. Si se utiliza demasiada agua, la masa puede volverse demasiado húmeda y pegajosa, mientras que, si se usa poca agua, la masa puede quedar seca y quebradiza. De acuerdo con Bera *et al.* (2018), el balance adecuado de agua es esencial para obtener una masa suave pero suficientemente firme para poder formar las tortillas sin que se rompan. El agua no solo tiene un impacto directo en la nixtamalización, sino también en la conservación de las propiedades nutricionales del maíz. Al combinarse con la cal, el agua permite que el maíz se cocine de manera uniforme, lo que contribuye a preservar los nutrientes del maíz durante el proceso de nixtamalización, en especial los minerales como el calcio, que se mejora durante el proceso (Mella *et al.*, 2004).

En resumen, el agua es un componente esencial en la nixtamalización del maíz. No solo es crucial para disolver la cal y activar el proceso de hidrólisis de la cáscara y el almidón, sino que también facilita la gelatinización del almidón, la liberación de minerales y la mejora de la digestibilidad de los nutrientes. Además, el agua impacta en la textura de la masa, asegurando que las tortillas sean flexibles y fáciles de manejar.

Para terminar, las materias primas involucradas en el proceso de nixtamalización son esenciales para la calidad del producto final, como las

tortillas que son base para las tostadas. La calidad del maíz, su variedad y su contenido de almidón, junto con la cal que actúa como reactivo químico y el agua que facilita las reacciones, determinan no solo la textura y el sabor de las tortillas, sino también su valor nutricional. Un adecuado balance y selección de estas materias primas es crucial para obtener productos de alta calidad y con un buen perfil nutricional.

5.6. Desarrollo de ensayos con diferentes maquinarias

Para realizar estas pruebas, fue proporcionada la maquinaria de dos marcas por lo que las fueron: Rodotek (Fig. 4) y Selorio (Fig. 5).



Figura 4. Marca Rodotek



Figura 5. Marca de maquinaria Celorio

Elegir marcas de maquinaria como Rodotec y Celorio para la producción de tostadas de maíz puede tener varias ventajas frente a otras marcas, dependiendo de las características específicas de cada empresa y sus equipos.

Algunos de los beneficios de elegir estas marcas fueron:

a. Tecnología y diseño especializado

Rodotec y Celorio son marcas que, en general, se especializan en la fabricación de maquinaria para la industria alimentaria, incluyendo equipos para la producción de productos de maíz como las tostadas. Esto implica que sus maquinarias están diseñadas específicamente para cumplir con las demandas técnicas y cualitativas del proceso de producción de tostadas. Rodotek, por ejemplo, es conocida por su tecnología avanzada en líneas de procesamiento de maíz y sistemas automatizados, lo cual mejora la consistencia y la calidad del producto final, optimizando la producción a gran escala. Celorio se destaca por su enfoque en la eficiencia energética y la optimización del uso de recursos. Su maquinaria está diseñada para maximizar la producción y reducir los costos operativos, lo cual es clave en un entorno de producción de alimentos de alta demanda.

b. Eficiencia en la producción

Las máquinas de estas marcas suelen ofrecer altos niveles de automatización y control, lo que permite una mayor eficiencia en el proceso de producción de tostadas de maíz. Esto significa que menos intervención humana, lo que reduce la probabilidad de errores, mayor velocidad y capacidad de producción sin

comprometer la calidad y control preciso de las variables críticas, como el tiempo y la temperatura de fritura, lo cual es esencial para obtener tostadas con la textura y el sabor adecuados.

c. Consistencia en la calidad del producto

Gracias a la tecnología avanzada, las máquinas de Rodotec y Celorio permiten mantener una consistencia en el tamaño, color y textura de las tostadas a lo largo de la producción. Esto es especialmente importante cuando se trata de productos como las tostadas de maíz, donde las variaciones pueden afectar la percepción del consumidor y la aceptación del producto. Los sistemas de control automático y los sensores permiten monitorear y ajustar el proceso en tiempo real, lo que reduce la variabilidad y asegura que cada tostada se produzca bajo los mismos parámetros de calidad.

d. Ahorro de energía y recursos

Rodotec y Celorio suelen ser reconocidas por ofrecer soluciones eficientes en términos de consumo de energía y otros recursos como agua y materias primas. Esto se debe a sus tecnologías de optimización y diseño eficiente, lo cual puede reducir los costos operativos a largo plazo, especialmente en procesos que requieren alta temperatura, como el de la fritura de las tostadas. Los sistemas de fritura de estas marcas son diseñados para alcanzar y mantener temperaturas precisas con un menor consumo energético en comparación con otras máquinas en el mercado, lo que puede representar un ahorro considerable en los costos operativos de la planta.

e. Soporte técnico y postventa

Las marcas como Rodotec y Celorio tienen una reputación en el mercado de

ofrecer un buen servicio de soporte técnico y mantenimiento. Esto es crucial para garantizar que la maquinaria se mantenga operativa a lo largo del tiempo y se minimicen los tiempos de inactividad. El servicio postventa es clave para solucionar rápidamente cualquier problema o realizar ajustes, lo que ayuda a optimizar la producción y evitar interrupciones costosas.

f. Personalización y adaptabilidad

Ambas marcas suelen ofrecer opciones de personalización en sus líneas de maquinaria. Esto significa que pueden adaptar sus equipos a las necesidades específicas de cada proceso de producción, como el tipo de maíz utilizado (nixtamalizado y harina precocida, entre otros.), el tamaño y la forma de las tostadas, y el tipo de fritura (aceite o calor seco, entre otros.). Esta adaptabilidad puede ser clave para empresas que busquen diferenciar su producto y cumplir con requisitos específicos de la gerencia o los clientes.

g. Durabilidad y robustez

Rodotec y Celorio fabrican maquinaria robusta y de alta durabilidad. Estas marcas suelen usar materiales de alta calidad en sus equipos, lo que puede resultar en una vida útil prolongada y menos problemas de mantenimiento en comparación con equipos de menor calidad o menos especializados. Esto también contribuye a una mayor rentabilidad a largo plazo, ya que la inversión inicial se recupera más rápidamente gracias a una mayor fiabilidad y menores costos de reparación.

h. Cumplimiento de normativas y estándares

Las máquinas de estas marcas generalmente cumplen con las normativas internacionales de seguridad alimentaria, control de calidad y eficiencia

energética. Esto es importante, ya que las regulaciones en la industria alimentaria son cada vez más estrictas, y contar con maquinaria certificada ayuda a garantizar que la producción esté alineada con los requisitos legales y las mejores prácticas del sector.

i. Facilidad de uso y capacitación

Las máquinas de estas marcas suelen estar diseñadas pensando en la facilidad de operación. Aunque son tecnológicamente avanzadas, generalmente ofrecen interfaces amigables y sistemas de control intuitivos que facilitan su operación, incluso para personal que no tenga una formación técnica avanzada. Además, suelen ofrecer programas de capacitación para los operadores, lo que reduce la curva de aprendizaje y mejora la eficiencia del personal.

En general, Rodotec y Celorio ofrecen maquinaria que puede proporcionar un excelente balance entre calidad, eficiencia, y costo operativo, lo que puede hacer que estas marcas sean una opción atractiva para una planta productora de tostadas de maíz.

La información vertida fue obtenida del sitio web oficial de las empresas Rodotec y Celorio.

A continuación, se describen algunos puntos de calidad importantes analizados con la maquinaria proporcionada.

5.6.1. Amasadora

Las amasadoras son maquinas industriales que facilitan los procesos de amasado y mezclado de productos con una densidad considerable, sustituyendo el trabajo manual y optimizando la calidad de la producción.

Las amasadoras amasan perfectamente la masa para tortillas, con la finalidad de que esta tenga una excelente textura y consistencia que le ayudara a mejorar la calidad de la tostada (Fellows, 2000). En la Figura 6 se presenta la amasadora Celorio usada en las pruebas.



Figura 6. Amasadora de masa para tortillas marca Celorio

Fuente:

https://www.tortilladorascelorio.com.mx/amasadora_para_masa_de_maiz.html

En la Figura 7 se presenta la amasadora Rodotec usada en las pruebas.



Figura 7. Amasadora de masa para tortillas marca Rodotec

Fuente:<https://www.ironplanet.com/for-sale/Kitchen-Equipment-M%C3%A1quina-de-Tortillas%2C-Alimentador-de-Masa%2C-Formadora-de-Tortillas-Nuevo-Le%C3%B3n/5327306>

Los dos puntos más importantes que tuvieron que combatirse al respecto de la maquinaria Tortimaq con la nueva maquinaria fueron:

- j. La mezcla de la harina de acuerdo con las fórmulas proporcionadas no era homogénea, lo que provocaba batidos muy espesos o en su caso muy líquidos. Al usar los nuevos equipos se comprendió que era un asunto de las “flechas de batido”, las flechas iniciales eran “paletas”, mismas que fueron cambiadas y adaptadas, las nuevas fueron “flechas tipo rayo” lo que derivó en una mezcla más suave que permitió una manipulación en el troquel.
- k. El amasador inicial además de tener “flechas de paleta”, este no tenía tapa. Estas dos características hacían que, al realizar el mezclado, el agua no se lograba retener. La decisión final fue diseñar una tapa y cambiar las flechas con lo cual se logró garantizar la mezcla adecuada.

En los cuadros 6 y 7, se muestran los indicadores de producción del amasador sin mejoras y con mejoras respectivamente.

Cuadro 6. Indicadores de producción sin adaptaciones para amasadora

Amasadora sin adaptaciones			
Velocidad (Hz).	Tiempo (min)	Producción (Kg)	Merma (Kg).
40	15	20	3
35	10	20	3
25	20	20	1

20	20	20	1
----	----	----	---

En el cuadro 6 se muestra como con las velocidades de 20 y 25 Hz se obtiene la menor merma que es de 1Kg, aunque el tiempo de proceso sea de 20 min, mientras que con una velocidad mayor el tiempo disminuye, pero la merma es mayor, y éste último es el principal problema.

Al hacer las adaptaciones comentadas sobre diseñar una tapa y cambiar las flechas los indicadores de producción cambiaron a lo que se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Indicadores de producción con adaptaciones para amasadora

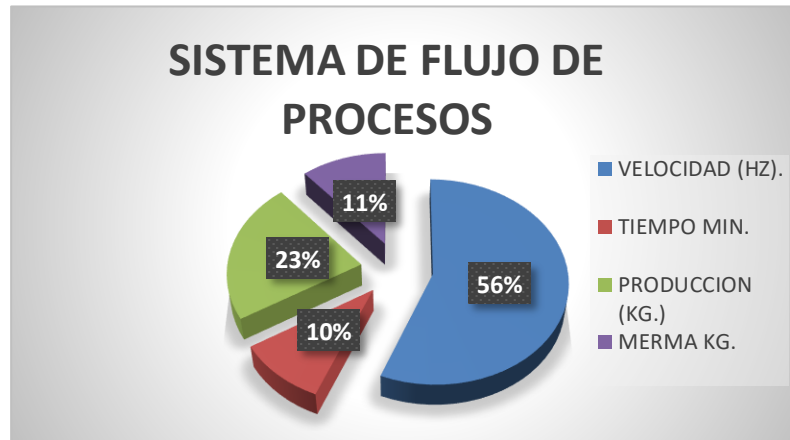
Amasadora con adaptaciones			
Velocidad (Hz).	Tiempo (min)	Producción (Kg)	Merma (Kg).
40	15	20	0.5
35	10	20	0.5
25	20	20	0.5
20	20	20	0.5

Los resultados presentados en el Cuadro 7 indican que, en todos los casos, es decir con velocidades de 20 a 40 Hz la merma disminuyó considerablemente a 0.5 Kg.

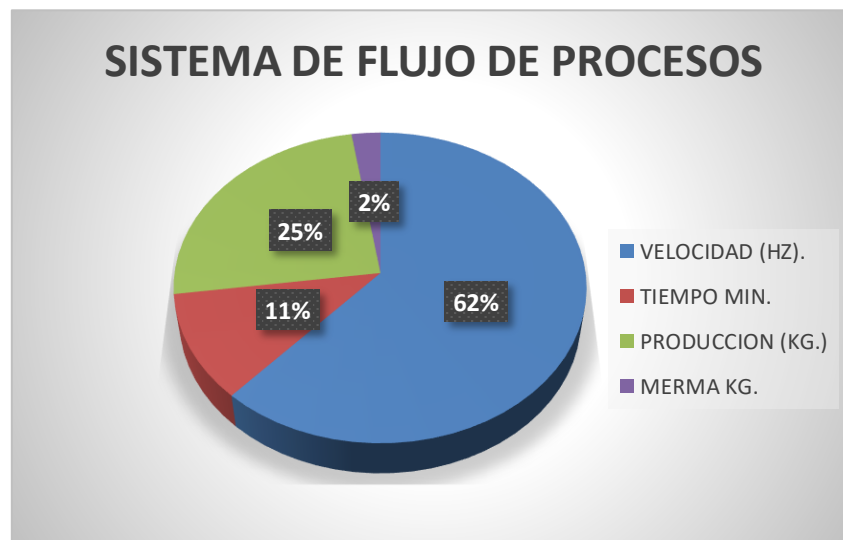
Es importante recalcar que al ser la masa muy espesa por el trabajo de las “flechas de paleta” salía del amasador y caía, al corregir este efecto, y poner una tapa se disminuyeron las perdidas. Las figuras 8 y 9 muestran también las mejoras, ya que de tener una merma de 11% se disminuyó considerablemente a 2% en cada batido. Al final se obtuvo también una mezcla más suave y una masa elástica. También se notó que la merma indicada (0.5 Kg) se debía más

bien al personal (mano de obra) y no tanto a la maquinaria.

Gráfica 8. Indicadores de Producción sin mejoras aplicadas



Gráfica 8. Indicadores de Producción con mejoras



Al implementar las mejoras, con los datos obtenidos en los tiempos y movimientos de la maquinaria y de la mano de obra, se logró optimizar este proceso. Adicional a lo comentado logró tener una mayor producción en el área del amasado y en definitiva al disminuir el tiempo de amasado se logró estandarizar los siguientes pasos en el proceso de obtención de las tostadas.

5.6.2. Troqueladora

Un troquel es esencialmente una prensa que utiliza un molde o matriz para cortar o dar forma a un material. En su forma más básica, consta de dos partes principales: el punzón, que realiza el corte o la forma, y la matriz, que proporciona la cavidad o el soporte para dar forma al material. Una troqueladora industrial es una herramienta que se utiliza para cortar material industrial en formas, patrones y diseños concretos. En general, puede utilizarse para crear formas complejas con precisión y exactitud. El troquelado implica el uso de troqueles o cuchillas especialmente diseñados para cada trabajo (Fellows, 2000).

En la figura 10, se muestra la imagen de una troqueladora para nixtamal marca Celorio y en la Figura 11, se muestran los rodillos usados para realizar dicha labor.



Figura 11. Troqueladora marca Celorio

Fuente: <https://www.celoriomexico.com.mx/maquinas>

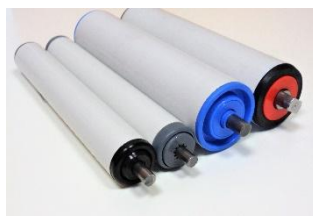


Figura 12. Rodillos de troqueladora

Fuente:https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1520554196-malla-rodillo-y-chumaceras-para-tortilleria-_JM

Uno de los problemas principales durante el troquelado fue que el hilo de corte de textal, mismo que en muchas de las ocasiones presentaba ruptura al tensarlo. Cabe mencionar que mientras más tenso se encontraba el hilo, se generaba que este estuviera más cerca del rodillo de la masa, y así mismo, este hilo generaba un corte circular o cuadrangular según la necesidad.

En los Cuadros 8 y 9, se muestran los indicadores de producción de la troqueladora sin mejoras y con mejoras, respectivamente.

Cuadro 8. Indicadores de producción sin adaptaciones para troqueladora

Troqueladora sin adaptaciones				
Temperatura (°C)	Velocidad (Hz)	Tiempo (min)	Producción (Kg)	Merma (Kg).
70	50	9	20	10
80	55	8.5	20	10
85	60	8	20	10
100	65	7.5	20	10

En el Cuadro 8 se observa como independientemente de la temperatura, la velocidad, el tiempo y la producción, siempre la merma es la misma (10.0 Kg). De igual forma, cuando se hacen las adaptaciones, en todos los casos se

disminuye la merma a la misma cantidad, independientemente de los mismos factores

Cuadro 9. Indicadores de producción con adaptaciones para troqueladora

Troqueladora con adaptaciones				
Temperatura (°C)	Velocidad (Hz)	Tiempo (min)	Producción (Kg)	Merma (Kg).
70	50	9.0	20	2
80	55	8.5	20	2
85	60	8.0	20	2
100	65	7.5	20	2

Ahora bien, la principal adaptación que se hizo al respecto de la troqueladora estuvo en relación con los hilos que podrían ocuparse sin afectar la calidad del producto final. Por lo dicho se realizaron pruebas con 3 tipos de hilos, hilo guitarra (níquel), hilo reforzado (cáñamo) e hilo acero inoxidable.

De los tres tipos de hilo dos de ellos presentaban ruptura al tensarlos, este es bueno y malo según se vea. Como se indicó, al tensar el hilo, este queda pegado al disco de molde, lo que podría estar bien ya que a que mayor tensión el peso del textal baja, y eso ayuda a que el textal fuese más ligero, por lo que la encapsulación del agua era menor, esto se logró con el hilo de acero inoxidable. En este punto es indispensable hablar del agua ya que esta parte del proceso busca un sellado de la masa tal que permita un almacenamiento interno del agua ligada en la masa con el fin de una vez reposada y enfriada la masa o pasta pase al proceso de freído y se obtengan las características deseadas.

Es fundamental particularmente hacer este paso del proceso adecuadamente, ya que no es lo mismo una tostada horneada que una tostada deshidratada. A continuación, se mencionarán algunas características especiales de cada uno.

- a. En el proceso de tostado, la tostada es más dura, igual que el Crunch, de difícil masticación, no presenta ondulación y no presentaba expansión, entre otras cosas.
- b. En el proceso de deshidratado, por el contrario, la tostada y el Crunch son más suave, al degustarla y tener contacto directo con la saliva, se deshace en el paladar, presentaba ondulación, expansión de 2 cm de diámetro, y burbujeo que atrae al cliente.

Dicho lo anterior, las características que presenta el proceso de deshidratado cumplen con los indicadores que la dirección de “La empresa” solicita en el producto en el mercado.

Por ello, se decidió bajar más el peso del textal, pues a menor peso y con un deshidratado adecuado se obtiene la tostada solicitada.

Una vez que se decidió usar el hilo de “acero inoxidable” que era necesario para que el proceso fuera fluido, se siguió con la implementación de las mejoras con los comales.

De inicio, todas las flamas de los dos comales inferior y superior iniciaban

abiertas lo que provoca que los textales se cosan, pero no se deshidraten, lo que no permite cumplir con los indicadores. Una de las propuestas al respecto de esto fue tapar las válvulas para que el calor no se elevara en todo el comal y determinar entonces si se logra la temperatura, después de intentarlo, no funcionó. Derivado de ello se propuso una segunda idea que fue colocar termopares para controlar la temperatura de ambos comales, logrando un proceso automatizado y controlado para que la producción fuese concisa y fluida entre los tres turnos.

Una vez colocados los termopares y cubiertas las flamas se controló la dispersión de calor en los dos comales, lo que empezó a funcionar bien. No obstante, después de un mes de haber arrancado el proceso empezó a generarse otra dificultad que consistía en que no lograba adherir la cortina de la masa en los rodillos. Como ya se indicó y solo por confirmar, de inicio funcionó perfectamente y después de un tiempo dejó de hacerlo. En este punto se debió nuevamente hacer una investigación alrededor de los factores involucrados hasta llegar a identificar la causa del problema, misma que al parecer tuvo que ver que los dos rodillos eran metálicos y con el tiempo y temperatura perdían la capacidad de que la masa se adhiriera a ellos, para esto se optó por cambiar uno de los rodillos de metal por uno de plástico y al otro metálico colocarle teflón alta temperatura, adaptación que corrigió el problema y que permitió estandarizar el proceso y disminuir la merma, ya que de cuatro cajas de pasta que se obtenían antes de las mejoras se llegaron a obtener seis después de estas.

La estandarización del proceso se consiguió con los siguientes parámetros: Velocidad de troquel 55 Hz, tensión de hilo: 5Ω, temperatura comal superior: 85°C y temperatura comal inferior: 90°C.

Con estos parámetros y llegando a la de producción solicitada por la gerencia, se implementaron las mejoras en las cuatro líneas que se tenían, ya que las dos nuevas se compraron con ellas. Solo por saber, es importante comentar que cada línea estaba compuesta por un amasador, una troqueladora, un deshidratador, un enfriador, un freidor y un enfriador, además de hacer una bodega de reposo para la tostada deshidratada.

5.6.3. Deshidratadora

Equipo utilizado para el enfriado total de la tostada (Fig. 13), aunque puede ser utilizado en tortilla de maíz o harina de trigo, su finalidad es enfriar totalmente la tortilla para que pueda pasar al proceso de tostada de aceite o light. La tortilla deshidrata debe tener un 4% de humedad, haciéndola crujiente y con un excelente sabor.



Figura 13. Dehidratador de tortillas

Funte: <https://www.tortilladoras.com.mx/producto/deshidratador/>

En esta parte del proceso problemas se encontraba en las chumaseras, cadenas, engranes y flechas, todas ellas de acero inoxidable, mismas que se aflojaban o en su caso se reventaban por la temperatura. Después de una “lluvia de ideas” con los involucrados, como primer punto se buscó junto con varios proveedores un material mas resistente para lograr eliminar dicho efecto, esto se logró con el cambio por titanio. No obstante, es importante definir algunas características de ambos materiales para entender la desición final.

El debate entre el titanio y el acero inoxidable es algo más que una mera decisión entre metales reflectantes. La ligereza y resistencia del titanio lo hacen perfecto para aplicaciones de alto rendimiento, mientras que la versatilidad y asequibilidad del acero inoxidable lo convierten en el material ideal para una amplia gama de usos (Departamento de Ingeniería LEADRP, 2024; Leo, 2023; Harrison, 2024; John & Steelpro Group, 2024).

El titanio, cuyo símbolo químico es Ti, es un metal de transición poco común y de baja densidad. Suele ser de color blanco plateado y se reconoce por su bajo peso, gran durabilidad y resistencia a la corrosión. El titanio se utiliza mucho en la la ingeniería de alto rendimiento. Suele moldearse mediante técnicas como la forja, el mecanizado y la fundición. Se clasifica en titanio comercialmente puro

y aleaciones de titanio, cada una de ellas adaptada a aplicaciones y necesidades de rendimiento específicas.

El acero inoxidable (acero inox, CRES o acero inoxidable) es una aleación de hierro resistente a la corrosión compuesta por hierro, al menos 10,5% de cromo y otros elementos como molibdeno y carbono. El contenido de cromo aumenta la resistencia a la oxidación y la corrosión, lo que lo hace duradero, fácil de limpiar y auto regenerable en oxígeno. Es ideal para utensilios de cocina.

Evaluar las ventajas y desventajas del titanio y el acero inoxidable ayuda a decidir qué material es el óptimo teniendo en cuenta el rendimiento, el gasto y las necesidades de uso.

- **Ventajas del titanio:** Es más ligero que el acero inoxidable, perfecto para aplicaciones sensibles al peso, ofrece una elevada relación resistencia-peso, lo que lo hace resistente y duradero, es excepcionalmente resistente a la corrosión, incluso en condiciones duras, no es tóxico y es altamente biocompatible, es altamente reciclable, lo que reduce el impacto medioambiental.
- **Desventajas del titanio:** Es más caro que el acero inoxidable, lo que puede suponer un problema en proyectos con presupuestos ajustados, es difícil de mecanizar y requiere equipos y métodos especializados, es posible que las aleaciones de titanio no estén tan disponibles como los tipos de acero inoxidable estándar, la extracción y la producción de titanio pueden tener

efectos considerables sobre el medio ambiente. puede ser relativamente blando en comparación con algunos aceros inoxidables, por lo que es más propenso a rayarse, en determinadas condiciones, como un alto contenido de hidrógeno, el titanio puede volverse quebradizo, lo que afecta a su integridad estructural.

- Ventajas del acero inoxidable: Es más accesible que el titanio, lo que lo convierte en una opción económica para muchas aplicaciones, existe en múltiples tipos y calidades, que proporcionan una variedad de características para diversas aplicaciones, aunque no es tan resistente como el titanio, el acero inoxidable proporciona una excelente protección contra la corrosión en la mayoría de los entornos, es más fácil de mecanizar y soldar que el titanio, lo que lo hace más accesible para la producción.
- Desventajas del acero inoxidable: Es notablemente más pesado que el titanio, lo que puede ser un inconveniente en aplicaciones de peso crítico, algunos aceros inoxidables de calidad médica, como el 316L, 304 y 317, se siguen utilizando, tiene menor conductividad térmica que muchas aleaciones, pero es mejor que el titanio, lo que lo hace adecuado para algunas aplicaciones sensibles al calor y puede oxidarse, sobre todo en entornos agresivos, si no se mantiene adecuadamente.

En suma, el titanio es más ligero, más duro y resistente a la corrosión, pero es más caro y difícil de procesar. El acero inoxidable es más accesible, versátil y fácil de fabricar, aunque es más pesado, tiene una menor relación resistencia-

peso y es menos biocompatible. La elección de uno u otro depende de aspectos como el costo, el peso, las exigencias de resistencia y las necesidades concretas de la aplicación (Departamento de Ingeniería LEADRP, 2024; Leo, 2023; Harrison, 2024; John & Steelpro Group, 2024).

La idea de mejora para este punto consistió en conseguir a un proveedor que proveyera las partes de las maquinas y herramientas necesarias de titanio.

Todas las chumaseras, tornillería, cadenado fueron cambiadas por piezas de titanio debido a las altas temperaturas de la operación. Con los cambios realizados se logró mejorar el proceso de deshidratación de los textiles. Además de lo propuesto, se le dio adiestramiento personal a cada maquinista para darle mantenimiento a su maquina durante los tiempos muertos, y la encomienda de mantenerse alerta al respecto de la maquinaria que le fue encomendada y por tanto los problemas que presentaba cada una.

5.6.4. Área de ventilación o reposo

En todas las áreas de la cadena alimentaria existe una demanda cada vez mayor de tecnología de ventilación eficiente, flexible y que ahorre energía. El movimiento de aire es un elemento fundamental en muchos procesos de producción, utilización, conservación, almacenamiento y preparación de alimentos. En muchas instalaciones de producción o procesamiento de alimentos, los sistemas de ventilación y extracción, las unidades de refrigeración y los sistemas de calefacción y aire acondicionado funcionan de

forma continua o en condiciones difíciles. Los ventiladores, los motores de los ventiladores y los componentes integrados en el sistema, como la tecnología de monitorización y los módulos de control deben adaptarse con precisión a su entorno para poder funcionar con la máxima eficiencia y con un consumo de energía y una pérdida de energía mínimos (Fellows, 2000).

El área de ventilación o reposo en la producción de tortillas de maíz cumple una función importante en el proceso de fabricación, especialmente en la elaboración de tortillas de maíz en ambientes industriales. Después de que las tortillas se cocinan en el comal (una superficie plana caliente), necesitan enfriarse de manera controlada antes de ser empacadas. El área de ventilación permite que el aire circule adecuadamente alrededor de las tortillas, ayudando a que se enfríen sin perder su textura adecuada, lo que también facilita su manipulación. Durante la cocción, las tortillas liberan vapor, y si se empaquetan inmediatamente sin un reposo adecuado, este vapor puede condensarse dentro del envase, lo que afectaría la calidad del producto. El área de reposo, al permitir que el vapor escape, ayuda a reducir la humedad excesiva que podría hacer que las tortillas se vuelvan gomosas o se deterioren rápidamente. El reposo también ayuda a que la tortilla se asiente y se termine de estabilizar, mejorando su textura, flexibilidad y sabor. Al reposar, la masa se asienta y se distribuye de manera más uniforme, lo que resulta en una tortilla más suave y consistente. Durante el reposo, las tortillas deben estar en un ambiente ventilado para evitar que se acumulen microorganismos o bacterias debido a la humedad o calor residual. La ventilación permite que se mantengan en condiciones higiénicas

antes de ser empaquetadas o distribuidas y finalmente, el control de la temperatura en esta área también es crucial para asegurar que las tortillas no se enfríen demasiado rápido, lo que podría hacer que se agrieten, ni demasiado lento, lo que podría hacer que se mantengan demasiado calientes y no se conserven bien (Fellows, 2000).

La mejora propuesta para esta área inició con el proposito de darle un reposo bajo aereacion ya que al salir la pasta del deshidratador no se lograba realizar la encapsulacion del agua libre. Se realizaron pruebas en cuarto cerrado y con ventilacion de 24 hr, lo que logro un beneficio, por lo que al final se implemeo un área atmosferica donde no se escapaba el aire y donde la temperatura no afectara el proceso, ya que esta generaba que se humedeciera el producto.

5.6.5. Freidora automática de frituras

La freidora automática de frituras para tostadas tiene como principal función freír las tostadas de manera rápida y eficiente, permitiendo obtener un producto crujiente y dorado sin necesidad de estar pendiente constantemente del proceso de fritura. La principal función de la freidora automática es calentar y sumergir las tostadas en aceite caliente para que se cocinen de manera uniforme, obteniendo una textura crujiente por fuera y suave por dentro. Muchas freidoras automáticas permiten ajustar la temperatura del aceite, lo que asegura que las tostadas se fríen a la temperatura ideal para obtener una textura perfecta sin que se quemen. La freidora incluye un temporizador para que las tostadas se fríen durante el tiempo exacto necesario, evitando que se pasen de cocción o queden poco hechas. Una vez transcurrido el tiempo programado,

algunas freidoras se apagan o emiten una señal para avisar que el proceso ha terminado. Las freidoras automáticas suelen contar con un sistema de filtrado o recirculación del aceite, lo que permite un uso más prolongado del aceite sin que se degrade rápidamente, manteniendo su calidad para freír. Algunas freidoras automáticas tienen un sistema de seguridad que apaga el aparato en caso de sobrecalentamiento o si se detecta que el aceite ha alcanzado temperaturas peligrosas. El diseño de estas freidoras está pensado para que sean fáciles de limpiar, con partes desmontables como el cestillo o la cubeta de aceite. Permite freír las tostadas de forma más rápida y eficiente que freírlas manualmente en una sartén. Proporciona un resultado uniforme, ya que el control automático de temperatura y tiempo asegura que todas las tostadas se frían de manera similar (Fellows, 2000). No se necesita estar pendiente de la cocción de las tostadas, lo que permite realizar otras tareas mientras se fríen. En suma, la función principal de una freidora automática para tostadas es facilitar el proceso de fritura, mejorando la calidad y consistencia del producto final, y haciéndolo de manera más rápida y conveniente.

Para el caso especial del trabajo que se desarrolló, el equipo sumerge automáticamente las tortillas por dos mallas transportadoras y aplanando la tortilla para que al momento de freírla salga lo más plana posible. Esta tostada toma el tiempo necesario para su freído y obtener una composición crujiente y sin exceso de aceite.



Figura 14. Freidora automática para tortillas

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=Dju6E45FV-A>

La mejora propuesta para esta máquina fue en relación a la seguridad de los trabajadores que estaban a cargo de ella, y para ello se colocaron campanas de extracción de humo (Fig. 15) ya que el aceite utilizado humeaba en exceso y era un riesgo para los trabajadores.

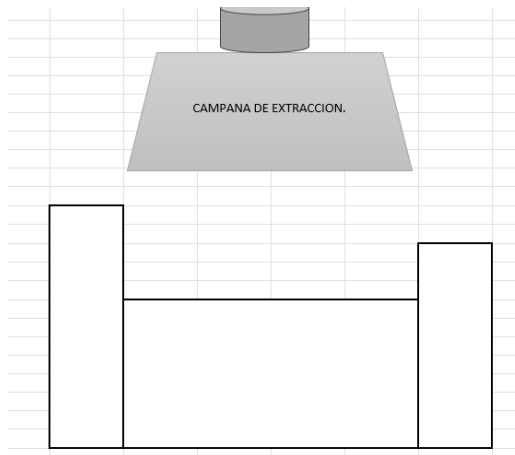


Figura 15. Campana de extracción de humo

Fuente: Dibujo personal

Con la mejora de los extractores de humo se logro un mejor ambiente de trabajo, además de asegurar la integridad y salud de los operadores.

5.6.6. Estabilizador o enfriador 5 pasos

Es un equipo utilizado para el enfriado total de la tostada, su finalidad es enfriar totalmente la tortilla para que pueda pasar al proceso de tostada de aceite o light. Cuenta con transmisión de velocidad ajustable y mallas transportadoras que permiten un enfriado adecuado. Cuenta con 5 niveles y 5 metros de largo, obteniendo un enfriado en 25 metros de distancia para su enfriado (Fellows, 2000).

Los estabilizadores o enfriadores de 5 pasos para tostadas son dispositivos diseñados para optimizar el proceso de enfriamiento de las tostadas después de haber sido fritas, horneadas o cocidas, asegurando que tengan la textura y calidad ideales antes de ser empaquetadas o servidas. Estos enfriadores suelen emplearse en entornos industriales, como fábricas o líneas de producción de panadería, pero también pueden ser útiles en aplicaciones comerciales (Fellows, 2000).

Las funciones de los estabilizadores o enfriadores de 5 pasos para tostadas es reducir la temperatura de las tostadas de manera controlada y gradual después de la fritura o cocción. Este proceso ayuda a evitar que las tostadas se humedezcan o pierdan su textura crujiente. El enfriamiento controlado también previene cambios bruscos de temperatura que podrían afectar la calidad del producto, conservación de la textura ya que el enfriamiento adecuado permite que las tostadas mantengan su textura crujiente. Si las tostadas se enfrían demasiado rápido o de manera desordenada, pueden perder su consistencia crujiente y volverse blandas. El estabilizador ayuda a mantener la calidad

deseada, evaporación de la humedad ya que, durante la cocción, las tostadas contienen humedad interna. El enfriador de 5 pasos está diseñado para permitir que esta humedad se evapore progresivamente en cada fase del proceso, evitando que se acumule y que las tostadas queden húmedas o se reblandezcan, permite la reducción de la condensación ya que, al enfriar las tostadas de manera controlada, se minimiza la condensación que podría formarse en su superficie, lo que ayudaría a evitar que se humedezcan. Esto es particularmente importante para la preservación de la textura crujiente y finalmente al utilizar un enfriador de 5 pasos, se facilita el proceso de empaquetado de las tostadas, ya que estarán a una temperatura más estable, lo que reduce el riesgo de que el empaquetado se humedezca o que las tostadas se deterioren rápidamente (Fellows, 2000).

Los 5 pasos del enfriamiento en un estabilizador generalmente incluyen:

- a. Primera fase de enfriamiento (enfriamiento inicial): En esta etapa, las tostadas pasan de un ambiente caliente a un entorno más fresco, donde se enfrían gradualmente sin cambios bruscos de temperatura.
- b. Fase de aireación: El aire frío o la circulación de aire forzado ayuda a continuar el proceso de enfriamiento, evitando que la humedad interna se condense.

- c. Fase de estabilización: Aquí se ajusta la temperatura para que las tostadas lleguen a una temperatura uniforme, ayudando a asegurar que no se deformen ni se humedezcan.
- d. Fase de control de humedad: En esta fase, se busca eliminar cualquier exceso de humedad de la superficie de las tostadas, asegurando que mantengan su frescura.
- e. Enfriamiento final (temperatura ambiente o refrigeración): Las tostadas alcanzan la temperatura final adecuada para ser almacenadas o empaquetadas, manteniendo su crujiente y frescura.

Entre los beneficios del uso de un enfriador de 5 pasos están Asegura que las tostadas mantengan una textura crujiente y una apariencia fresca, un enfriamiento controlado prolonga la frescura del producto y mejora su durabilidad, optimiza el proceso de enfriamiento, lo que permite un flujo de producción más eficiente y minimiza las tostadas que se pierden debido a una mala calidad por enfriamiento inapropiado (Fellows, 2000).

En resumen, los estabilizadores o enfriadores de 5 pasos para tostadas (Fig. 16) son esenciales en la producción a gran escala, ya que aseguran que las tostadas se enfríen de manera controlada y que mantengan su calidad y textura, lo que es clave para un producto final de alto estándar.



Figura 16. Estabilizador o enfriador de 5 pasos para tostadas

Fuente: <https://guilbur.com/productos/?item=9658>

En el estabilizador se adaptó una automatización con controlador de revoluciones, esto con el fin de controlar el enfriado de la tostada. Así también, se colocó una tarja en la parte de abajo, el fin de recuperar todo el aceite que escurría durante el proceso de enfriamiento. Se adaptó un recirculador de aceite con el fin de recuperar la mayor cantidad de este y con ello se agregó un Antioxidante para el aceite (frituras, tostadas) ya que, al calentarse a 260°C, se oscurecía muy rápido. El antioxidante y el recirculador ayudaron a controlar el consumo de aceite, mismo que bajó de 80 lt por semana que se consumían en diciembre y enero a 50 lt consumidos en febrero y marzo ya con la adaptación. Esta disminución de 30 lt funciona como un reductor de costos.

VII. Resultados.

En el siguiente esquema de flujo de gastos, se logra observar los objetivos que la dirección ha planteado y que debían ser cumplidos, a fin de efectuar el gasto y, así mismo, obtener una ganancia. Por lo que, si analizamos, antes de implementar las mejoras teníamos una producción muy inestable, de manera que nunca logramos cumplir con los objetivos de venta que eran \$ 2,000,000.00, MXN mensuales. Es debido a esto, que debíamos encontrar el principal problema por el cual no lográbamos cumplir con dicho objetivo.

En el siguiente cuadro 1. Se observa el desglose de producción a cumplir.

Costos de Producción y objetivo de venta.	
Meta de Venta:	\$2,000,000.00
Cajas x Tarima:	25
Paquetes x caja:	12
Piezas x paquete:	18
Costo x paquete:	\$ 29.00
Costo x caja:	\$348.00
Costo x pieza:	\$1.61

En este esquema se observa la meta de venta por mes y así mismo se desglosa las cantidades que llevan cada uno de los procesos y el precio por cada uno de los procesos, con lo cual si hacemos el cálculo objetivo de venta \$ 2,000,000.00 / precio de la caja \$ 348.00. Esto nos da una producción a cumplir de 5,748 cajas al mes de tostadas.

Cuadro 1. **Costos de Producción y objetivo de venta.**

Sabiendo esto ahora realizamos los cálculos basados en los parámetros obtenidos por el área de ingeniería de procesos como se mostrarán en el siguiente Cuadro 2 y 3.

Batidos	Textales	Paquetes	Cajas
1	1790	99	8

Cuadro 2. Cantidades por amasado en cada proceso.

Objetivo de Batidos x Turno.	Textales	Paquetes	Cajas
9	16,200	900	75
Total, de cajas por Turno.			75

Cuadro 3. Objetivo de Batidos x Turno.

En los cuadros anteriores observamos que un batido de masa nos da como tortillas o Textales de 1790 piezas que son de calidad ya que 20 textales son merma esto por doblamiento o ruptura, ahora esas 1790 piezas lo divido por la cantidad que lleva un paquete el cual son 18 piezas de Textales (tortillas), ya freídas nos dan 99 paquetes de tostadas y si esto lo dividimos por las piezas que lleva una caja el cual son 12 paquetes, nos dan una cantidad de 8 cajas. Por batido o amasado.

El objetivo de dirección fue realizar 784 batidos al mes para poder llegar al objetivo de venta la cual es la meta que se solicitaba.

Después de analizar, se ha llegado a la conclusión de que el principal problema era la maquinaria que se había comprado, ya que no cumplía con el nivel de producción requerida a nivel industrial.

Como se verá en el siguiente cuadro 4 y 5, el flujo de producción sin mejoras y con mejoras se observará el cambio que se generó.

Línea 1:				
Producción sin mejoras:				
Batidos	Textales	Paquetes	Cajas	Turno
2	2100	116.67	9.72	1°
3	3000	166.67	13.89	2°
4	3600	200.00	16.67	3°
Total, de cajas:		40.28	241.67	1087.50
		Dia	Semana	Mes
Cantidad producida x Venta:				
\$378,450.00				

Cuadro 4. Producción sin mejoras. Cantidad producida x Venta.

Línea 1:				
Producción con mejoras:				
Batidos	Textales	Paquetes	Cajas	Turno
9	16110	895	75	1°
10	17900	994.44	82.87	2°
10	17900	994.44	82.87	3°
Total, de cajas:		240.32	1441.94	6488.75
		Dia	Semana	Mes
Cantidad producida x Venta:				
\$2,258,085.00				

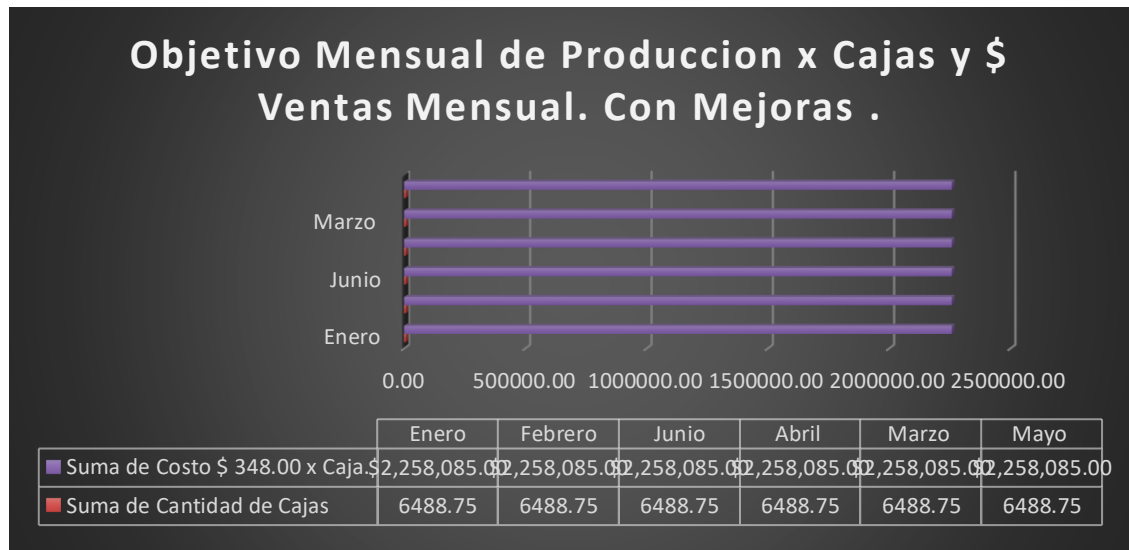
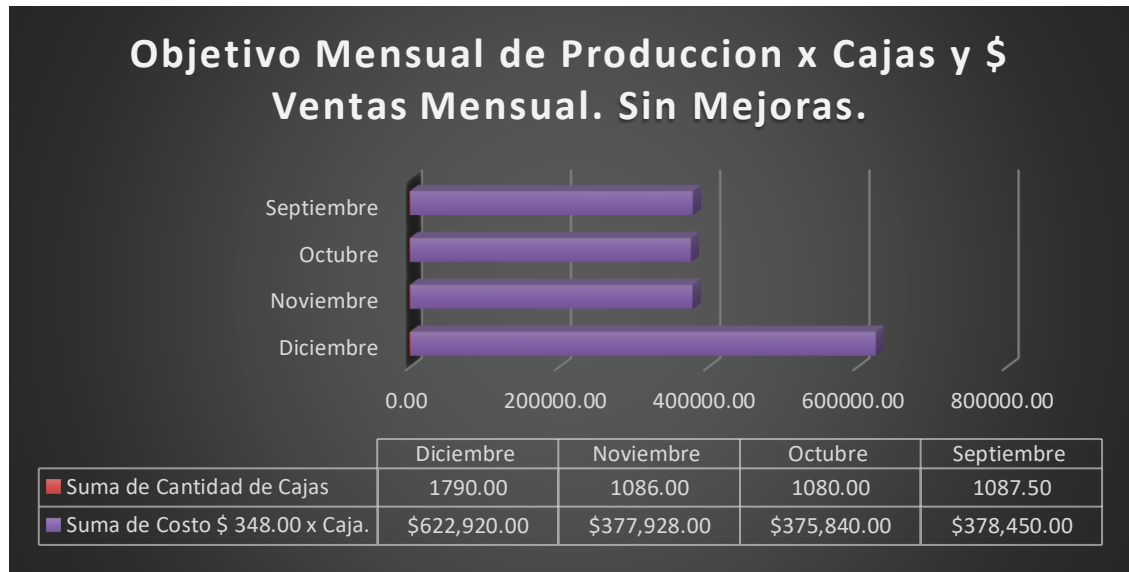
Cuadro 5. Producción con mejoras. Cantidad producida x Venta.

Como se puede observar en el cuadro 4. no lográbamos cumplir la meta al mes ya que había mucha deficiencia en las máquinas, pues la fabricación de estas no había sido con la idea de un proceso continuo, ni industrial. Ya que, si observamos los resultados que obtuvimos ya con las mejoras como se muestra en el cuadro 5. Aumentamos la producción un 600%, por lo que cumplíamos el objetivo de las ventas.

Una vez detectado el problema, comenzamos una cotización de materiales para desarrollar las mejoras requeridas en el departamento de mantenimiento de Minsa, pues esto reducía costos de inversión, dado que al conseguir proveedores que realizaran estas adaptaciones sería necesaria una inversión de aproximadamente \$ 1,500,000.00 pesos, y al generar estas adaptaciones en conjunto del equipo de ingeniería de grupo Minsa y su servidor, los costos de inversión se vieron reducidos a un aproximado de \$ 500,000.00, dado que la mano de obra fue generada por nosotros. Y los resultados de estas adaptaciones fueron muy significativas, tal como se mostrará en los siguientes datos.

Los resultados muestran que se logró estandarizar el proceso de producción, con lo cual, el resultado fue benéfico, al grado de superar un poco el objetivo solicitado por dirección el cual era de \$ 2,000,000.00. El trabajo de implementación de nuevas tecnologías y adecuaciones de procesos constituyó a una cantidad de \$ 2,258,085.00, por lo que, con este resultado, logramos cumplir con la demanda y competir en el mercado con otras marcas de alto renombre y se logró exportar nuestro producto a Estados Unidos, puesto que el

alcance de la visión que se tenía en la empresa, se había logrado. Como se muestra en el siguiente cuadro 6. Comparativo de Producción.



Cuadro 6. Comparativo de Producción.

VIII. Conclusiones y sugerencias

El proyecto se centró en el desarrollo de una tostada pozolera tipo Jalisco con características específicas: expansión de 12 cm, un "crunch" suave y burbujeo visible. Se realizaron tres pruebas de formulación para lograr estas especificaciones, cada una con diferentes tipos de maíz y proporciones de ingredientes.

Prueba 1 (Maíz Jalisco, Harina): Cuyos ingredientes eran maíz Jalisco (20 kg), agua (22 lt), sal (2.5 kg), cal (3.5 kg), mezclado por 10 minutos, pH 10, y 24 gr de peso de textal, y que tuvo como principales problemas que en el proceso de mezcla, se producía merma por desperdicio de masa y la cocción del textal no era homogénea. Además, el proceso no alcanzaba las características deseadas. El costo de producción por tostada era de \$1.80, lo que dejaba una ganancia mínima, pero los problemas mecánicos llevaron a descartar esta fórmula.

Prueba 2 (Maíz Sinaloa, Maíz Entero): Cuyos ingredientes eran maíz Sinaloa (40 kg), agua (30 lt), sal (2.5 kg), cal (4.0 kg), mezclado por 15 minutos, pH 12, 20 gr de textal, y 24 horas de reposo. Los resultados fueron mejores que en la prueba 1, obteniendo las características deseadas, con una merma mínima de 5 kg por batido y humedad de masa entre 11% y 12%. Sin embargo, el proceso tenía problemas con la maquinaria y el costo del maíz y la mano de obra eran

elevados. La inversión en infraestructura necesaria fue muy alta, lo que llevó a descartar esta opción.

Prueba 3 (Harina de Maíz Base 10 y Almidón): Cuyos ingredientes fueron harina de Maíz Base 10 (20 kg), agua (22 lt), sal (2.5 kg), cal (3.5 kg), almidón (10 kg), mezclado por 15 minutos, pH 11.5, 19 gr de textal, y 24 horas de reposo y cuyos resultados fueron que se lograron las características deseadas con una merma de 2-3 kg por batido, humedad de masa entre 10%-12%, y un costo de producción de \$2.00 por tostada. Aunque las características de la tostada fueron satisfactorias, aún existían problemas de volumen en la producción y la maquinaria no estaba optimizada para un proceso a gran escala.

Para resolver los problemas de maquinaria, se hicieron ajustes innovadores: se mejoraron los amasadores, troqueladoras, deshidratadores, y freidores. Se utilizaron piezas de titanio para soportar altas temperaturas y se adaptaron procesos como la encapsulación de agua libre durante el deshidratado. Se implementó una mejor ventilación y control del ambiente de trabajo, lo que permitió optimizar el proceso de deshidratación. Se mejoró la eficiencia en el uso del aceite, reduciendo el consumo de 80 lt a 50 lt por semana mediante un sistema de recirculación de aceite y la adición de un antioxidante.

Como resultado final tenemos que se seleccionó la prueba 3 como la formulación final debido a que cumplía con las especificaciones de calidad requeridas. A través de mejoras tecnológicas y ajustes en el proceso, se logró

reducir la merma y optimizar la producción sin aumentar significativamente los costos. La producción se estabilizó en un volumen adecuado, y el costo de la mano de obra se redujo, logrando una mayor eficiencia.

En conclusión, la combinación de una formulación adecuada con mejoras tecnológicas permitió alcanzar las características solicitadas para la tostada, manteniendo un balance entre costos, calidad y volumen de producción.

XI. Fuentes bibliográficas

Alba, J. M., & Sánchez, M. L. (2017). "Nixtamalización del maíz: efectos sobre la calidad nutricional y funcional de los productos derivados." *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 48(3), 113-126.

Bera, P., Dutta, S., & Pal, R. (2018). Application of corn starch in food products. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3025-3036.

Baumol, W. J., & Blinder, A. S. (2015). *Economics: Principles and Policy*. Cengage Learning.

Blanchard, S. (2010). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson Education.

Chávez, R., y Fernández, M. (2020). Optimización en el uso de recursos en procesos alimentarios: Caso harina y productos derivados. *Revista de Ingeniería Alimentaria*, 28(2), 74-82.

Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.

Departamento de Ingeniería LEADRP. (2024). Stainless steel vs. titanium: Differences between these two metals - LEADRP - Rapid prototyping and LEADRP -Rapid Prototyping and Manufacturing Service. <https://leadrp.net/es/blog/stainless-steel-vs-titanium-differences-between-these-two-metals/>

FAO (2016). Estrategias para la reducción de costos energéticos en la industria alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de: www.fao.org.

Fellows, P. J. (2000). *Food processing technology: Principles and practice* (2nd

ed.). Woodhead Publishing.

Garza, R., Ramírez, L., & Hernández, M. (2021). Alternativas de empaque sostenible y económico en la industria alimentaria. *Revista Internacional de Tecnología Alimentaria*, 31(2), 45-50.

García, A., Pérez, J., y Torres, M. (2020). Estrategias de mejora en la producción alimentaria. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 15(2), 45-56.

Gómez, M., Barro, F., & Martínez, A. (2015). Effect of starch on the shelf life and texture of tortillas. *International Journal of Food Science*, 50(6), 1342-1349.

González, M. (2019). La evolución de la industria alimentaria en México: Un enfoque en el maíz y sus derivados. Editorial Agroalimentaria.

González, R., Martínez, A., y López, J. (2020). Impacto de la variabilidad en la calidad del maíz en la industria de la tortilla en México. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 15(3), 101-115.

González, A., Ortega, E., & Flores, M. (2002). Nixtamalization and its impact on maize flour quality. *Cereal Chemistry*, 79(2), 149-157.

Groover, M. P. (2014). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Prentice Hall.

Harrison, N. (2024). *Titanio vs acero: cuál es la mejor opción para su proyecto*. Rapiddirect. <https://www.rapiddirect.com/es/blog/titanium-vs-steel/>

Hernández, I., Martínez, E., & López, O. (2013). Effect of nixtamalization on starch structure and its impact on the properties of tortilla masa. *Starch/Stärke*, 65(5), 392-401.

Haug, W., & Lantzsch, H.J. (1983). Sensitive method for rapid determination of phytic acid in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423-1426.

Hernández, I., Martínez, E., y López, O. (2013). Effect of nixtamalization on starch structure and its impact on the properties of tortilla masa. *Starch/Stärke*, 65(5), 392-401.

Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson Prentice Hall.

John & Steelpro Group. (2024). Titanio frente a acero inoxidable: ¿Cuál es el más adecuado para su proyecto? *SteelPro*.
<https://steelprogroup.com/es/stainless-steel/comparison/titanium-vs-stainless-steel/>

Juliano, B.O. (1985). *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists.

Leo, G. (2023). Titanio versus acero inoxidable: ¿qué metal es el adecuado para su proyecto? *Aria, Online Manufacturing For On-Demand Custom Services*
<https://www.madearia.com/es/blog/titanium-vs-stainless-steel/>;

Litman, T. (2014). *Packaging Design and the Impact on Costs and Sustainability*. Packaging Digest.

López, R., y Martínez, S. (2019). *Gestión de calidad en la industria alimentaria: Un enfoque práctico*. Editorial Alimentaria, Ciudad de México.

López, R. (2021). Innovaciones en la producción de alimentos: Tostadas en el mercado actual. *Journal of Food Industry*, 12(1), 78-89.

López, A., y Pérez, J. (2019). Control de desperdicios en la industria

alimentaria: Caso de estudio en procesos de horneado. *Revista de Ingeniería de Procesos*, 15(1), 45-52.

Lussier, R. N. (2013). *Management Fundamentals: Concepts, Applications, and Skill Development.* Cengage Learning.

Martínez, J. (2020). Calidad en productos alimentarios: Análisis y estándares en la industria mexicana. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 15(2), 45-56.

Martínez, J. (2021). Tradición e innovación en la industria de la tostada en México. *Gastronomía Mexicana*, 18(3), 50-63.

Martínez, J., y Herrera, D. (2021). Innovaciones tecnológicas en la producción de alimentos. *Journal of Food Engineering*, 22(3), 78-91.

Mella, J., Acuña, J., & González, S. (2004). El calcio y la nixtamalización del maíz: Implicancias en la nutrición humana. *Revista de Nutrición*, 57(2), 150-157.

Mendoza, M. D., (2014). "Nixtamalización: características y efectos en la calidad del maíz." *Revista Mexicana de Ingenierías Químicas*, 13(1), 53-69.

Merrill, A.L., & Watt, B.K. (1987). *Energy value of foods: basis and derivation.* U.S. Department of Agriculture.

Montgomery, D. C. (2017). *Introduction to Statistical Quality Control.* Wiley.

Morales, F., y Álvarez, J. (2018). La automatización en la industria alimentaria: Impacto en la eficiencia operativa y la reducción de costos. *Tecnología y Ciencia Alimentaria*, 22(3), 113-120.

Navas, M., García, H., & Hernández, M. (2018). Impacto de la nixtamalización en la estructura y características del maíz. *Food Research International*, 51(3), 900-907.

Nahmias, S. (2013). *Production and Operations Analysis.* McGraw-Hill.

Pérez, J., y González, F. (2018). Economías de escala en la industria alimentaria: Análisis de su impacto en los costos de producción. *Revista de Economía y Administración de Empresas*, 10(2), 58-66.

Pérez, M., y Salas, F. (2020). Sostenibilidad en la industria alimentaria: Desafíos y oportunidades. *Revista de Sostenibilidad*, 10(1), 12-27.

Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2013). *Microeconomics*. Pearson Education.

Ramírez, S. (2018). Historia de las tostadas en México: De la tradición a la modernidad. Editorial Cultural Mexicana.

Ramírez, R. (2015). "Estudio experimental de la deshidratación de tortillas de maíz." *Investigación y Ciencia de los Alimentos*, 35(2), 75-83.

Ríos, C. (2018). Historia de las tostadas en México: De la tradición a la modernidad. Editorial Cultural Mexicana.

Rojas, C., Medina, E., y Castillo, L. (2022). Gestión de la cadena de suministro en la industria alimentaria: Un enfoque integral. Editorial Agroindustrial,

Guadalajara. Saidur, R. (2010). Energy Savings in Food Manufacturing. *Journal of Energy*, 35(8), 315-322.

Salas, F. (2020). Estándares de calidad en la producción de alimentos: Tostadas como caso de estudio. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 9(3), 22-30.

Sánchez, H., y García, E. (2013). "Evaluación de la calidad de la masa y sus derivados." *Tecnología de Alimentos*, 9(4), 456-463.

Sánchez, M. A., y Martínez, A. (2009). "Optimización del proceso de tostado de masa de maíz para la producción de tostadas." *Revista de Tecnología y Ciencia Alimentaria*, 24(3), 110-115.

Sánchez, M., y Ramírez, P. (2017). Gestión de inventarios en la industria alimentaria: Impacto en la reducción de costos y optimización del flujo de materiales. *Logística Industrial*, 23(4), 97-104.

Sánchez, M., Pérez, E., & León, M. (2010). Effect of starch addition on the functional properties of maize tortillas. *Food Research International*, 43(2), 456-460.

Shankar, R. (2012). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Pearson Education.

Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization*. Doubleday.

Tortorella, G. L. (2017). A Systematic Review on the Cost of Packaging in the Food Industry. *Journal of Food Engineering*.

Troyano, A., & Vázquez, F. (2017). Browning and flavor enhancement in tortillas: role of starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(9), 1994-2003.

Vásquez, P. L. (2019). Herramienta lean production y su impacto en la eficiencia de las empresas en el periodo 2014 - 2019: una revisión de la literatura científica (Trabajo de investigación). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/23485>

Womack, J. P. and Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Free Press, New York.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.

Yildirim, G. (2014). *Energy Efficiency in Industrial Systems: A Focus on Process*

Integration and Energy Saving Technologies. Elsevier.

Zambrano, Z. L., & Araujo, M. A. (2010). "Innovaciones en la producción de tostadas de maíz: optimización del proceso de tostado." *Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 21(4), 156-161.

Zhou, X., Requero, B., Gonçalves, D., y Santos, D. (2021). Every penny count: The effect of holistic-analytic thinking style on donation decisions in the times of Covid-19. *Personality and Individual Differences*, 175, Article 110713.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2021.110713>