



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR “ECUATORIANO DE PRODUCTIVIDAD”**

**TECNOLOGÍA EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS**

**Trabajo de titulación presentado como requisito para obtener el título de Tecnólogo en  
Procesamiento de Alimentos**

**Tema:** Plan de Mejora en el Proceso del Lavado de Maíz en Nixtamalización

**AUTORES:**

Melvin Ulider Chávez Ponce

**TUTOR TÉCNICO:**

Mcs. Evelyn Jácome

**Fecha:**

Diciembre 2024

**Quito, Ecuador**

# ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>1.1 Problemática</b> .....	13
<b>1.2 Planteamiento del problema</b> .....	15
<b>1.3 Formulación del problema</b> .....	16
<b>1.4 Objetivos</b> .....	16
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	16
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	16
<b>1.5 Justificación</b> .....	16
<b>1.6 Hipótesis o idea a defender</b> .....	18
<b>1.7 Cobertura</b> .....	18
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1 Antecedentes históricos del producto</b> .....	19
<b>2.2 Investigaciones previas</b> .....	20
<b>2.3 Generalidades del maíz</b> .....	20
2.3.1 <i>Tipos de maíz en Ecuador</i> .....	21
2.3.2 <i>Maíz utilizado en la fabricación de snacks</i> .....	21
<b>2.4 Origen de la nixtamalización</b> .....	22
2.4.1 <i>Evolución del proceso a nivel industrial</i> .....	22
2.4.2 <i>Cambios en la composición del maíz durante la nixtamalización</i> .....	23
2.4.3 <i>Efectos negativos de la nixtamalización del maíz</i> .....	24
<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	25
<b>3.1 Técnicas de investigación</b> .....	25
<b>3.2 Incidencias en la etapa del lavado</b> .....	25
3.2.1 <i>Recopilación de datos</i> .....	26
<b>3.3 Propuestas de mejora</b> .....	26
<b>3.4 Proceso de elaboración de snacks de maíz</b> .....	27
3.4.1 <i>Recepción de la materia prima</i> .....	27
3.4.2 <i>Pesado</i> .....	27
3.4.3 <i>Nixtamalización</i> .....	28

3.4.4	<i>Lavado</i> .....	28
3.4.5	<i>Molienda</i> .....	28
3.4.6	<i>Laminado</i> .....	28
3.4.7	<i>Horneo</i> .....	29
3.4.8	<i>Fritura</i> .....	29
3.4.9	<i>Selección y clasificación</i> .....	29
3.4.10	<i>Saborizado</i> .....	29
3.4.11	<i>Empacado y almacenamiento</i> .....	29
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis de datos de pH</b> .....	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Detalle de propuestas</b> .....	<b>34</b>
4.2.1	<i>Automatización del lavado de maíz</i> .....	34
4.2.2	<i>Repotenciación de la lavadora de maíz</i> .....	35
4.2.3	<i>Estatus quo</i> .....	36
<b>4.3</b>	<b>Propuesta de solución</b> .....	<b>37</b>
4.3.1	<i>Análisis de costos de la propuesta seleccionada</i> .....	38
<b>4.4</b>	<b>Implementación de la propuesta seleccionada</b> .....	<b>39</b>
4.4.1	<i>Evaluación de riesgos y plan de mitigación</i> .....	39
4.4.2	<i>Plan de implementación</i> .....	41
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>45</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>50</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> Diagrama de pareto de las incidencias por el mal lavado de maíz.....	26
<b>Figura 2.2</b> Objetivos prioritarios a cumplir de la propuesta seleccionada.....	27
<b>Figura 2.3</b> Diagrama de flujo de la elaboración de snacks de maíz.....	31
<b>Figura 3.1</b> Gráfica de control de los datos de pH .....	33
<b>Figura 3.2</b> Histograma de la masa de maíz con variable pH .....	33
<b>Figura 3.3</b> Matriz de riesgos de la propuesta seleccionada.....	39
<b>Figura 6.1</b> Boceto de sistema automatizado de maíz.....	51

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Detalle de costos de inversión de la propuesta 1 – Automatización del lavado de maíz .....	35
Tabla 4.2 Detalle de costos de inversión de la propuesta 2 – Repotenciación de la lavadora de maíz.....	36
Tabla 4.3 Resumen de pros y contras de las propuestas de solución.....	37
Tabla 4.4 Riesgos y plan de mitigación frente al análisis de adversidades.....	40
Tabla 7.1 Tabla de datos históricos de pH .....	50

## **DECLARACIÓN DEL TUTOR METODOLÓGICO**

**Fecha:** 26 de noviembre del 2024

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS** en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “**PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DEL LAVADO DE MAÍZ EN NIXTAMALIZACIÓN**”, ha sido elaborada por **MELVIN ULIDER CHÁVEZ PONCE**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100% con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra acto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuánto puedo informar en honor a la verdad.

**Atentamente**

MSC. FERNANDO XAVIER BUITRON

**TUTOR METODOLÓGICO**

## **DECLARACIÓN DEL TUTOR TÉCNICO**

**Fecha:** 26 de noviembre del 2024

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de **TECNÓLOGO SUPERIOR EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS** en el Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad con el tema: “**PLAN DE MEJORA EN EL PROCESO DEL LAVADO DE MAÍZ EN NIXTAMALIZACIÓN**”, ha sido elaborada por **MELVIN ULIDER CHÁVEZ PONCE**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un 100% con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra acto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuánto puedo informar en honor a la verdad.

**Atentamente**

MSC. EVELYN JACOME

**TUTOR TÉCNICO**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, Carmen Ponce y Antonio Chávez, quienes con su amor, apoyo incondicional y enseñanzas me han guiado a lo largo de mi vida. Esta dedicación es para ustedes, quienes siempre han sido mi inspiración y mi fortaleza. Gracias por su sacrificio, por creer en mí y por brindarme las herramientas para seguir mis sueños. Esta etapa de mi vida es tan suya como mía. ¡Gracias!

**Melvin Chávez Ponce**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior “Ecuatoriano de Productividad”, por brindarme la oportunidad de formarme en un ambiente académico de excelencia. Agradezco profundamente a todos los profesores y personal administrativo por su dedicación, apoyo y enseñanza constante. Cada uno de ustedes ha sido una pieza clave en mi desarrollo profesional y personal, impulsándome siempre a dar lo mejor de mí.

**Melvin Chávez Ponce**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación analizó el proceso de lavado de maíz en una planta de snacks, enfocándose en la optimización de esta etapa crítica mediante propuestas de mejora. Se identificaron incidencias como elevados niveles de pH en el maíz, atribuibles a un lavado deficiente, a través de datos históricos y herramientas como diagramas de Pareto. Para definir soluciones, se emplearon metodologías como lluvia de ideas y análisis multicriterio, lo que permitió evaluar tres propuestas: la automatización completa del sistema, la repotenciación de la maquinaria actual y el status quo.

El análisis de factibilidad técnica, costos, e impacto operacional señaló que la automatización era la opción más eficiente, ya que ofrecía mayor precisión en el lavado, reducía tiempos y garantizaba la uniformidad del producto final.

Finalmente, se eligió la automatización, destacando su capacidad para resolver las deficiencias actuales y su retorno a mediano plazo. Esta decisión consideró tanto la mejora en la calidad del producto como la reducción de incidencias, lo que posicionó al sistema de lavado como una etapa optimizada dentro del proceso de producción.

**Palabras claves:** maíz, automatización del lavado, nixtamalización, pH

## ABSTRACT

*This research paper analyzed the corn washing process in a snack plant, focusing on the optimization of this critical stage through improvement proposals. Incidents such as high pH levels in the corn, attributable to poor washing, were identified through historical data and tools such as Pareto diagrams. To define solutions, methodologies such as brainstorming and multicriteria analysis were used, which allowed three proposals to be evaluated: complete automation of the system, the implementation, the upgrading of current machinery and status quo.*

*The analysis of technical feasibility, costs, and operational impact indicated that automation was the most efficient option, since it offered greater precision in washing, reduced times, and guaranteed the uniformity of the final product.*

*Finally, automation was chosen, highlighting its ability to resolve current deficiencies and its return in the medium term. This decision considered both the improvement in product quality and the reduction of incidents, which positioned the washing system as an optimized stage within the production process.*

**Keywords:** *corn, washing automation, nixtamalization, pH*

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La cosecha de maíz en Ecuador desempeña un papel fundamental en el sector agrícola, comercial y económico del país, reflejando un incremento en los últimos años del 5% en su demanda. Este crecimiento se ve impulsado, principalmente, por el aumento en la producción de derivados de maíz, tales como tortillas, snacks fritos, snacks horneados, entre otros (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2023).

La producción industrial de derivados de maíz consiste en transformar el grano en productos terminados que, generalmente, incluyen un tratamiento térmico para su cocción. A fin de obtener el producto final, el maíz pasa por varias etapas, entre las cuales destaca la nixtamalización, la cual es importante para conseguir un mejor aprovechamiento del grano y facilita su transformación industrial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1993).

La nixtamalización es un proceso térmico que provoca cambios físicos, químicos y reológicos en el grano de maíz, mejorando así la calidad del producto final (Roque-Maciél et al., 2016). Este método, empleado principalmente en la elaboración de tortillas y otros derivados del maíz, es comúnmente utilizado en la industria de alimentos debido a que optimiza el ablandamiento del maíz.

Por otra parte, la nixtamalización se compone de tres etapas. La primera fase consiste en cocer el grano en una solución alcalina de agua e hidróxido de calcio -conocido comúnmente como cal viva, ablandando el maíz y facilitando su posterior procesamiento (Castillo et al., 2009).

Por consiguiente, se deja reposar el maíz en la solución de cal durante aproximadamente 3 horas, permitiendo que la cal interactúe con el grano, facilite el desprendimiento del pericarpio y ablande el grano en su totalidad. Por último, el grano se enjuga con agua y ácido cítrico para neutralizar el exceso de alcalinidad que queda en el maíz debido a la cal utilizada en el proceso (Roque et al., 2016).

No obstante, cuando el lavado del maíz se ejecuta manualmente, pueden existir rastros de cal adheridos a la superficie del grano, lo que afecta la calidad del producto final, repercutiendo en factores físico químicos, como el pH y/o la textura, y factores de inocuidad, representando un riesgo potencial para la salud del consumidor si no se eliminan adecuadamente (Roque et al., 2016).

Es por esto que las industrias procesadoras de maíz han optado por la implementación de sistemas de lavado automatizados, permitiéndoles realizar controles más rigurosos que, a su vez, permiten la estandarización de parámetros controlables. Además, la automatización en el proceso de lavado también ayuda a optimizar la mano de obra, los recursos no renovables, minimizando el desperdicio de recursos.

## **1.1 Problemática**

ASOCIADOS SO&ZU es una empresa que cuenta con más de 45 años en el mercado ecuatoriano. Inició sus actividades como un negocio familiar, elaborando productos de repostería y galletería, para luego expandir su oferta con snacks de maíz y plátano. En la actualidad, ASOCIADOS SO&ZU cuenta con un portafolio de más de 90 productos entre sus líneas de repostería, galletería, snacks y tortillas.

En el primer trimestre del año 2023, ASOCIADOS SO&ZU presentó un incremento en todas sus líneas. De este aumento, se tiene que la línea de maíz obtuvo un 2% de crecimiento, destacándose como una de las líneas que aportan significativamente al crecimiento económico de la planta procesadora. No obstante, en el último año se presentaron anomalías con los parámetros físico químicos y sensoriales de la masa de maíz, afectando directamente a la calidad del producto final. Debido a esto, el pH de la masa de maíz se ha alterado y consigo incidencias como los defectos en la hojuela, merma y rechazos de clientes han aumentado.

En base a un estudio exhaustivo, se ha logrado determinar que la principal causa de incumplimientos en los parámetros se encuentra en la etapa del lavado de maíz, ya que se realiza de manera manual.

La inconsistencia en el lavado manual se debe a la dificultad de controlar de manera uniforme la cantidad de cal y el tiempo de enjuague, lo que hace que el proceso sea difícil de estandarizar. Al no poder retirar por completo la cal del grano, el pH de la masa aumenta y todos los defectos anteriormente mencionados se presentan, resultando en un producto final de calidad variable, lo que puede impactar negativamente en la hojuela de maíz. Adicionalmente, estos restos de cal que quedan adheridos al grano y, por lo tanto, a la masa, pueden perjudicar notablemente la inocuidad del alimento, poniendo en riesgo la salud del consumidor.

Por otra parte, el proceso de lavado manual de maíz en la empresa ASOCIADOS SO&ZU tarda como mínimo 20 minutos por tanda de lavado, por lo que esta velocidad limitada restringe la capacidad de abastecimiento de maíz lavado para las tres líneas de fritura que contiene la planta operativa. De este modo, la etapa de lavado no solamente afecta a la calidad e inocuidad del producto final, sino que también disminuye la eficiencia en cuanto a la producción de snacks, ya

que las líneas se ven obligadas a detenerse cuando el inventario de maíz lavado no es suficiente para mantener un flujo continuo, generando pérdidas de tiempo y costos adicionales.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La industria alimentaria enfrenta el reto constante de garantizar productos que cumplan con los estándares de calidad e inocuidad y que, a su vez, satisfagan las necesidades de los consumidores. En el caso de las plantas procesadoras de snacks de maíz, una de las etapas decisivas para la entrega de un producto final de calidad es la nixtamalización del grano, proceso fundamental para el ablandamiento y aporte de cualidades sensoriales en el producto. No obstante, en muchas industrias la etapa del lavado en la nixtamalización aún se realiza de manera manual, lo que genera problemas de eficiencia, eficacia y efectividad.

De acuerdo con CFS (2014), los procesos manuales contribuyen significativamente a las pérdidas y el desperdicio de alimentos, en particular en los países en desarrollo donde la infraestructura y la tecnología son limitadas. Las pérdidas debidas a los procesos manuales se pueden reducir mediante la mejora de las prácticas, la formación y la inversión en infraestructura y tecnología.

La industria alimentaria, en particular el sector de snacks a base de maíz, enfrenta desafíos críticos relacionados con la gestión ineficiente del proceso de lavado durante la etapa de nixtamalización (Vargas, 2007). Esta deficiencia no solo compromete la calidad del producto final, sino que también ocasiona un importante desperdicio de recursos y genera impactos ambientales negativos. Por ello, la innovación y automatización de estos procesos se presentan como una solución estratégica para optimizar la operación, reducir pérdidas y promover una mejora integral en la industria.

### **1.3 Formulación del problema**

El proceso manual de lavado en la planta procesadora de snacks de maíz ASOCIADOS SO&ZU presenta limitaciones significativas en términos de eficiencia y calidad, afectando la productividad y siendo no sostenible para el medio ambiente. Frente a este desafío el presente trabajo intenta determinar ¿en qué medida la implementación de un sistema automatizado de lavado en una planta procesadora de snacks de maíz contribuirá a eliminar los residuos de cal, optimizar los recursos operativos y garantizar la calidad del producto final?

### **1.4 Objetivos**

#### ***1.4.1 Objetivo general***

Proponer una solución estandarizada de lavado en la línea de producción de snacks de maíz que mejore la eficiencia operativa y optimización de recursos económicos y ambientales, mediante un análisis de causas y factores que afectan el proceso de lavado.

#### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- i. Identificar los factores que afectan la eficiencia del proceso de lavado de maíz mediante los datos brindados.
- ii. Realizar un método de solución y mejora continua.
- iii. Evaluar la factibilidad del método de lavado más eficiente en costos y resultados de calidad del proceso.

### **1.5 Justificación**

La implementación de mejoras en la etapa de lavado representa una solución estratégica que cubrirá problemas críticos de eficiencia operativa, optimización de recursos y sostenibilidad ambiental en la planta de producción.

Al encontrar una solución estandarizada, la eficiencia del tiempo de lavado de maíz incrementará, reduciendo de manera significativa el tiempo requerido para el lavado de la materia prima. De este modo, se aprovechará de mejor forma la capacidad de producción que tienen los equipos, se reducirán los tiempos de ocio y se maximizará la productividad en cada turno de trabajo al tener un flujo constante de alimentación a las freidoras.

Por otra parte, el consumo de agua y los costos ambientales y económicos que este conlleva disminuirían. Actualmente, la empresa ASOCIADOS SO&ZU consume un promedio de 4472 metros cúbicos de agua al mes, lo que representa un costo significativo de \$2862. De este total, el proceso de lavado de maíz manual contribuye al consumo de alrededor del 25%, lo que se traduce en \$715, aproximadamente. Al mejorar el proceso de lavado, se aprovechará de mejor forma el recurso hídrico, utilizando únicamente la cantidad de agua necesaria para el lavado por ronda. Además, esta disminución en el consumo de agua no solo reducirá costos operativos, sino que también tendrá un impacto directo positivo sobre el medio ambiente, contribuyendo al cumplimiento del ODS 12 – PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES, y el ODS 15 – VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES.

Por último, la implementación de una solución estandarizada en la etapa del lavado disminuirá la tasa de producto no conforme debido a los incumplimientos de parámetros de calidad, ya que al no obtener una masa homogénea y de calidad no se logra eliminar la humedad necesaria para que el producto salga en óptimas condiciones de grasa. De esta manera, también se reducirá la tasa de desperdicio y miga, evitando pérdidas económicas a la empresa.

## **1.6 Hipótesis o idea a defender**

La implementación de un sistema automatizado en la etapa de lavado de maíz en la empresa ASOCIADOS SO&ZU optimizará los costos operativos, garantizará el cumplimiento de normativas de calidad nacionales e internacionales y mejorará la eficiencia del proceso al reducir el consumo de recursos y las pérdidas asociadas al lavado manual.

## **1.7 Cobertura**

El alcance de este trabajo estará limitado a una planta procesadora específica, pero sus resultados podrían ser útiles como referencia para otras industrias del sector alimentario cuyo enfoque se base en la optimización de procesos similares mediante la automatización.

- Campo: Industria Alimenticia
- Área: Calidad alimentaria
- Aspecto: Optimización de procesos
- Límite espacial: Guayaquil, Guayas, Ecuador

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes históricos del producto

El maíz, considerado un alimento sagrado por civilizaciones como los mayas y los aztecas, ha ocupado un lugar central en la cultura, economía y gastronomía de los países de América Latina desde tiempos ancestrales (Kato et al., 2009). Estas civilizaciones no solo domesticaron el maíz, sino que también lo integraron en rituales religiosos y tradiciones, siendo considerado un símbolo de vida y sustento (UNAM, 2024). En la actualidad, este grano continúa siendo fundamental en la dieta de millones de personas, de modo que su versatilidad y valor nutricional han permitido que no solo se consuma de manera tradicional, sino que se transforme en una amplia gama de productos alimenticios, incluidos snacks, harinas, tortillas e incluso bebidas tradicionales (UNAM, 2024).

Durante las últimas décadas, la industria alimentaria ha impulsado el procesamiento del maíz mediante tecnologías avanzadas para satisfacer la creciente demanda global de productos derivados del maíz, tales como los previamente descritos (Kato et al., 2009).

Por otra parte, la nixtamalización en la elaboración de derivados de maíz, tiene como etapa crítica la fase del lavado para garantizar un sabor en el producto final idóneo (Vargas, 2007). Tradicionalmente, este proceso se realizaba de forma manual, lo que daba lugar a inconsistencias en la limpieza, desperdicio de agua y altos costos operativos debido a la merma que se generaba por el no cumplimiento de estándares de calidad establecidos (Ramírez-Araujo et al., 2019). La transición hacia sistemas automatizados ha permitido mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas, estableciendo un estándar más elevado en la industria alimentaria.

## **2.2 Investigaciones previas**

A continuación se detallan antecedentes históricos y estudios previos que justifican la necesidad de investigar y aplicar sistemas automatizados en la industria, y, particularmente para esta investigación, la implementación de un sistema de lavado automatizado, destacando el impacto positivo que este tiene para con la calidad, sostenibilidad y eficiencia de las operaciones en la industria alimentaria.

Un estudio realizado por Gricelda et al. (2011) declara que la calidad del proceso de nixtamalización del maíz influye directamente sobre las propiedades organolépticas del producto final y su aceptación. De este modo, se sugiere que sistemas no automatizados generan mayor variabilidad en la masa, lo que afecta negativamente la homogeneidad del producto (Ramírez-Araujo et al., 2019).

Por otra parte, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, el 8% del total de las emisiones globales de los gases de efecto invernadero se deben al desperdicio descontrolado de alimentos, considerando que la implementación de sistemas automatizados desde la recepción hasta la distribución son estrategias ideales para la reducción del efecto nocivo de las plantas procesadoras de alimentos sobre el medio ambiente. Adicionalmente,

Por último, Amos (2024) expone que sobre la implementación de tecnologías en plantas procesadoras de alimentos reduce los costos operativos, disminuye el error humano y las inconsistencias en las normativas de calidad.

## **2.3 Generalidades del maíz**

El maíz es uno de los cereales más cultivados y consumidos en el mundo debido a su versatilidad y valor nutricional. Originario de América, su cultivo se ha expandido a nivel global,

convirtiéndose en un pilar de la alimentación humana y animal, además de ser una materia prima fundamental en la industria alimentaria (FAO, 1993).

El maíz es una fuente importante de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales. Su amplia variedad de especies permite múltiples aplicaciones, desde su consumo directo hasta la producción de productos procesados como harinas, aceites, edulcorantes y snacks. En Ecuador, el maíz ocupa un lugar especial en la agricultura y la gastronomía, siendo ampliamente utilizado en diversas preparaciones tradicionales y productos industriales (Caviedes, 2019).

### **2.3.1 Tipos de maíz en Ecuador**

En Ecuador se cultivan principalmente tres tipos de maíz: el maíz duro, el maíz suave y el maíz chulpi. El maíz duro, también conocido como "maíz amarillo", es rico en almidón y es el más cultivado en el país, generalmente destinado para la alimentación animal y procesos industriales. El maíz suave o "maíz blanco" tiene un uso destacado en preparaciones tradicionales ecuatorianas, como la "chicha" o la harina de maíz. Por su parte, el maíz chulpi es apreciado por su textura crujiente y sabor suave, siendo popular como snack tostado. Además de estos, existen variedades locales con características específicas de cada región, que enriquecen la diversidad de este cereal en el país (Carrasco *et al.*, 2023).

### **2.3.2 Maíz utilizado en la fabricación de snacks**

Para la fabricación de snacks, en particular, se emplea principalmente el maíz duro o amarillo, debido a su alto contenido de almidón, que le otorga la textura crujiente deseada en los productos de este tipo. Este maíz pasa por distintos procesos de cocción, laminado y fritura para transformarse en snacks de textura crujiente y sabor agradable. Gracias a su versatilidad y adaptabilidad, el maíz duro permite la creación de una variedad de formas y sabores en productos de snacks, desde chips hasta extruidos y palomitas, siendo ideal para la producción industrial

debido a su capacidad para retener la forma y la textura durante el procesamiento (Analuisa *et al.*, 2022).

## **2.4 Origen de la nixtamalización**

La nixtamalización es un proceso originario de los pueblos indígenas de América, especialmente de los productores de maíz, entre los que Ecuador ocupa un lugar destacado. Tradicionalmente, este proceso se realizaba usando ceniza, el residuo de la combustión de madera, que contenía óxido de calcio. La ceniza se empleaba en proporciones del 20 al 25%, mezclada con agua a temperatura de ebullición, donde el maíz se dejaba reposar entre 40 y 50 minutos, ajustando el tiempo en función de la calidad de la ceniza y de la experiencia acumulada y transmitida de generación en generación. Este método tradicional permitía obtener un producto adecuado para diferentes usos, como masa para tortillas o harina, tras ser sometido a reposo, lavado y secado (Paredes *et al.*, 2009).

### **2.4.1 Evolución del proceso a nivel industrial**

En la actualidad, el proceso de nixtamalización se ha industrializado y se lleva a cabo con hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) en concentraciones que varían entre el 1% y el 4%. Concentraciones demasiado bajas impiden una adecuada hidratación y disminuyen el sabor del grano, mientras que concentraciones excesivas pueden alterar el color del grano y dificultar su suavización, incluso con tiempos de cocción prolongados (Gómez, 2022).

La nixtamalización industrial ha facilitado la producción de derivados como maíz pelado para mote, productos fritos, y harina de masa seca nixtamalizada, la cual tiene una larga vida útil y no se enrancia, a diferencia de la harina de maíz convencional (Gómez, 2022).

#### **2.4.2 Cambios en la composición del maíz durante la nixtamalización**

De acuerdo a lo descrito por la FAO (1993), el proceso de nixtamalización produce varios cambios en la estructura y composición del maíz, entre los que se destacan:

- Eliminación del pericarpio: Durante el tratamiento alcalino, el pericarpio del grano se remueve, lo que facilita su posterior molienda.
- Control de la actividad microbiana: La alcalinidad del proceso contribuye a reducir el riesgo de contaminación microbiana.
- Aumento en el contenido de minerales: La adición de iones de calcio en el grano mejora su valor nutricional.
- Reducción del contenido de grasa: Ocurre debido a la hidrólisis alcalina de los ácidos grasos presentes en el grano.
- Disminución de fibra cruda: La separación del pericarpio y el lavado eliminan parte de la fibra presente en el grano.
- Pérdida de proteínas: Algunas proteínas se disuelven durante el proceso y se pierden en el nejayote (el líquido residual).
- Modificación de los carbohidratos: El almidón en el endospermo del maíz sufre gelatinización parcial, liberando cadenas de amilosa y amilopectina.
- Mejora en la absorción de agua: Esto hace que el maíz nixtamalizado sea más adecuado para la preparación de masa.
- Destrucción de vitaminas hidrosolubles: La acción alcalina del proceso afecta ciertas vitaminas, aunque aumenta la biodisponibilidad de la niacina.
- Desarrollo de sabor característico: La nixtamalización aporta un sabor distintivo al grano.

### **2.4.3 Efectos negativos de la nixtamalización del maíz**

El proceso de nixtamalización, si bien puede parecer sencillo, en realidad conlleva una complejidad tecnológica detrás de su aplicación; la práctica del proceso de nixtamalización manual puede representar peligros laborales para los trabajadores, debido a la manipulación de superficies calientes, debido al manejo de temperaturas elevadas para que el óxido de calcio actúe sobre el pericarpio del grano, de igual forma, una manipulación incorrecta podría desencadenar una contaminación microbiana en la materia prima, especialmente por una higiene inadecuada de manos, superficies e inclusive del agua utilizada en esta operación (Roque et al, 2016).

Por otro lado, tanto la nixtamalización industrial como la manual implican el uso excesivo de recursos energéticos e hídricos que aumentan el valor comercial de los productos derivados del maíz, además de que pueden provocar brechas de contaminación ambiental si el agua residual de esta operación no es tratada de forma correcta (FAO, 1993).

Desde el enfoque nutricional, existen varios efectos negativos sobre el grano de maíz debido al uso de la cal. Por mencionar los más importantes, se ha presenciado una reducción del contenido de grasa, producido por una hidrólisis alcalina de los ácidos grasos, de igual forma, la pérdida del pericarpio produce un riesgo de reducción significativo de la fibra presente en el grano; la pérdida de esta barrera natural del maíz hace más susceptible a las proteínas, produciendo su desnaturalización e incluso muchas se llegan a disolver en el líquido residual del lavado (Escalante-Aburto et al., 2013).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Técnicas de investigación

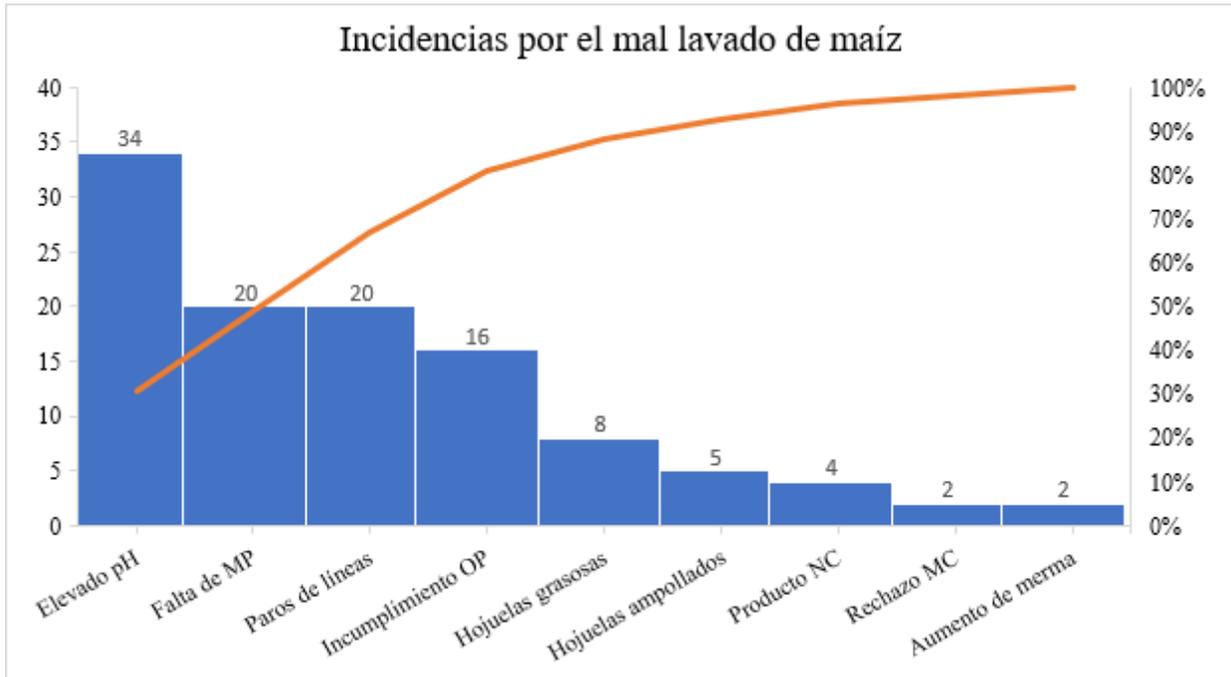
El enfoque metodológico del presente proyecto se basó en un análisis estadístico descriptivo de datos históricos relacionados con la etapa de lavado en el proceso de producción de snacks de maíz. Para ello se empleó una metodología cuantitativa y analítica que tuvo como finalidad identificar y proponer mejoras en dicha etapa dentro de la línea de procesamiento.

De esta manera, mediante el análisis de datos obtenidos por el software de la empresa, se buscó comprender los límites de desempeño y las variaciones en el proceso, permitiendo así una evaluación precisa del estado actual y de las posibles optimizaciones que contribuyan a la eficiencia y calidad del proceso. La recopilación de estos datos se hizo mediante el software estadístico Datalyzer, el cual también facilitó la creación de gráficos, reportes estadísticos y el cálculo de índices de capacidad de proceso (CPK), lo que fue fundamental para identificar patrones, evaluar la estabilidad de los procesos y determinar variaciones que pudieran estar impactando la eficiencia de la etapa de lavado.

#### 3.2 Incidencias en la etapa del lavado

A través del histórico de calidad y producción, se evaluaron detalladamente las incidencias más comunes asociadas a un inadecuado proceso de lavado del maíz (Figura 2.1). Mediante el uso de un diagrama de Pareto, se identificaron y priorizaron las causas de estos problemas, revelando que pH elevado en el maíz era la principal consecuencia de la deficiente ejecución en esta etapa.

*Figura 3.1 Diagrama de Pareto de las incidencias por el mal lavado de maíz*



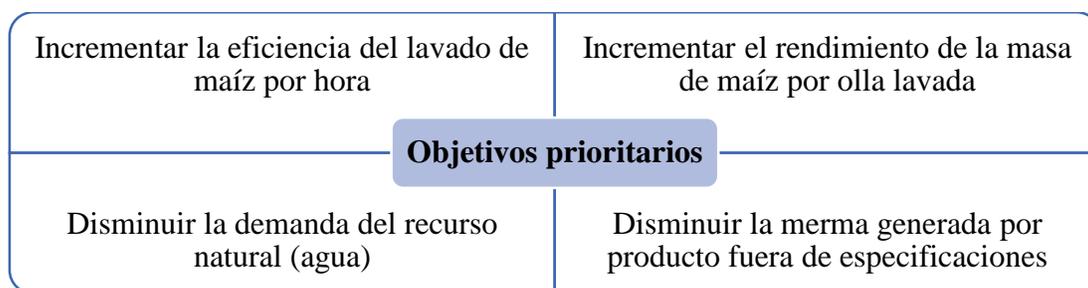
### 3.2.1 Recopilación de datos

El diagrama de Pareto determinó que la incidencia principal del mal lavado es un elevado pH, por lo que los datos recopilados se hicieron en base al pH de la masa de maíz. Para ello se tomó como referencia los datos de los cuatro primeros meses del año 2024, con un total de 160 datos. En la Tabla 7.1, ubicada en el anexo A, se pueden observar los valores.

### 3.3 Propuestas de mejora

Para la recopilación de las propuestas de mejora se llevó a cabo el análisis de las incidencias registradas en la etapa del lavado. Posteriormente, se realizó una reunión de equipo en la que se implementó la dinámica de lluvia de ideas y se observaron las ventajas y las desventajas de cada una de ellas, considerando los objetivos prioritarios descritos en la Figura 2.2.

*Figura 3.2 Objetivos prioritarios a cumplir de la propuesta seleccionada*



### **3.4 Proceso de elaboración de snacks de maíz**

La elaboración de los snacks de maíz es proceso industrial que transforma el grano de maíz en hojuelas crujientes y saborizadas. Para ello se necesitan de once etapas fundamentales, las cuales son descritas a continuación:

#### **3.4.1 Recepción de la materia prima**

En esta etapa se recibe el maíz seco en planta de acuerdo a la demanda solicitada. Luego de la descarga, los analistas de calidad de materia prima proceden a realizar el muestreo correspondiente para realizar los análisis físicos y químicos preestablecidos, asegurándose de que el maíz cumpla con los estándares de calidad requeridos en cuanto a humedad y aflatoxinas; además, en esta inspección también se verifica si existe presencia de impurezas en el maíz y su relación en base al total muestreado. Luego de aprobarse, el maíz es almacenado de manera temporal en silos para su posterior transformación.

#### **3.4.2 Pesado**

Después de la recepción, clasificación y selección, el maíz pasa al área de pesado, donde se mide la cantidad necesaria para el proceso de producción. Esta etapa asegura que se use la cantidad exacta de materia prima y otros insumos necesarios para el proceso de producción, tales

como cal y/o ácido cítrico, permitiendo la estandarización del proceso y la optimización de recursos.

### **3.4.3 *Nixtamalización***

Este proceso es fundamental en la elaboración de snacks de maíz. La nixtamalización consiste en cocinar el maíz en agua con cal a una temperatura de entre 87 – 93 °C, durante 20 minutos. Luego de cocinarse por el tiempo establecido, se homogeniza la solución y se deja reposar en la misma solución por un mínimo de 8 horas y un máximo de 12 horas para que el proceso de nixtamalización sea completado y, tal como se ha descrito anteriormente, la cal rompa la estructura del grano, facilite la liberación de nutrientes y mejore la textura y el sabor de la masa

### **3.4.4 *Lavado***

Una vez haya transcurrido el tiempo de reposo del maíz en la solución de cal, se procede a lavar de manera manual por 15 minutos. En esta etapa, se realizan tres lavados, los dos primeros son únicamente con agua; mientras que el tercer lavado se realiza con ácido cítrico para retirar por completo el exceso de cal y los residuos que quedaron de la cocción.

### **3.4.5 *Molienda***

El maíz previamente lavado es molido colocado en la tolva del molino de piedras. Este molino está compuesto por dos piedras planas grandes que giran constantemente, lo que les permite triturar los granos hasta formar una masa fina y homogénea. Mientras el maíz se va incorporando a la tolva, se va agregando agua a la mezcla para evitar que se fraccione.

### **3.4.6 *Laminado***

Una vez el maíz ha sido molido, se traslada a través de tinajas a la etapa de laminado y cocción. Como primer punto, el maíz pasa por una laminadora que le da el grosor y la forma

requerida. Este laminado permite obtener piezas uniformes, ajustándolas a las especificaciones requeridas por los clientes.

#### **3.4.7 Horneo**

Posteriormente, las piezas de masa moldeada se trasladan mediante una malla al horno, en donde reciben una precocción a una temperatura de 180°C y a una velocidad ajustable, dependiendo de la hojuela que se desea producir y, de este modo, mantener firme la masa al momento de la fritura.

#### **3.4.8 Fritura**

En esta etapa se sumerge a la hojuela en aceite a una temperatura mínima de 145°C por, al menos, 15 minutos para garantizar que la calidad e inocuidad del producto.

#### **3.4.9 Selección y clasificación**

Una vez las hojuelas salen de la fritura, pasan a una malla transportadora en donde se separa a las hojuelas que no cumplan visualmente con los parámetros de forma requeridos.

#### **3.4.10 Saborizado**

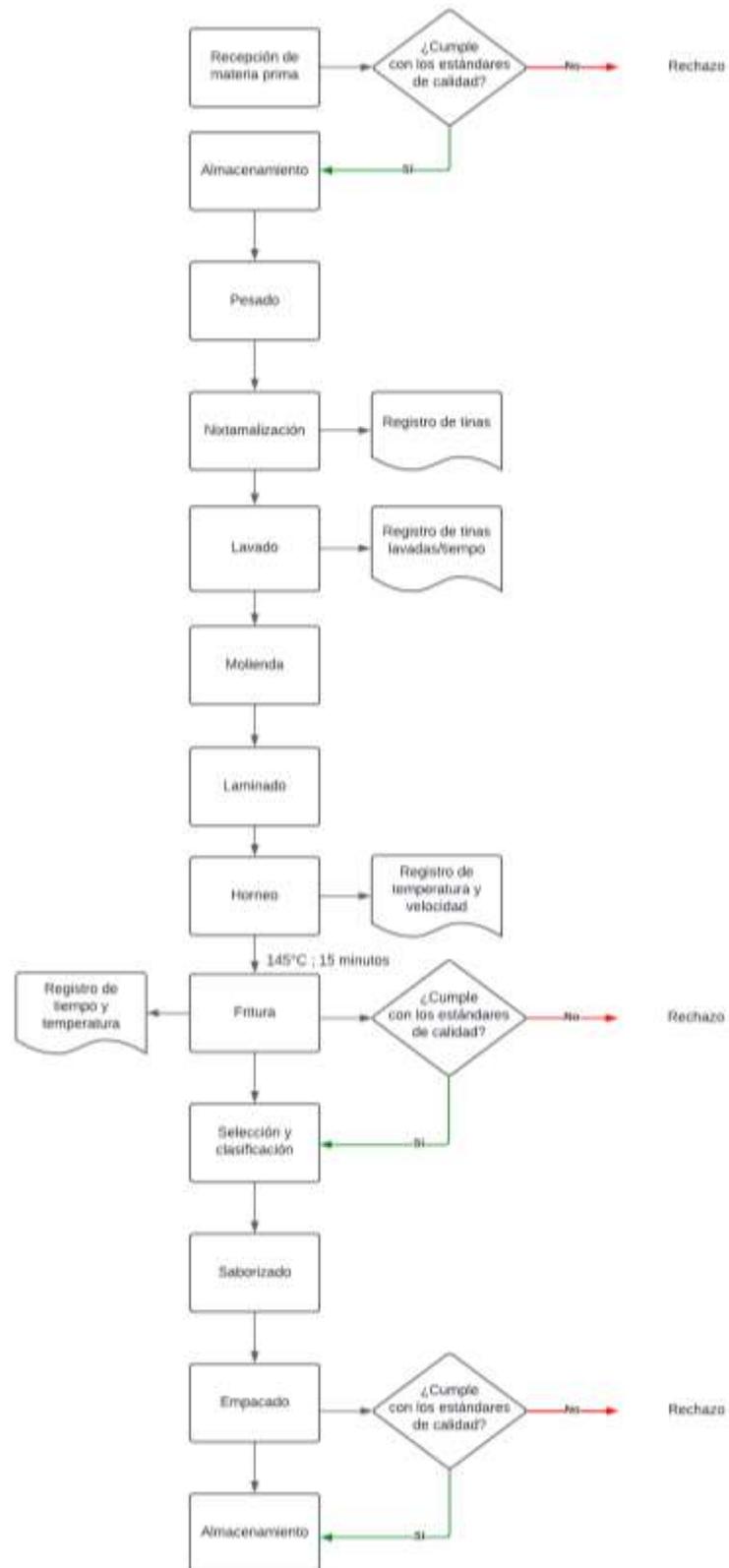
En esta etapa se sazona a la hojuela dependiendo del producto que se está elaborando. Para ello, se pesan 6 kg de hojuelas y se colocan dentro de un tambor rotatorio. Seguido, se agrega la cantidad de saborizante necesaria y se homogeniza la muestra por, aproximadamente, 2 minutos.

#### **3.4.11 Empacado y almacenamiento**

Los snacks se empacan en empaques de propileno biorientado metalizados o no metalizados, dependiendo del producto. Cada envolvente cuenta con un sistema de balanza incluido, el que le permite pesar el contenido neto del producto para cada empaque y que, de esa manera, se garanticen los estándares de calidad. Asimismo, en la etapa de empaqueo se coloca el

lote, el precio, la fecha de elaboración y la fecha de vencimiento del producto. Por último, el producto es puesto en cajas de cartón y paletizado para almacenarlo en bodega hasta su distribución.

Figura 3.3 Diagrama de flujo de la elaboración de snacks de maíz



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis de datos de pH

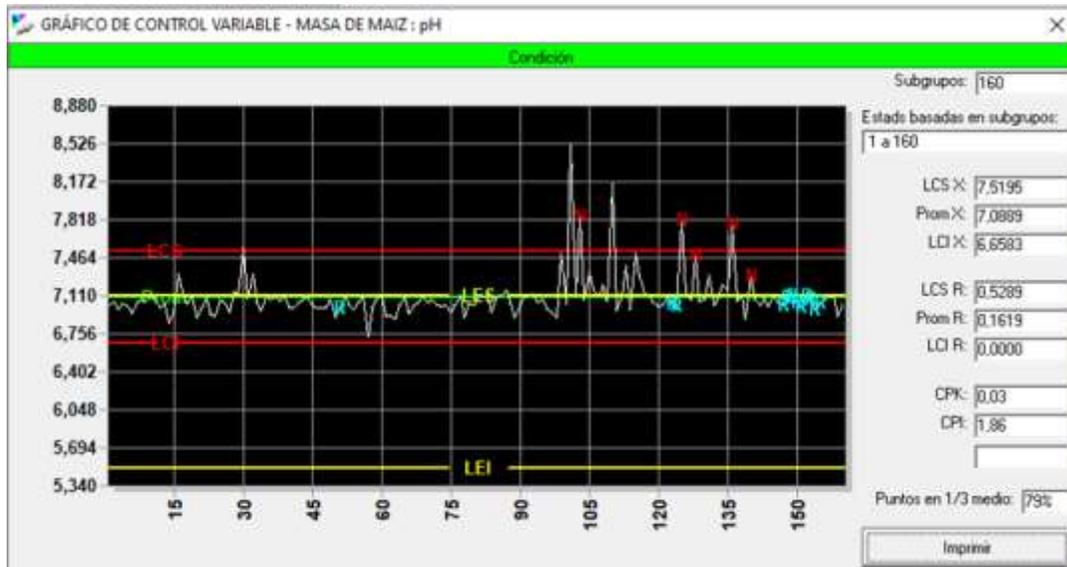
De acuerdo con la normativa ecuatoriana NTE INEN 2051 (2013), correspondiente a los requisitos para maíz molido y derivados, el pH de la masa de maíz debe estar entre 5.5 y 7.1, para garantizar la estabilidad del producto final. Con base a esta afirmación y considerando los resultados de valores de pH ubicados en la Tabla 7.1, Anexo A, se puede observar que existen desviaciones superiores al 15% en la mayoría de los casos, siendo el mes de marzo el mes que más desviación presenta con un total de 33%.

De este modo, y gracias al software estadístico Datalyzer, se obtuvo la gráfica de control visualizada en la Figura 3.1. En la ilustración se observa que, tal como lo detallan los datos históricos, existen valores de pH que están sobre el Límite de Control Superior (LCS) permitido, observándose una notable desviación en este parámetro. Asimismo, en la interfaz del software también se muestra el valor del CPK, el cual es de 0.03, siendo lo mínimo requerido por ASOCIADOS SO&ZU 1, indicando que la capacidad del proceso no cumple de manera consistente con los límites de control establecidos.

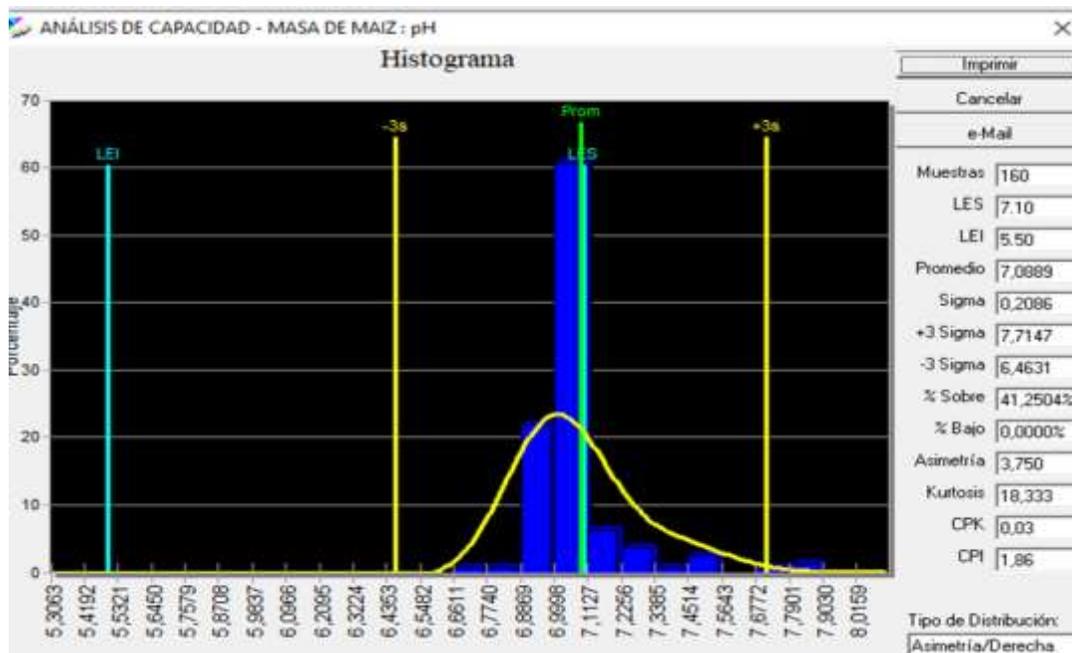
Por otra parte, la Figura 3.2 muestra de una manera más gráfica el comportamiento del pH a lo largo del tiempo mediante un histograma. Como primer punto se observa una distribución amplia con un pico bajo cerca de la media (7.0889) y una dispersión significativa hacia ambos extremos, lo que indica que los valores del pH se concentran en mayor proporción lejos del centro. Adicionalmente, se observa mucha variabilidad en cuanto a los datos ya que los valores están fuera de los límites de control permitidos. Por último, se observa una kurtosis platicúrtica baja de 1.86,

siendo lo ideal 3 para una distribución normal, lo que indica que las desviaciones en los extremos de la distribución no son tan frecuentes, pero que de todos modos se requieren ajusten para reducir la variabilidad y centrar más los valores dentro del rango establecido.

*Figura 4.1 Gráfica de control de los datos de pH*



*Figura 4.2 Histograma de la masa de maíz con variable pH*



## **4.2 Detalle de propuestas**

Mediante una mesa de trabajo de evaluación de propuestas y considerando los objetivos de las necesidades de mejora se establecieron las alternativas más viables:

- Automatización del lavado de maíz
- Repotenciación de lavadora de maíz
- *Estatus quo*

### **4.2.1 Automatización del lavado de maíz**

La automatización en la etapa del lavado de maíz consiste en implementar tecnologías que optimicen la eficiencia del proceso y que, a su vez, regulen variables críticas que contribuyen significativamente al cumplimiento de los objetivos prioritarios de las necesidades de mejora.

De acuerdo con una reunión solicitada con los departamentos pertinentes en ASOCIADOS SO&ZU, se obtuvo información del proveedor para la adquisición de un nuevo equipo de lavado de maíz, indicando las piezas de la lavadora de maíz y el precio.

#### **4.2.1.1 Componentes del equipo**

A continuación se detallan las piezas con las que cuenta el modelo de equipo automatizador de lavado, mientras que en el Anexo B se puede observar de manera gráfica la ubicación de cada una de estas partes:

- Alimentador de maíz: tolva con lados cónicos, fondo perforado, motor de velocidad variable para alimentar la lavadora
- Lavador de maíz: cabezal con aspersores de acero inoxidable para el lavado del maíz, tambor perforado con hoyos de ¼", hélice interna para el control del flujo de maíz
- Motor de velocidad fija: tapas con manija para el acceso al interior del lavador

- Transportador del maíz lavado: Banda plástica con lados fijos, estructura de acero inoxidable, motor de corriente alterna, bandejas de escurridos
- Plataforma de soporte para el lavado de acero inoxidable

#### 4.2.1.2 Costos de inversión

Para la implementación del sistema de automatizado se tomaron en cuenta los costos directos e indirectos asociados al proyecto. En la Tabla 4.1 se observa el costo total de inversión, el cual es de \$317,489.00

*Tabla 4.1 Detalle de costos de inversión de la propuesta 1 – Automatización del lavado de maíz*

Costos	Equipo	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Directos	Lavador de maíz	1	\$ 193,990.00	\$ 193,990.00
	Molino para masa	1	Por cliente	
	Sistema masa hog	1	\$ 35,021.00	\$ 35,021.00
	Sistema masa pump	1	\$ 57,774.00	\$ 57,774.00
	Sistema masa piping	1	\$ 23,704.00	\$ 23,704.00
Indirectos	Instalación del sistema	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Capacitación al personal	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
	Mantenimiento preventivo	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Total				\$ 317,489.00

#### 4.2.2 Repotenciación de la lavadora de maíz

La reunión estableció realizar mejoras a corto plazo en la etapa del lavado, considerando la implementación de nuevos instrumentos que permitan la obtención de mejores resultados.

Entre las solicitudes de servicio que se deben realizar está la implementación de paletas flexibles plásticas, ya que de esta manera se optimizaría el movimiento y la manipulación de los granos durante el lavado, mejorando la agitación del agua y reduciendo su desperdicio. También

se planteó cambiar el caucho que une la olla de lavado con el sistema de lavado, de esta manera se buscaría brindar hermeticidad y evitar el desperdicio del recurso natural.

#### 4.2.2.1 Costos de inversión

Para la implementación de la repotenciación del sistema de lavado se toman en cuenta los costos directos únicamente, considerando que, debido a la practicidad de la solución, no existen costos de instalación ni de capacitación. Por otra parte, la cantidad de paletas a necesitar se calculó mediante el número total de trabajadores que opera el sistema de lavado manual, el cual es 4. En la Tabla 4.2, ubicada a continuación, se detalla el costo de inversión de las paletas

*Tabla 4.2 Detalle de costos de inversión de la propuesta 2 – Repotenciación de la lavadora de maíz*

<b>Costos</b>	<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Costo total</b>
Directos	Paletas flexibles	4	\$ 3750.00	\$ 15,000.00
Total				\$ 15,000.00

#### 4.2.3 Estatus quo

Por último, se analizó la propuesta de dejar operando el sistema de lavado como está, sin implementación de mejoras. El análisis del status quo de la etapa de lavado destaca un sistema funcional que ha logrado mantener la operación de la planta desde sus inicios de manera eficiente y entregando un producto final dentro de los parámetros establecidos, existiendo desviaciones en casos particulares. De este modo, esta propuesta representaría una inversión de \$0.

### 4.3 Propuesta de solución

En base a lo anteriormente descrito, en la Tabla 4.3 se puede observar el análisis de las tres propuestas considerando sus ventajas y desafíos.

*Tabla 4.3 Resumen de pros y contras de las propuestas de solución*

<b>Aspecto</b>	<b>Propuesta 1: Automatización del sistema</b>	<b>Propuesta 2: Repotenciación del sistema</b>	<b>Propuesta 3: Status quo</b>
Costo inicial	Alto costo de inversión y adquisición de equipos	Moderada, con aprovechamiento de infraestructura existente	Costo cero, no requiere inversión
Calidad físico química del producto	Alta precisión y consistencia en parámetros como pH y humedad	Mejorada, pero con limitaciones por componentes antiguos	Limitada, mayor variabilidad en el pH
Eficiencia operativa	Eficiente, con optimización de recursos y tiempos muertos	Moderada, algunos problemas estructurales persisten	Baja, debido a paros en líneas por incurrencias de desviaciones
Tiempo de implementación	Largo, requiere instalación, capacitación y ajuste	Corto, no requiere instalación, pero sí cotización y llegada del material	Inmediata, no hay interrupciones
Sostenibilidad	Reduce desperdicio de agua	Mejora moderadamente el consumo de recursos	Alta huella ambiental por ineficiencias históricas

De esta manera se concluye que, aunque las propuestas 2 y 3 sean factibles para cortos e inmediatos plazos, lo que busca ASOCIADOS SO&ZU es una mejora continua y persistente a lo largo del tiempo, por lo que la propuesta 1 representa el ideal para una mejora a largo plazo en calidad, eficiencia y sostenibilidad, a pesar de que los costos iniciales y el tiempo de implementación sean mayores.

#### ***4.3.1 Análisis de costos de la propuesta seleccionada***

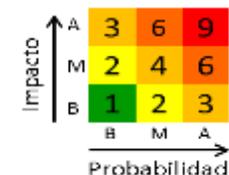
El análisis de costos asociados con la automatización del sistema de lavado de maíz revela una inversión considerable de \$317,489, distribuida entre costos directos e indirectos. Aunque la inversión inicial es significativa, esta se presenta como una solución estratégica con un alto potencial para generar beneficios operativos sostenibles a largo plazo, tales como la mejora en la eficiencia del proceso, la optimización de recursos y el fortalecimiento de la competitividad en el mercado.

La automatización, aunque representa un diseño inicial elevado, ofrece una oportunidad clave para la reducción de costos operativos a largo plazo. Al optimizar recursos esenciales como el tiempo y el agua, no solo se mejora la eficiencia operativa, sino que también se garantiza la estandarización del proceso, lo que facilita el cumplimiento de normativas internacionales de calidad. Asimismo, la automatización impulsa la sostenibilidad tanto operativa como ambiental, minimizando el desperdicio y mejorando el uso de los recursos disponibles. Este enfoque no solo eleva la competitividad de la empresa, sino que también refuerza su compromiso con la sostenibilidad, un valor cada vez más relevante en la industria alimentaria.

#### 4.4 Implementación de la propuesta seleccionada

Figura 4.3 Matriz de riesgos de la propuesta seleccionada

No. de Riesgo	Tipo de riesgo	Riesgo		Síntoma	Impacto (A/M/B)	Probabilidad (A/M/B)	Evaluación		Respuesta
		Fuente	Consecuencia				Valor (1 al 9)	Nivel (A/M/B)	
1	Técnico	Dificultad de los proveedores para ingreso hacia las instalaciones	Esto puede conducir a retrasos en el cronograma.	Retraso en las actividades y dificultad para cumplir con el cronograma	A	M	6	Alto	Revisar política de trabajo interno para los contratistas de manera que se evite caer en incumplimientos. Buscar asesoramiento de personal capacitado en temas de seguridad.
2	Técnico	No contar con los permisos de trabajo requeridos para la obra	Puede afectar ejecución planificada de las obras y ocasionar incrementos en el tiempo previsto.	Dificultad para conseguir los materiales requeridos para la construcción.	M	M	4	Medio	Cotizar los materiales en el mercado un mes antes de lo programado. Considerar una lista de probables proveedores extranjeros que puedan suministrar los materiales en tiempo, costo y calidad requeridos.
3	Gestión	Retrasos en la entrega de maquinaria	Retrasos durante la ejecución del proyecto.	Complicaciones referente a las liberaciones durante el proceso de importación.	M	A	6	Alto	Estimar tiempos con antelación en conjunto con el proveedor de la llegada de las maquinarias, elaborar cuadro de seguimiento y cumplimiento
4	Cronograma	La última temporada de lluvias ha dejado cifras elevadas de catástrofes naturales	Las fuertes lluvias pueden retrasar la ejecución del proyecto.	Se prevee llegada del fenómeno del niño	A	A	9	Alto	Monitorear las condiciones climatológicas a través de pronósticos del tiempo.
5	Gestión	No contar con la materia prima maíz para las pruebas del equipo	Afectación en las pruebas del equipo una vez instalado	En los meses de elevada demanda se encera el almacenamiento del maíz	A	B	3	medio	Establecer cronogramas para entrega de la materia prima para contar con abasto durante la temporada alta
6	Gestión	Si continúan los disturbios dentro de los centros de reclusión reduce el tránsito	Puede modificarse de manera negativa la ejecución del proyecto debido al cierre de vías y carreteras	La probabilidad de que se ocurra amonitamiento es del 50%.	M	M	4	Medio	Realizar un mapeo de rutas de movilización alternas a tomar
7	Gestión	Canales de comunicación deficientes	Puede ocasionar que la campaña de comunicación no tenga la difusión requerida.	Se ha evidenciado que en otros proyectos el personal principalmente operativo no está al tanto	M	M	4	Medio	Iniciar el proceso de contratación de la empresa que difundirá la campaña.



VALOR	NIVEL DEL RIESGO
6 a 9	Alto
3 y 4	Medio
1 y 2	Bajo

En la Figura 3.3 se observa la matriz de evaluación de riesgos en donde se consideraron un total de siete adversidades que pueden presentarse, de las cuales únicamente tres de ellas conllevan a un riesgo alto.

De acuerdo con la política de seguridad, calidad e inocuidad de ASOCIADOS SO&ZU, no se permite el ingreso a planta a personas o proveedores que no cuenten con la debida autorización. De este modo, los proveedores podrían retrasar las actividades y presentar incumplimientos en el cronograma de instalación al representar este riesgo un nivel alto.

Por otra parte, el riesgo de la entrega de maquinaria es un factor crítico que puede impactar significativamente la implementación e instalación del sistema de lavado según lo planificado en el cronograma. De este modo, también se presentarían retrasos en la producción y puesta en marcha de los equipos, lo que podría derivar en sobrecostos.

Por último, el factor ambiental también conlleva un riesgo alto al preverse para el próximo año la llegada del fenómeno del niño, impactante directamente en el retraso de la ejecución del proyecto.

Es por esto que en la Tabla 4.4 se detalla el plan de mitigación que ofrece medidas preventivas y correctivas para algunos de los riesgos evaluados.

**Tabla 4.4** Riesgos y plan de mitigación frente al análisis de adversidades

<b>RIESGOS Y PLAN DE MITIGACION</b>	
<b>RIESGOS</b>	<b>PLANES DE MITIGACION</b>
Prohibición de ingreso a los proveedores	- Revisar política de trabajo interno para los contratistas para evitar atrasos

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitar al personal contratista en temas de seguridad.</li> </ul>
No contar con los permisos de trabajo respectivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considerar una lista de probables proveedores extranjeros que puedan suministrar los materiales a tiempo.</li> <li>- Cotizar con tiempo anticipado los materiales.</li> </ul>
Retrasos en la llegada de la maquinaria	Elaborar cuadro de seguimiento y cumplimiento.
No contar con la materia prima maíz para las pruebas y arranque del equipo	Plan de abastecimiento para las temporadas altas donde la demanda crece en todas las líneas de maíz

#### **4.4.2 Plan de implementación**

Para la elaboración del plan de implementación se identificaron los tiempos, recursos y las personas responsables para la ejecución del proyecto. Se definió la ruta de gestión para la ejecución de acciones que aportan al desarrollo de plan, dividiéndose en 5 fases:

##### **4.4.2.1 Fase 1: Gestión técnica y detalle de las especificaciones del proyecto**

1. Elaboración de solicitud de propuesta (RFP), realizada por el jefe de mantenimiento.

Esta RFP abarca las características específicas del equipo a instalar y el costo del equipo. En esta etapa también se declaran metodologías y conceptos técnicos para la implementación y se asigna el presupuesto de \$310.500,00 para equipos, accesorios y obras complementarias.

2. Posteriormente, se identifican los equipos a instalar, las conexiones contempladas para la puesta en marcha de los equipos y las conexiones eléctricas existentes con la finalidad de entregar un plano.
3. Revisión de la RFP con el corporativo, mediante junta con jefatura a nivel nacional e internacional, para su posterior análisis.
4. Envío de RFP al departamento de abastecimiento con el objetivo de obtener el proveedor competente.
5. Organización de una convocatoria para proveedores para el análisis del proveedor más factible.
6. Recorrido con proveedores para el listado de rubros y catálogos de servicio e ingreso a instalaciones para obtener una visión real del área en la que se va a instalar el equipo.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Persona responsable</b>
1	Gestión técnica de equipo y	18 días	\$0. Personal técnico mecánico y eléctrico de la empresa acompañará a proveedores	Jefe de mantenimiento/Jefe de compras

#### **4.4.2.2 Fase 2: Gestión de solicitud de servicio por obra civil**

1. Entrega de cotización por medio de los proveedores en base a la revisión de RFP y a la visita realizada.
2. Análisis y comparación de cotizaciones llevado a cabo por el departamento de compras en conjunto con jefatura de mantenimiento, con el fin de evaluar las cotizaciones presentadas y seleccionar la mejor propuesta en base al costo/beneficio.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Persona responsable</b>
2	Gestión de solicitud de servicio por obra civil	8 días	\$0. Personal técnico mecánico y eléctrico de la empresa acompañará a proveedores	Jefe de mantenimiento/Jefe de compras/Jefe de proyectos

#### 4.4.2.3 Fase 3: Gestión de solicitud de compra y gestión legal

1. Creación de solicitud de pedido (SOLPED), realizada por gerencia en conjunto con jefatura de mantenimiento mediante el sistema SAP.
2. Liberación de la SOLPED una vez que haya pasado por las etapas correspondientes de aprobación de gerencia, director general, y corporativo.
3. Creación de orden de compra emitida por jefatura de compras.
4. Elaboración de contratos por parte del departamento legal, con el objetivo de obtener un respaldo al cumplimiento de las propuestas.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Persona responsable</b>
3	Gestión de solicitud de compra y servicio legal	12 días	Pago del 30% del valor del equipo. \$93.150,00	Jefe de mantenimiento/Jefe de compras/Jefe de producción/ Gerente de operaciones/Abogado

#### 4.4.2.4 Fase 4: Instalación y configuración de la máquina

Proceso operativo de ejecución obras técnicas y puesta en marcha del equipo, participación fundamental de expertos, del proveedor y personal técnico propio, capacitación a los operadores del equipo.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Persona responsable</b>
4	Instalación y configuración de la máquina	16 días	Pagar el 70% del valor restante de equipos, conforme plan de pago definido con proveedor. \$217.350,00	Jefe de mantenimiento/Jefe de compras/Jefe de producción

#### 4.4.2.5 Fase 5: Seguimiento y medición

Evaluación de indicadores claves del negocio, los cual deberán cumplir con los objetivos empresariales definidos por la administración y las expectativas de metas económicas del proyecto.

<b>Fase</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Persona responsable</b>
5	Seguimiento y medición	32 días	\$0. Se evalúa los resultados de gestión del nuevo sistema y su potencial esperado.	Jefe de producción/Jefe de calidad/Jefe de seguridad

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

En base al análisis de los factores que más se ven afectados debido al mal lavado del maíz en grano, se determinaron tres propuestas de solución, de las cuales la propuesta de automatizar el sistema de lavado figuró como la mejor.

La automatización del sistema de lavado de maíz se presentó como una solución clave para mejorar significativamente la eficiencia del proceso, asegurando una mayor uniformidad en el proceso y reducción de los errores humanos. Esta solución no solo tiene un impacto directo sobre la calidad del producto, sino que es sostenible en el tiempo para el medio ambiente.

A pesar de que la inversión inicial para esta propuesta es alta, se justifica por los beneficios económicos a largo plazo. La optimización de recursos y la reducción de costos operativos, mejorarán la rentabilidad y competitividad de la empresa, haciendo que esta pueda incrementar sus ventas e ingresos.

#### 5.2 Recomendaciones

Se recomienda proceder con la automatización, asegurando una adecuada instalación y calibración de los equipos, además de capacitar al personal para asegurar un uso eficiente y prolongar la vida útil del sistema. Es necesario implementar un plan de monitoreo periódico para evaluar indicadores claves como el nivel de pH y el tiempo de lavado, manteniendo así los objetivos de mejora.

Además, se sugiere también explorar mejoras complementarias, como sensores avanzados, y establecer un plan de contingencia para minimizar los riesgos relacionados con la entrega, instalación y puesta en marcha de los equipos, asegurando el éxito del proyecto.

Por último, se propone la recomendación de implementar la solución en un clima idóneo, mitigando el riesgo de que existan retrasos por las lluvias esperadas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Analuisa, I., Jimber, J., Fernández, J., Vergara, A. (2022). La cadena de valor del maíz amarillo duro ecuatoriano. Retos y oportunidades. *Lecturas de Economía*, 98 (1), 231-262.
- Carrasco, W., Montero, P., Cobos, F. y Gómez, J. (2023). Historia del maíz desde tiempos ancestrales hasta la actualidad. *Journal of Science and Research*, 8 (4), 115-130.
- Caviedes, G. (2019). Producción de semillas de maíz en el Ecuador. *Retos y oportunidades. Avances en Ciencias e Ingeniería*, 11 (1), 116-123.
- Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P., Barrón-Hoyos, M., Figueroa-Cárdenas, J. y López-Cervantes, J. (2013). La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36 (4), 429-437.
- FAO (2011). Referencia online incluida en el artículo *Food wastage footprint & Climate Change* URL <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7ffcaf9-91b2-4b7b-bceb-3712c8cb34e6/content>. Fecha de acceso: 17/01/2025
- Gómez, A. (2022). La industrialización del nixtamal y la elaboración de la tortilla en México. *Revista del Instituto Riva-Agüero*, 7 (1), 231-274.
- Karo, T. A., Mapes, L. M., Mera, J. A. & Serratos, R., A. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México* En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Mediante dos estrategias, Ecuador aumenta rendimiento en maíz. Ministerio de Agricultura y Ganadería.*

<https://www.agricultura.gob.ec/mediante-dos-estrategias-ecuador-aumenta-rendimientos-de-maiz/>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1993). El maíz en la nutrición humana. *Biblioteca David Lubin FAO*, Roma (Italia).

Paredes, O., Guevara, F. y Bello, L. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias.*, 92 (93), 60-70.

Ramírez-Araujo, H., Gaytán-Martínez, M. & Reyes-Vega, M. L. (2019). Alternative technologies to the traditional nixtamalization process: Review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 34-43

Roque, L., Arámbula, G., López, M., Ortiz, H., Carballo, A., Herrera, J. (2016). Nixtamalización de cinco variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo combustible y cambios fisicoquímicos. *Agrociencia*, 50 (6), 727-745.

UNAM (2024). Referencia online obtenida en el artículo El maíz nativo: un tesoro ancestral en la gastronomía URL [https://unamglobal.unam.mx/global\\_revista/el-maiz-nativo-un-tesoro-ancestral-en-la-gastronomia/#:~:text=Desde%20los%20antiguos%20imperios%20de,su%20importancia%20trasciende%20lo%20culinario](https://unamglobal.unam.mx/global_revista/el-maiz-nativo-un-tesoro-ancestral-en-la-gastronomia/#:~:text=Desde%20los%20antiguos%20imperios%20de,su%20importancia%20trasciende%20lo%20culinario). Fecha de acceso: 17/01/2025

Vargas, L. A. (2007). La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. *Cuadernos de Nutrición*, 30 (3):97-102.

Vázquez Carrillo, M. G, Ávila Uribe, G., Hernández Montes, A., Castillo Merino, J. y Angulo  
Guereo, O. (2011). Evaluación sensorial de tortillas de maíz recién elaboradas y  
empacadas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2 (1), 161-167

## 7. ANEXOS

### Anexo A. Tabla de datos históricos de pH

*Tabla 7.1 Tabla de datos históricos de pH*

ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL	
3/1/2024	7.02	1/2/2024	7.09	1/3/2024	7.1	1/4/2024	7.06
4/1/2024	7.04	1/2/2024	7.05	1/3/2024	7.1	1/4/2024	7.48
4/1/2024	6.98	2/2/2024	7.1	1/3/2024	6.95	3/4/2024	7.05
5/1/2024	7.03	2/2/2024	6.99	2/3/2024	7.1	4/4/2024	7.06
6/1/2024	7	2/2/2024	7.04	3/3/2024	7.1	6/4/2024	7.29
6/1/2024	6.94	3/2/2024	7.06	4/3/2024	7.15	5/4/2024	7.01
7/1/2024	7.04	4/2/2024	7.09	6/3/2024	7.04	6/4/2024	7.08
9/1/2024	7.06	4/2/2024	7.02	7/3/2024	6.98	6/4/2024	7.21
10/1/2024	7.05	4/2/2024	6.99	7/3/2024	7.01	10/4/2024	7.16
10/1/2024	7.09	6/2/2024	6.99	8/3/2024	7.09	10/4/2024	7.77
11/1/2024	7.07	7/2/2024	6.99	9/3/2024	7.1	11/4/2024	7.05
11/1/2024	6.99	7/2/2024	7.06	9/3/2024	7.12	12/4/2024	7.1
12/1/2024	7.03	8/2/2024	6.9	11/3/2024	7.04	12/4/2024	6.89
12/1/2024	6.85	8/2/2024	6.99	11/3/2024	7.07	13/4/2024	7.29
13/1/2024	6.97	9/2/2024	7.1	12/3/2024	6.98	13/4/2024	7.06
13/1/2024	7.31	9/2/2024	7.02	13/3/2024	6.94	14/4/2024	7.02
14/1/2024	7.09	10/2/2024	6.98	13/3/2024	7.5	14/4/2024	7.09
16/1/2024	7.03	10/2/2024	7.04	14/3/2024	7.03	15/4/2024	7.1
16/1/2024	7.1	11/2/2024	7.1	14/3/2024	8.52	17/4/2024	7.04
17/1/2024	6.9	11/2/2024	6.73	15/3/2024	7.09	17/4/2024	7
18/1/2024	6.99	12/2/2024	6.99	16/3/2024	7.85	18/4/2024	7.1
18/1/2024	7.08	13/2/2024	7.06	16/3/2024	7.06	18/4/2024	7.08
19/1/2024	6.93	13/2/2024	7.07	17/3/2024	7.32	19/4/2024	6.98

19/1/2024	6.92	14/2/2024	6.92	18/3/2024	7.15	19/4/2024	7.04
20/1/2024	7.06	14/2/2024	7.09	20/3/2024	7.09	20/4/2024	7.06
20/1/2024	7.04	14/2/2024	6.94	20/3/2024	8.15	20/4/2024	7.09
21/1/2024	6.95	15/2/2024	7.02	22/3/2024	6.98	21/4/2024	7.01
24/1/2024	7.14	15/2/2024	7.04	22/3/2024	7.28	21/4/2024	6.92
24/1/2024	7.12	16/2/2024	7.09	23/3/2024	7.12	22/4/2024	6.89
25/1/2024	7.54	16/2/2024	7.04	24/3/2024	7.04	23/4/2024	6.95
25/1/2024	7.08	17/2/2024	7.02	24/3/2024	7.49	24/4/2024	7.1
26/1/2024	7.31	17/2/2024	7.04	25/3/2024	7.28	25/4/2024	7.02
27/1/2024	7.04	20/2/2024	7.09	25/3/2024	7.12	25/4/2024	7.02
30/1/2024	6.97	21/2/2024	7.04	27/3/2024	7.1	26/4/2024	7.01
31/1/2024	7.11	22/2/2024	7.06	28/3/2024	7.04		
31/1/2024	7.06	22/2/2024	7.02	29/3/2024	7		
		23/2/2024	7	28/3/2024	7.02		
		23/2/2024	7.02	28/3/2024	7.1		
		24/2/2024	6.95	28/3/2024	7.03		
		25/2/2024	7.02	29/3/2024	7.01		
		25/2/2024	7.1	29/3/2024	7.2		
		27/2/2024	6.9	30/3/2024	7.03		
		27/2/2024	7.03	30/3/2024	7.01		
		28/2/2024	7.02	31/3/2024	7.81		
		28/2/2024	7.08	31/3/2024	7.1		
N° Desviaciones enero	<b>7</b>	N° Desviaciones febrero	<b>4</b>	N° Desviaciones marzo	<b>22</b>	N° Desviaciones abril	<b>10</b>

**Anexo B.** Boceto de sistema automatizado de maíz

*Figura 7.1 Boceto de sistema automatizado de maíz*

