



Fundación Universitaria
SAN MATEO

TECNOLOGÍA EN GESTIÓN DE LA
PRODUCCIÓN Y CALIDAD



Fundación Universitaria
SAN MATEO

Ingeniería Industrial

Tecnología en gestión de la producción y calidad

**Propuesta de automatización del proceso de empaque para el mejoramiento
de la productividad en la empresa Maíz Arepas**

Tatiana Lorena Bello Bello

Nicolas José Niño Zúñiga

DIRECTORA

Rosa Nathaly Lay De León

Bogotá D.C

2026

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“La Fundación Universitaria San Mateo NO se hace responsable de los conceptos emitidos en el presente documento, el departamento de investigaciones velará por el rigor metodológico de la investigación”.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I	11
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	13
<i>Objetivo General</i>	13
<i>Objetivos Específicos</i>	14
CAPÍTULO II	15
MARCO TEÓRICO	15
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
BASES TEÓRICAS O FUNDAMENTOS CONCEPTUALES	20
BASES LEGALES DE LA INVESTIGACIÓN	29
CAPÍTULO III	32
DISEÑO METODOLÓGICO	32
TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
CAPÍTULO IV	35
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	35
RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 1	35
RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO NO. 2	41

PROYECCIÓN DE REDUCCIÓN DEL 5 % DEL PNC	58
RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO NO. 3	61
CAPÍTULO V.	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de PNC	53
Ilustración 2. Diagrama de líneas PNC	54
Ilustración 3. Cronograma de implementación	59
Ilustración 4. Cronograma capacitación	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del proceso	35
Tabla 2.Indicadores de productividad y tiempos	36
Tabla 3. Análisis económico de alternativas	41
Tabla 4. Análisis de Desempeño	42
Tabla 5.Matriz TOPSIS	42
Tabla 6. Evaluación de implementación de la máquina	44
Tabla 7. Análisis de gastos de la máquina	45
Tabla 8. Proceso de empaque actual y automatizado	46
Tabla 9.Costo Actual vs futuro	46
Tabla 10. Indicadores financieros	47
Tabla 11. PNC Acumulado	55
Tabla 12. Evaluación de la propuesta de la máquina	59

RESUMEN

Maíz Arepas, empresa dedicada a la fabricación y comercialización de arepas de maíz, enfrenta con el paso del tiempo desafíos crecientes derivados de la falta de adopción tecnológica en sus procesos productivos. Los impactos más significativos son la baja eficiencia operativa por el uso de métodos de producción tradicionales, el incremento de costos y pérdidas de tiempo asociados a la ausencia de automatización, y la limitada capacidad para satisfacer la demanda creciente del mercado, lo que restringe su competitividad frente a empresas con mayor infraestructura tecnológica.

El objetivo del trabajo es analizar la situación productiva actual de Maíz Arepas y proponer una estrategia de automatización progresiva que permita mejorar la eficiencia operativa y la planeación de la producción. Específicamente, se evalúa la incorporación de una máquina empacadora como intervención prioritaria, con el fin de reducir los cuellos de botella en el proceso de empaque, disminuir los costos unitarios y fortalecer la posición competitiva de la empresa sin comprometer la calidad artesanal que la caracteriza.

PALABRAS CLAVE: Automatización, eficiencia operativa, máquina empacadora, producción artesanal, competitividad, innovación tecnológica, arepas de maíz, procesos productivos.

ABSTRACT

Maíz Arepas, a company dedicated to the production and sale of corn arepas, faces growing challenges over time due to the lack of technological adoption in its production processes. The most significant impacts include low operational efficiency due to the use of traditional production methods, increased costs and time losses associated with the lack of automation, and a limited capacity to meet growing market demand—all of which limit the company's competitiveness compared to firms with more advanced technological infrastructure.

The objective of this study is to analyze Maíz Arepas' current production situation and propose a strategy for progressive automation that will improve operational efficiency and production planning. Specifically, the study evaluates the incorporation of a packaging machine as a priority intervention, with the aim of reducing bottlenecks in the packaging process, lowering unit costs, and strengthening the company's competitive position without compromising the artisanal quality that characterizes it.

KEY WORDS: Automation, operational efficiency, packaging machine, artisanal production, competitiveness, technological innovation, corn arepas, production processes.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la automatización y la innovación tecnológica son elementos clave para mejorar la competitividad y eficiencia en las empresas. En Colombia, muchas pequeñas y medianas empresas enfrentan barreras significativas para adoptar tecnologías avanzadas, lo que limita su capacidad de crecimiento (Rojas-Berrio et al., 2022).

La empresa Maíz Arepas es una empresa dedicada a la producción y comercialización de arepas de maíz en el cual trabajan con métodos de producción tradicionales la cual presenta problemas en sus procesos por falta de modernización hace que su proceso no sea tan productivo.

Este trabajo tiene como objetivo estudiar y proponer alternativas para la automatización en la empresa con la ayuda de maquinaria la cual ayudará a mejorar algunas áreas del proceso de las arepas.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Presentación del problema de investigación

La arepa es actualmente un pilar fundamental en la dieta alimenticia de los colombianos, debido a múltiples factores sociales, económicos y culturales. Seguir manteniendo este legado es de suma importancia, razón por la cual es viable la realización de un proyecto para la creación de una empresa dedicada a la fabricación y comercialización (Ruiz Fernandez, 2014).

Maíz Arepas, una empresa colombiana dedicada a la fabricación y distribución de arepas de maíz de alta calidad se enfrenta a desafíos significativos en un mercado global cada vez más competitivo y tecnológicamente avanzado. La empresa opera en Bogotá, una zona con tradición en producir arepas de maíz y derivados. Sin embargo, la falta de infraestructura tecnológica avanzada y capacidades de innovación limita su crecimiento y eficiencia operativa.

El principal problema de Maíz Arepas es la falta de adopción de tecnologías avanzadas y capacidades de innovación, lo cual afecta su eficiencia operativa y capacidad competitiva. La empresa utiliza métodos de producción tradicionales que, aunque garantizan la calidad artesanal, no son

suficientemente eficientes para satisfacer la creciente demanda. La ausencia de inversión en investigación y desarrollo limita la capacidad de Maíz Arepas para innovar y mejorar sus procesos productivos, lo que resulta en pérdidas de tiempo, incremento de costos y dificultad para expandirse en el mercado global (Quaye et al., 2024).

A partir de lo anterior, el presente trabajo se orienta a resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo puede la automatización del proceso de empaque, mediante la selección y evaluación técnico-financiera de una máquina empacadora, contribuir al mejoramiento de la productividad en la empresa Maíz Arepas?

Justificación

La presente investigación se desarrolla con el propósito de analizar cómo la empresa Maíz Arepas, dedicada a la producción y comercialización de arepas de maíz, puede enfrentar la brecha tecnológica que limita su crecimiento, especialmente aquella originada por la falta de recursos financieros para adquirir maquinaria moderna. Esta situación afecta directamente la eficiencia del proceso productivo y refleja una problemática común entre las pequeñas y medianas empresas colombianas, que enfrentan dificultades para acceder a tecnologías avanzadas.

Dentro de este contexto, la implementación de una máquina empacadora surge como una alternativa viable para reducir la dependencia de la mano de obra manual, optimizar tiempos, disminuir errores y mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado. Evaluar la viabilidad técnica y financiera de esta maquinaria resulta fundamental para comprender su potencial impacto en la productividad, los costos operativos y la competitividad de Maíz Arepas.

Asimismo, este estudio busca identificar los obstáculos que impiden a la empresa incorporar dicha tecnología, así como proponer estrategias que permitan superar las limitaciones económicas mediante opciones como financiamiento, alianzas o programas de apoyo empresarial. De esta manera, la investigación no solo beneficiará directamente a Maíz Arepas, sino que también ofrecerá un referente útil para otras pymes colombianas que enfrentan desafíos similares en su proceso de modernización.

Objetivos

Objetivo General

- Proponer la automatización del proceso de empaque, mediante la selección y evaluación técnico-financiera de una máquina empacadora, para el mejoramiento de la productividad en la empresa Maíz Arepas.

Objetivos Específicos

- Analizar la maquinaria disponible en el mercado para la automatización del proceso de empaque en la empresa Maíz Arepas.
- Estimar, mediante escenarios proyectados, el efecto de una máquina empacadora sobre la productividad, la reducción de tiempos y la optimización del proceso de empaque en la empresa.
- Diseñar un plan estratégico de implementación que contemple la integración de la máquina empacadora al proceso actual, la capacitación del personal y las mejoras esperadas en la eficiencia y competitividad de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La automatización industrial se define como el conjunto de tecnologías orientadas a la operación y control de procesos productivos mediante sistemas mecánicos, electrónicos y digitales, con el objetivo de incrementar la eficiencia, reducir la variabilidad y mejorar la calidad del producto (Flórez Rueda, 2026). Lo antes mencionado hace referencia a que la automatización trae beneficios en los procesos de producción y hace más eficiente lo cual permite llegar a un producto mejor.

Antecedentes de la investigación

El avance tecnológico y la innovación en el sector agroalimentario cuentan hoy con evidencia empírica que confirma su impacto positivo en la competitividad y el crecimiento. En el caso de las pymes manufactureras de Colombia, Rojas-Berrio et al. (2022) identificaron mediante un estudio cualitativo con 25 empresas los factores que motivan, benefician y obstaculizan la adopción de tecnologías 4.0, y hallaron que las principales barreras son de tipo financiero,

organizacional y de entorno institucional, lo que ayuda a explicar por qué muchas pymes siguen sin acceder a herramientas como la automatización.

En la misma línea, Quaye et al. (2024), a partir de una encuesta a 300 pymes, demostraron que un mayor nivel de adopción de tecnologías emergentes se asocia con una mejora en la productividad y la eficiencia y con un mayor acceso a nuevos mercados, mientras que las restricciones financieras y de capacidades constituyen el principal obstáculo para esa transición.

Todos estos referentes son de gran utilidad para Maíz Arepas: alinearse con estas políticas, tomar como base los diagnósticos del sector y aprovechar las experiencias exitosas brinda el soporte necesario para avanzar en la automatización del proceso de empaque, permitiendo reducir tiempos improductivos, estandarizar la operación, incrementar la producción y consolidar su posición competitiva sin perder la esencia y calidad que caracterizan a sus productos.

Antecedentes Internacionales:

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing ha demostrado ser una estrategia eficaz para elevar la competitividad en el sector de alimentos. Específicamente, el uso del mapeo de la cadena de valor (VSM) y la técnica de cambios rápidos (SMED) permiten identificar actividades que no agregan valor, reducir tiempos muertos y disminuir de forma significativa las paradas de planta;

en estudios realizados en empresas de productos farináceos, estas herramientas lograron reducir los tiempos de cambio de formato de 82 a 42 minutos, mejorando sustancialmente la operatividad general (Fajardo, 2024). Asimismo, el mapeo de la cadena de valor se constituye como un recurso fundamental para detectar cuellos de botella que limitan el flujo continuo de la producción, permitiendo diseñar e implementar soluciones que optimizan el uso de los recursos disponibles (Del Carmen Balerio Rosas et al., 2022).

Para Maíz Arepas, en su proceso de automatización del empaque, estos referentes teóricos y prácticos resultan de gran ayuda ya que permiten realizar un diagnóstico detallado de la situación actual, identificar oportunidades de mejora antes, durante y después de la incorporación de nueva tecnología, alinear la modernización con los objetivos de la empresa, reducir tiempos operativos y costos innecesarios, e incrementar de manera sostenida los niveles de productividad, sin dejar de lado la calidad y el sabor que caracterizan su producto.

Antecedentes Nacionales:

Los estudios de tiempos y movimientos constituyen una herramienta fundamental para identificar ineficiencias, establecer estándares de operación y maximizar el aprovechamiento de la capacidad instalada en procesos agroalimentarios, tal como lo demostró Céspedes (2018) al analizar el área de empaquetado en Alimentos Caribe S.A.S., donde mediante técnicas de

cronometraje, valoración de la actividad y descomposición de tareas logró determinar tiempos estándar, reducir movimientos innecesarios y diagnosticar causas de paradas que afectaban la productividad. Estos conocimientos, que vinculan la medición rigurosa del trabajo con la optimización de la maquinaria y la organización de las actividades, son totalmente aplicables a la realidad de Maíz Arepas, una empresa que, manteniendo la tradición y calidad de su producto, requiere avanzar hacia la modernización para responder a una demanda creciente y un mercado más exigente. La implementación de la automatización en el proceso de empaque se apoya precisamente en estos lineamientos: al contar con mediciones claras de los tiempos actuales, se podrá dimensionar adecuadamente la tecnología necesaria, eliminar tiempos improductivos, garantizar ritmos de producción uniformes y liberar al personal de tareas repetitivas, permitiendo así mejorar sustancialmente los tiempos de ciclo, incrementar la productividad y fortalecer la competitividad de la empresa sin renunciar a la esencia de su elaboración.

Antecedentes Teóricos:

La automatización del empaque y la mejora de la productividad en pequeñas y medianas empresas de alimentos han sido estudiadas por varios autores cuyos hallazgos orientan directamente este proyecto. Ramlan et al. (2017) aplicaron el mapeo de la cadena de valor (VSM) en una empresa procesadora de alimentos y detectaron que los mayores desperdicios se

concentraban en esperas y movimientos innecesarios del proceso; al reorganizar la etapa de empaque lograron reducir el tiempo total de procesamiento. En la misma línea, Sa'udah et al. (2015) combinaron el VSM con simulación para rediseñar la distribución de planta de una pyme alimentaria y mostraron que localizar el cuello de botella permite optimizar la distancia entre estaciones y la capacidad del sistema. Ambos trabajos nos permiten ver que el empaque manual suele ser el punto crítico del flujo productivo, situación la cual presenta hoy Maíz Arepas.

La evidencia también respalda las herramientas metodológicas de este estudio. Poswa et al. (2022) demostraron, mediante VSM simulado, cómo eliminar los tiempos que no agregan valor en las estaciones más críticas para elevar la productividad, mientras que Salwin y Kraslawski (2023) midieron indicadores de desempeño (KPI) y la eficiencia global del equipo (OEE) antes y después de intervenir un proceso, cuantificando la mejora obtenida. Para la selección de la tecnología, Dadash Pour et al. (2023) y Tran y Trinh (2024) aplicaron métodos de decisión multicriterio (AHP y TOPSIS) para jerarquizar alternativas de equipos según criterios de costo, capacidad y desempeño. En conjunto, estos antecedentes sustentan el uso del método TOPSIS y de indicadores de productividad en el presente proyecto, tal como se plantea en los objetivos, con el fin de contribuir a la mejora del proceso y a una mayor productividad sin afectar la calidad del producto.

Bases teóricas o fundamentos conceptuales

Automatización Fija

Se usan sistemas automatizados fijos para agilizar procesos específicos en donde no se puede modificar el diseño de los productos. Por tal razón, es uno de los tipos de automatización industrial que se implementa en las industrias que tienen que producir diseños estables y sostenibles durante un largo periodo de tiempo y además se puede usar a muy bajo costo. (Yuridia, 2023).

Automatización Programable

Se ejecuta para volúmenes bajos o para la fabricación de productos por lotes, facilita el cambio de ciertas especificaciones y permite configurar las máquinas y el software de acuerdo con las necesidades del programador. Aunque, si se requiere una reprogramación de una máquina de producción, conlleva mucho tiempo. (Yuridia, 2023).

Automatización Flexible

Es la combinación de la automatización industrial fija y flexible, por lo que es considerada como la mejor opción. Permite un nivel de producción mediano y se pueden realizar ajustes, una de las características por las que destaca es que posibilita el cambio de equipo de forma automática y rápida por lo que, una

mezcla de diferentes productos puede ser producidos (Yuridia, 2023). Esta clasificación de la automatización industrial en fija, programable y flexible es consistente con la literatura técnica sobre automatización electrónica industrial aplicada a la producción de alimentos (Flórez Rueda, 2026).

Permite optimizar los procesos de empaque Maiz Arepa, reducir los tiempos de entrega, minimizar los errores humanos, mejorar la precisión y consistencia del producto final.

Proceso de empaque tipo Flow Pack: funcionamiento, componentes y ventajas frente al empaque manual. La literatura académica sobre automatización en la industria alimentaria señala que la incorporación de sistemas automatizados de envasado mejora la eficiencia y la productividad, reduce los tiempos improductivos y disminuye los costos laborales frente a la operación manual (Damián Moran et al., 2025).

Funcionamiento: Una máquina flow pack típica es de funcionamiento horizontal (HFFS, Horizontal Form-Fill-Seal) y opera de forma continua: mientras un producto tras otro avanza por la cinta, el film los envuelve y se sella/corta sin detenerse. El proceso general consta de las siguientes etapas:

Alimentación del producto: Los artículos se colocan (manual o automáticamente) sobre una cinta transportadora que los guía hacia la envasadora. Es importante que lleguen separados a una distancia uniforme. (Packotronic, n.d.).

Formación del tubo de film: Desde una bobina, la película plástica se desenrolla y pasa por un conformador o plegador que la envuelve alrededor del producto en movimiento. Se crea así un tubo de film envolviendo al objeto, con los bordes del film solapándose debajo o al lateral. (Packotronic, n.d.).

Sellado longitudinal: Un sistema de sellado longitudinal (generalmente barras o rodillos calientes) sella entre sí los bordes solapados del film a lo largo del producto, formando una costura continua. Queda así configurada una “tubo” sellado alrededor del producto en toda su longitud. (Packotronic, n.d.).

Sellado y corte transversales: Cuando el producto envuelto avanza hasta la posición de sellado final, unas mordazas térmicas se cierran transversalmente por delante y por detrás del producto, soldando el extremo anterior y el posterior del paquete. Estas mordazas suelen llevar cuchillas integradas que, al mismo tiempo que sellan, realizan el corte del film para separar cada unidad envasada de la siguiente. (Packotronic, n.d.).

Salida del paquete terminado: El producto ya envuelto en su bolsa sellada sale de la máquina sobre otra cinta transportadora o canal de descarga. De allí, puede transferirse a otros equipos (por ejemplo, para empaquetado secundario) o al área de apilado/encajado. Mientras tanto, el siguiente producto ya está entrando en la zona de formado, lo que permite un ciclo continuo de envasado. (Packotronic, n.d.).

Compuesta: Una envolvedora flow pack está compuesta por diversos elementos mecánicos y electrónicos que actúan coordinadamente. Sus componentes principales incluyen:

Bobina de film: Rollo de película flexible que sirve de material de empaque. Se coloca en un soporte desenrollador con freno o control de tensión para alimentar el film de manera constante a la máquina. (Packotronic, n.d.).

Sistema conformador de film: Conjunto de guía y collarín formador por donde se hace pasar el film para darle la forma de tubo alrededor del producto. Este dispositivo pliega el plástico envolviendo al artículo a medida que avanza por la máquina. (Packotronic, n.d.).

Cinta transportadora de alimentación: Banda o transportador que lleva los productos hasta la zona de formado y sellado. Mantiene los ítems espaciados correctamente y sincronizados con el movimiento del film. (Packotronic, n.d.).

Sistema de sellado longitudinal: Habitualmente son ruedas térmicas o barras selladoras situadas tras el conformador, que sellan el solape del film a lo largo de la parte inferior (o lateral) del paquete. Crean la costura longitudinal continua que cierra el tubo alrededor del producto. (Packotronic, n.d.).

Mordazas de sellado transversal (y corte): Son dos barras o mordazas calentadas que se abren y cierran envolviendo el tubo de film en los extremos de cada producto. Al cerrarse aplican calor y presión, formando los sellos transversales frontal y trasero de cada bolsa. Integrado en ellas va un cuchillo o navaja que realiza el corte del film entre cada paquete, separándolos individualmente. (Packotronic, n.d.).

Sistema de arrastre y tensión de film: Mecánica de rodillos o correas que tiran del film desde la bobina, pasando por el conformador y hacia las mordazas. Mantiene la película bajo la tensión adecuada para evitar arrugas y coordina su avance intermitente o continuo según el ciclo de sellado. (Packotronic, n.d.).

Sensores y fotocélulas: Dispositivos electrónicos que detectan la posición del producto y las marcas de registro en el film. Permiten sincronizar el corte con la impresión (si el film está impreso con un diseño, para que cada bolsa quede centrada) y detectan si viene un producto. (Packotronic, n.d.).

Ventaja: Flow pack combina higiene, vigilancia y renovación de piezas. Atender a estas tareas garantiza que la envasadora funcione con la máxima eficacia, produciendo paquetes de calidad constante y evitando pérdidas de tiempo por reparaciones de emergencia. Un equipo bien mantenido no solo extiende su vida útil durante años de servicio fiable, sino que también mantiene la seguridad de los operarios y la calidad del producto final. (Packotronic, n.d.).

De acuerdo con la investigación de Packotronic, la maquinaria constituye una buena inversión que mejoraría el proceso de empaque mejorando la eficiencia de la empresa Maíz Arepas.

Estudio de tiempos y movimientos: tiempo estándar, tiempo de ciclo, cronometraje y suplementos (es la base para medir el "antes y después"). La aplicación de estudios de tiempos y movimientos ha demostrado incrementar la productividad y la eficiencia de los procesos al reducir los tiempos improductivos y estandarizar las operaciones (Damián Moran et al., 2025).

Productividad y eficiencia: productividad de la mano de obra (unidades/hora-hombre), porcentaje de utilización y capacidad instalada.

La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y los recursos empleados para obtenerlos; expresa cuánto se produce por cada unidad de recurso, como las horas-hombre, las horas-máquina o el capital invertido. La eficiencia, por su parte, mide el grado en que los recursos disponibles se utilizan para alcanzar un resultado, comparando los recursos realmente consumidos con los previstos. Mientras la productividad se orienta al volumen de salida por unidad de entrada, la eficiencia se concentra en el aprovechamiento de los recursos, de modo que un proceso puede ser productivo pero poco eficiente si genera desperdicios o tiempos improductivos (Damián Moran et al., 2025). En el contexto de la automatización del empaque, ambos indicadores permiten valorar el efecto de la incorporación de maquinaria sobre el número de paquetes producidos por turno y sobre el uso de la mano de obra y del tiempo de operación.

Cuello de botella y teoría de restricciones: Es el punto de un proceso productivo cuya capacidad es inferior al resto, generando retrasos, acumulación de trabajo en curso. ("Cómo gestionar los cuellos de botella", 2026). De acuerdo con lo anterior, en la empresa Maíz Arepas el proceso de empaquetado es el que limita la operación, ya que genera el cuello de botella y retrasa la producción. La teoría de restricciones sostiene que el desempeño de todo el sistema productivo está determinado por su restricción más débil, por lo que concentrar la mejora en el cuello de botella es la vía más eficaz para elevar el

rendimiento; su aplicación a una operación real de manufactura permitió aumentar el throughput y mejorar la productividad y la eficiencia de la planta (Pegels & Watrous, 2005). Estudios recientes confirman que la correcta identificación y gestión de los cuellos de botella es determinante para la competitividad de los sistemas de manufactura (Yin et al., 2024).

Mapeo de la cadena de valor (VSM): Componente crítico de las iniciativas de mejora de procesos, permitiendo a las organizaciones agilizar las operaciones, reducir el desperdicio y mejorar el valor entregado a los clientes. ("*Mapeo de la cadena de valor*", s. f.).

Esta herramienta permite mejorar la eficiencia del proceso y contribuiría a hacer más efectiva la operación de Maíz Arepas. La implementación del VSM en una industria de alimentos permitió identificar los desperdicios del proceso productivo y diseñar un estado futuro que los elimina, confirmando su utilidad para optimizar el uso de materiales y tiempos (Sharma & Sagar, 2019).

Análisis multicriterio TOPSIS: criterios, asignación de pesos y ordenamiento de alternativas para seleccionar la tecnología. (Madanchian & Taherdoost, 2023). Lo que permite evaluar si la tecnología seleccionada fue la mejor inversión para la empresa y mejorar el proceso de empaque, que constituye el principal problema. El método TOPSIS ordena las alternativas según su cercanía a una solución ideal y su lejanía de una solución anti-ideal, y admite criterios tanto

cuantitativos como cualitativos, lo que lo hace idóneo para seleccionar tecnología bajo múltiples criterios (Madanchian & Taherdoost, 2023).

Producto no conforme (PNC) y desperdicio: definición e indicadores de calidad asociados al empaque.

Un producto no conforme (PNC) es aquel que no cumple uno o más requisitos de calidad especificados, ya sea por defectos en sus características físicas, en su presentación o en su empaque. En la industria de alimentos, el PNC se traduce en producto que debe reprocesarse, reclasificarse o descartarse, con el consiguiente costo económico y ambiental. El desperdicio, en un sentido más amplio, comprende todo consumo de recursos que no agrega valor al producto final, incluyendo el material perdido, los reprocesos y los tiempos improductivos (Del Carmen Balerio Rosas et al., 2022). En el proceso de empaque, los principales indicadores de calidad asociados al PNC son la cantidad de producto no conforme (expresada en kilogramos o unidades) y su participación porcentual por criterio de defecto, información que permite priorizar las causas de mayor impacto y orientar las acciones de mejora.

Evaluación financiera de proyectos: valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión.

La evaluación financiera de proyectos consiste en estimar la conveniencia económica de una inversión mediante la comparación de los flujos de ingresos y egresos que genera a lo largo de su horizonte de análisis (Baca Urbina, 2013). El

valor presente neto (VPN) descuenta los flujos netos futuros a una tasa que refleja el costo de oportunidad del capital y los resta de la inversión inicial; un VPN positivo indica que el proyecto genera valor por encima de dicha tasa. La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace el VPN igual a cero y representa la rentabilidad intrínseca del proyecto: cuanto más supere a la tasa de descuento de referencia, más atractiva resulta la inversión. El período de recuperación de la inversión indica el tiempo necesario para que los flujos netos acumulados igualen la inversión inicial y ofrece una medida de liquidez y riesgo. Estos tres indicadores son complementarios y deben interpretarse en conjunto, reconociendo que sus resultados dependen de la calidad de los supuestos sobre ahorros, costos y niveles de producción empleados en la proyección.

Bases legales de la investigación

1. Resolución 2673 de 2013 del INVIMA

Establece que los alimentos que se fabriquen envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario, según el riesgo de estos productos en salud pública, de conformidad con la reglamentación que expida el Ministerio de Salud y Protección Social.

2. Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social

Establece los requisitos sanitarios y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) que deben cumplir las actividades de fabricación, procesamiento, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos. Regula, entre otros aspectos, las condiciones de los equipos y utensilios que entran en contacto con el alimento, aspecto directamente pertinente para la incorporación de una máquina empacadora en la línea de producción.

3. Resolución 5109 de 2005 del Ministerio de la Protección Social

Establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y las materias primas para alimentos destinados al consumo humano, con el fin de proporcionar al consumidor información clara que no induzca a engaño. Es aplicable al empaque de las arepas, por cuanto define la información que debe contener el envase del producto.

4. Reglamentación técnica aplicable a las arepas de maíz

Las arepas de maíz, como producto alimenticio de consumo humano, se rigen por la normativa sanitaria general de alimentos (Resoluciones 2674 de 2013 y 5109 de 2005) y por las disposiciones del INVIMA en materia de inocuidad y rotulado. En ausencia de un reglamento técnico específico para la arepa, el producto debe cumplir los requisitos generales de fabricación, envase y etiquetado establecidos para los alimentos procesados.

5. Decreto 1072 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo)

Compila la normativa en materia laboral y establece la obligación de implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Es pertinente para el presente proyecto porque la operación de una máquina empacadora, que incorpora partes móviles y sellado térmico, exige la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y la adopción de medidas de control para el personal que interviene en el proceso.

6. Resolución 0312 de 2019 del Ministerio del Trabajo

Define los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Complementa el Decreto 1072 de 2015 al precisar los requisitos que deben cumplir las empresas según su tamaño y nivel de riesgo, lo que resulta aplicable a la capacitación del personal y a las medidas de protección asociadas a la operación de maquinaria industrial en la línea de empaque.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, con predominancia cuantitativa, y un alcance descriptivo. Se caracterizó el proceso de empaque en su estado actual y se estimaron, mediante escenarios proyectados, los efectos de incorporar una máquina empacadora sobre la productividad del proceso. Correspondió a una investigación aplicada de carácter propositivo, orientada a resolver una necesidad operativa concreta de la empresa Maíz Arepas: la selección y evaluación técnico-financiera de una alternativa de automatización del empaque.

El diseño fue no experimental, dado que no se manipularon variables ni se implementó físicamente la máquina; la información se recolectó observando el proceso en sus condiciones reales de operación y las alternativas de maquinaria se evaluaron a partir de sus fichas técnicas y de la información de proveedores.

Población y muestra

La población de estudio correspondió al proceso productivo de la empresa Maíz Arepas. Dado que el problema se concentra en una única línea de empaque, no se aplicó muestreo probabilístico: se trabajó sobre la totalidad de dicha línea (censo de la línea de empaque), por ser la unidad de análisis directamente afectada por la propuesta de automatización. Esta decisión se justifica porque la línea de empaque constituye el cuello de botella del proceso

y concentra tanto la mano de obra objeto de análisis como la generación de producto no conforme (PNC).

Técnicas e instrumentos de recolección

Para la recolección de información se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

- Observación directa del proceso de empaque, registrada mediante una guía de observación estructurada que contemplaba condiciones operativas, tiempos por actividad, número de operarios y fallas detectadas.
- Registro de tiempos de operación de la línea de empaque, a partir de los volúmenes de producción reportados por la empresa y el seguimiento de los lotes seleccionados.
- Revisión documental de los formatos de producto no conforme (PNC) del periodo enero-junio de 2026, para cuantificar y clasificar los desperdicios por criterio de calidad.
- Consulta estructurada al personal de producción y de mantenimiento, para contrastar las observaciones y validar las condiciones de operación actuales.
- Revisión de fichas técnicas y cotizaciones de proveedores de máquinas empacadoras, como insumo para la comparación técnica y económica de alternativas.

Los instrumentos utilizados (guía de observación, formato de registro de tiempos y formato de registro de PNC)

Prueba piloto y plan de validación

Prueba piloto: No se realizó prueba piloto con la máquina empacadora en instalaciones de la empresa, debido a que la adquisición del equipo se encuentra en fase de propuesta y no de ejecución. Sin embargo, se efectuó una validación preliminar de los instrumentos de recolección de información mediante una prueba piloto de observación en un lote de producción previo al periodo de análisis, con el fin de ajustar la guía de observación, unificar criterios de registro de tiempos y verificar la claridad de los formatos de PNC. Esta prueba permitió identificar y corregir desviaciones en la medición de tiempos parciales y definir con precisión las categorías de clasificación de producto no conforme utilizadas en el estudio.

Plan de validación post-implementación: Se contempla un plan de validación una vez se realice la adquisición e instalación de la máquina seleccionada, con los siguientes lineamientos:

- Comparación de los indicadores de productividad, tiempos de ciclo y generación de PNC obtenidos en operación real con las proyecciones establecidas en el estudio.
- Seguimiento durante los primeros 3 meses de operación continua, con registro semanal de variables operativas y económicas.

- Ajuste de parámetros de funcionamiento y procesos según los resultados obtenidos, para garantizar el cumplimiento de las metas planteadas.

Fases metodológicas

El desarrollo del estudio se organizó en tres fases, vinculadas directamente a los objetivos específicos:

Fase 1 — Análisis de alternativas de maquinaria (objetivo específico 1): se caracterizó el estado actual del proceso de empaque y se identificaron y compararon las máquinas empacadoras disponibles en el mercado, a partir de sus fichas técnicas y de la información de proveedores.

Fase 2 — Estimación del efecto sobre la productividad (objetivo específico 2): se seleccionó la alternativa más conveniente mediante el método TOPSIS y se estimaron, sobre escenarios proyectados, sus efectos en productividad, reducción de tiempos y reducción de producto no conforme, junto con la evaluación financiera de la propuesta.

Fase 3 — Diseño del plan de implementación (objetivo específico 3): se estructuró un plan por fases para la incorporación de la máquina empacadora seleccionada en la empresa Maíz Arepas.

Limitaciones del estudio

El estudio presenta las siguientes limitaciones metodológicas, que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados: no se elaboró un mapa de flujo de valor (VSM) del proceso, por lo que la identificación del cuello de botella se sustenta en la observación directa y en los volúmenes de producción por turno; no se realizó un estudio de tiempos con cronometraje de campo detallado por cada actividad, valoración del ritmo y cálculo del tiempo estándar, de modo que los tiempos de ciclo empleados se derivan de los volúmenes totales de producción reportados por la empresa y de las fichas técnicas de los proveedores; no se realizó prueba piloto con la maquinaria propiamente dicha en la línea de producción; los supuestos de ahorro y de reducción de desperdicio corresponden a escenarios proyectados que no fueron validados con el proveedor ni contrastados con mediciones de demanda en la operación real.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 1

Para identificar la tecnología más adecuada para la empresa Maíz Arepas, se realizó inicialmente un diagnóstico de la infraestructura y maquinaria existente. La evaluación fue desarrollada conjuntamente con el área de producción y mantenimiento, permitiendo identificar el estado actual de los equipos, su nivel de eficiencia y las oportunidades de mejora.

Los resultados evidenciaron que el área de empaque presenta el menor nivel de desempeño dentro del proceso productivo, debido a que actualmente opera de manera manual y requiere 15 operarios para cumplir con la demanda diaria. Esta situación genera altos costos de mano de obra, tiempos prolongados de procesamiento y limitaciones en la capacidad productiva.

Tabla 1. Análisis del proceso

Equipo/área	ESTADO DEL EQUIPO	EFICIENCIA	NIVEL DE OBSOLESCENCIA	OBSERVACIONES
Desgranadora de maíz	Buena	Buena	Media	El equipo funciona sin interrupciones lo que mejora la velocidad de producción, requiere poco mantenimiento
Molino	Buena	Baja	Alta	El molino presenta un molido uniforme; su nivel de obsolescencia es alto, por lo que su eficiencia es limitada y requiere mantenimiento frecuente.

Equipo/área	ESTADO DEL EQUIPO	EFICIENCIA	NIVEL DE OBSOLESCENCIA	OBSERVACIONES
Banda Transportadora	Buena	Media	Media	La banda transportadora opera de forma continua y estable; su desempeño es adecuado y no representa una restricción para el proceso.
Horno	Buena	Media	Alta	No se contempla una máquina empacadora lo que retrasa la productividad de la empresa y genera sobre producciones de lote. Se trabaja con 15 operarios.
Empaque	Mala	Baja	Baja	No se contempla una máquina empacadora lo que retrasa la productividad de la empresa y genera sobreproducción de lote, operan 15 operarios.

Fuente: Elaboración propia

El análisis permitió concluir que la principal necesidad tecnológica de la empresa se encuentra en la automatización del proceso de empaque, debido a que constituye el principal cuello de botella de la operación.

Con el propósito de evaluar cuantitativamente el impacto de las alternativas de automatización sobre el proceso de empaque, se realizó una comparación de los principales indicadores de productividad y tiempos entre el proceso actual y las dos alternativas tecnológicas analizadas: la Flow Pack 250 y la Flow Pack EH-04 Servo. Para ello, se consideraron variables como el número de operarios

requeridos, las horas-hombre, la producción por turno, la productividad y el tiempo de ciclo. Esta comparación permite identificar las diferencias en el desempeño de cada alternativa frente al proceso manual y establecer cuál ofrece mejores resultados en términos de eficiencia y capacidad productiva. Los valores correspondientes a las máquinas se presentan como escenarios proyectados para efectos de la evaluación técnica y la selección de la alternativa más conveniente.

Tabla 2. Indicadores de productividad y tiempos

Comparación de indicadores de productividad y tiempos			
Indicador	Proceso actual	Flow Pack 250	Flow Pack EH-04 Servo
Operarios requeridos	15	8	5
Horas por turno	7	7	7
Producción por turno	6.500 paquetes	8.000 paquetes	12.500 paquetes
Horas-hombre por turno	105	56	35
Productividad	61,90 paq./h-h	142,86 paq./h-h	357,14 paq./h-h
Tiempo de ciclo	3,88 s/paq.	3,15 s/paq.	2,02 s/paq.
Variación de productividad	—	130,80%	476,96%
Reducción de operarios	—	46,70%	66,70%
Incremento de producción	—	23,10%	92,30%

Fuente: elaboración propia

Flow Pack 250

Datos proyectados:

- Operarios: 8

- Horas por turno: 7
- Producción por turno: 8.000 paquetes

Horas-hombre

$$8 \text{ operarios} \times 7 \text{ horas} = 56 \text{ horas} - \text{hombre}$$

Productividad

$$\frac{8.000 \text{ paquetes}}{56 \text{ horas} - \text{hombre}} = 142,86 \text{ paquetes/hora} - \text{hombre}$$

Tiempo de ciclo

$$\frac{7 \text{ horas} \times 3.600 \text{ segundos}}{8.000 \text{ paquetes}} \frac{25.200}{8.000} = 3,15 \text{ segundos/paquete}$$

Reducción de operarios frente al proceso actual

$$\frac{15 - 8}{15} \times 100 = 46,7\%$$

Incremento de productividad frente al proceso actual

$$\frac{142,86 - 61,90}{61,90} \times 100 = 130,8\%$$

Incremento de producción

$$\frac{8.000 - 6.500}{6.500} \times 100 = 23,1\%$$

Flow Pack EH-04 Servo

Datos proyectados:

- Operarios: 5
- Horas por turno: 7
- Producción por turno: 12.500 paquetes

Horas-hombre

$$5 \text{ operarios} \times 7 \text{ horas} = 35 \text{ horas} - \text{hombre}$$

Productividad

$$\frac{12.500 \text{ paquetes}}{35 \text{ horas} - \text{hombre}} = 357,14 \text{ paquetes/hora} - \text{hombre}$$

Tiempo de ciclo

$$\frac{7 \text{ horas} \times 3.600 \text{ segundos}}{12.500 \text{ paquetes}} = \frac{25.200}{12.500} = 2,02 \text{ segundos/paquete}$$

Reducción de operarios frente al proceso actual

$$\frac{15 - 5}{15} \times 100 = 66,7\%$$

Incremento de productividad frente al proceso actual

$$\frac{357,14 - 61,90}{61,90} \times 100 = 476,96\%$$

Incremento de producción

$$\frac{12.500 - 6.500}{6.500} \times 100 = 92,3\%$$

Por lo anterior, se definió como alternativa de mejora la adquisición de una máquina empacadora automática que permita incrementar la productividad y optimizar el uso de los recursos disponibles.

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO NO. 2

Con el fin de seleccionar la alternativa tecnológica más conveniente para Maíz Arepas, se aplicó una matriz de decisión multicriterio mediante la metodología TOPSIS, considerando variables como:

- Costo de inversión.

- Facilidad de implementación.
- Incremento de productividad.
- Reducción de tiempos.
- Retorno esperado de la inversión.

Los resultados obtenidos determinaron que la máquina empacadora automática representa la mejor alternativa para la empresa, debido a que ofrece el mayor beneficio operativo con una inversión razonable.

Matriz de decisión TOPSIS

La evaluación se realiza con una escala de 1 a 5, donde:

- 1: desempeño muy bajo.
- 2: desempeño bajo.
- 3: desempeño medio.
- 4: desempeño alto.
- 5: desempeño muy alto.

En el criterio costo de inversión (-), un puntaje menor representa un mejor desempeño, debido a que se trata de un criterio de costo.

Con el propósito de seleccionar la alternativa tecnológica más adecuada para optimizar el proceso de empaque, se realizará un análisis comparativo entre la Flow Pack EH-04 Servo y la Flow Pack 250. La evaluación considerará criterios económicos y operativos como el costo de inversión, la facilidad de

implementación, el incremento de la productividad, la reducción de tiempos y el retorno de la inversión. Mediante el método TOPSIS, se determinará cuál de las dos alternativas presenta el mejor desempeño integral y mayor viabilidad para las condiciones específicas del proceso de empaque.

Para ello se debe tener presente lo siguiente:

Tabla 3. Análisis económico de alternativas

Comparación económica preliminar de las alternativas		
Concepto	Flow Pack EH-04 Servo	Flow Pack 250
Precio de la máquina	\$ 55.000.000	\$ 33.000.000
Transporte e instalación	\$ 4.000.000	\$ 2.500.000
Capacitación del personal	\$ 2.000.000	\$ 1.000.000
Adecuaciones eléctricas y operativas	\$ 4.000.000	\$ 2.000.000
Contingencias	\$ 5.000.000	\$ 3.000.000
Inversión total estimada	\$ 70.000.000	\$ 41.000.000

Fuente: elaboración propia

Mediante las fichas técnicas de ambas máquinas se deben tener presente las siguientes cosas:

Tabla 4. Análisis de Desempeño

Comparación de desempeño		
Criterio	Flow Pack EH-04 Servo	Flow Pack 250
Operarios requeridos	5	8
Producción por turno	12.500 paquetes	8.000 paquetes
Productividad	357,14 paquetes/hora-hombre	142,86 paquetes/hora-hombre
Tiempo de ciclo	2,02 s/paquete	3,15 s/paquete

Automatización	Alta	Media
Manipulación manual	Baja	Moderada

Fuente: elaboración propia

Una vez definidas las alternativas tecnológicas y los criterios de evaluación, se procede a aplicar la metodología TOPSIS para comparar sistemáticamente la Flow Pack EH-04 Servo y la Flow Pack 250. En la siguiente etapa se presenta la matriz de decisión, junto con la asignación de los pesos y la valoración de cada alternativa, como base para determinar cuál presenta mayor cercanía a la solución ideal.

Tabla 5. Matriz TOPSIS

Matriz de decisión TOPSIS para la selección de la tecnología de empaque				
Criterio	Tipo	Peso	Flow Pack EH-04 Servo	Flow Pack 250
Costo de inversión	Costo (-)	0,2	3	5
Facilidad de implementación	Beneficio (+)	0,15	4	5
Incremento de productividad	Beneficio (+)	0,3	5	4
Reducción de tiempos	Beneficio (+)	0,2	5	4
Retorno de la inversión	Beneficio (+)	0,15	5	4
Total	—	1	—	—

Fuente: Elaboración propia

Revisar **Anexo E.** ficha técnica Flow Pack 250

Los pesos asignados a cada criterio corresponden a una valoración gerencial documentada, definida por la dirección de la empresa Maíz Arepas de acuerdo con las prioridades del proyecto de automatización. Se otorgó la mayor ponderación al

incremento de la productividad (0,30) por constituir el objetivo central de la inversión, seguido de la reducción de tiempos (0,20) y el costo de inversión (0,20); la facilidad de implementación (0,15) y el retorno de la inversión (0,15) recibieron una ponderación menor. La suma de los pesos es igual a 1, condición requerida por el método.

A partir de la matriz de decisión se desarrolló el procedimiento TOPSIS. En primer lugar, se normalizó la matriz mediante la norma vectorial, dividiendo cada valoración entre la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la columna correspondiente.

Tabla. Matriz normalizada y matriz ponderada

Criterio	Peso	Normalizada EH-04	Normalizada FP 250	Ponderada EH-04	Ponderada FP 250
Costo de inversión	0,20	0,514	0,857	0,1029	0,1715
Facilidad de implementación	0,15	0,625	0,781	0,0937	0,1171
Incremento de productividad	0,30	0,781	0,625	0,2343	0,1874
Reducción de tiempos	0,20	0,781	0,625	0,1562	0,1249
Retorno de la inversión	0,15	0,781	0,625	0,1171	0,0937

Fuente: elaboración propia.

A continuación se determinaron la solución ideal positiva (A^+) y la solución ideal negativa (A^-). Para los criterios de beneficio se tomó el valor máximo como ideal positivo y el mínimo como ideal negativo; para el criterio de costo (costo de inversión) se invirtió

el sentido. Posteriormente se calcularon las distancias euclidianas de cada alternativa a ambas soluciones ideales y el coeficiente de proximidad $C_i = D^- / (D^+ + D^-)$.

Tabla. Soluciones ideales, distancias y coeficiente de proximidad

Concepto	EH-04 Servo	Flow Pack 250
Distancia a la solución ideal positiva (D^+)	0,0234	0,0918
Distancia a la solución ideal negativa (D^-)	0,0918	0,0234
Coeficiente de proximidad (C_i)	0,7967	0,2033
Orden	1	2

Fuente: elaboración propia.

La Flow Pack EH-04 Servo obtuvo un coeficiente de proximidad de 0,7967 frente a 0,2033 de la Flow Pack 250, por lo que se ubica en el primer lugar del ordenamiento y se confirma como la alternativa más cercana a la solución ideal.

De acuerdo con los resultados del método TOPSIS, se seleccionó la Flow Pack EH-04 Servo como la alternativa tecnológica más adecuada, al obtener el mayor coeficiente de proximidad a la solución ideal. Su mejor desempeño en productividad, reducción de tiempos y retorno de la inversión la convierte en la opción más conveniente para optimizar el proceso de empaque.

Posteriormente se realizó un análisis comparativo del proceso actual frente al proceso proyectado con automatización.

En cumplimiento del segundo objetivo específico, orientado a evaluar el impacto de la implementación de la máquina Flow Pack EH-04 Servo en la productividad y los tiempos del proceso de empaque, se realizó una comparación entre las condiciones actuales del proceso manual y el escenario proyectado con la implementación de la tecnología de automatización.

Para el análisis se consideraron como variables el número de operarios, las horas trabajadas por turno, la producción obtenida, el tiempo de ciclo, las horas-hombre y la productividad del proceso. El escenario actual contempla la participación de 15 operarios durante una jornada de 7 horas, con una producción aproximada de 6.500 paquetes por turno. Por su parte, el escenario proyectado con la implementación de la máquina Flow Pack considera 5 operarios, manteniendo una jornada de 7 horas y una producción estimada de 12.500 paquetes por turno.

Tabla 6. Evaluación de implementación de la máquina

Indicador	Proceso actual (manual)	Con Flow Pack EH-04 Servo	Variación
Operarios en empaque	15	5	-66,7 %
Horas por turno	7	7	0%
Producción por turno	6.500 paquetes	12.500 paquetes	92,30%
Tiempo de ciclo por paquete	3,88 s/paquete	2,02 s/paquete	—
Horas-hombre por turno	105	35	-66,7 %
Productividad	61,90 paq./hora-hombre	357,14 paq./hora-hombre	476,96%

Fuente: Elaboración propia

Revisar **Anexo F**. Estudio de tiempos día 15/07/2026.

Evaluación Técnica y Financiera de la Máquina Empacadora Flow Pack EH-

04 Servo

Descripción de la Alternativa Tecnológica

Como parte de la estrategia de automatización propuesta para la empresa Maíz Arepas, se evaluó la implementación de una máquina empacadora automática tipo Flow Pack modelo EH-04 Servo, utilizada ampliamente en la industria panificadora para el empaque de productos alimenticios.

La selección de esta alternativa se fundamenta en la necesidad de optimizar el proceso de empaque, el cual fue identificado, mediante la observación directa del proceso y el análisis de los volúmenes de producción por turno, como uno de los principales cuellos de botella dentro del proceso productivo.

La máquina Flow Pack EH-04 Servo permite automatizar el empaque de productos de panadería mediante un sistema continuo de alimentación, sellado y corte, garantizando una mayor velocidad de producción, uniformidad en la presentación del producto y reducción de la intervención manual.

Análisis Financiero

Situación actual

Tabla 7. Análisis de gastos de la máquina

Concepto	Valor
Máquina Flow Pack EH-04	\$55.000.000
Transporte e instalación	\$4.000.000
Capacitación	\$2.000.000

Concepto	Valor
Adecuaciones eléctricas	\$4.000.000
Contingencia	\$5.000.000
Inversión total	\$70.000.000

Fuente: Elaboración propia

Revisar **Anexo D.** ficha tecnica Flow Pack EH-04 Servo

Actualmente el proceso de empaque requiere aproximadamente:

Tabla 8. Proceso de empaque actual y automatizado

Concepto	Valor
Operarios en la línea de empaque (actual)	15
Costo laboral integral por operario (mensual)	\$2.873.260
Costo mensual de mano de obra (actual)	\$43.098.900
Operarios requeridos con automatización	5
Costo mensual de mano de obra (con automatización)	\$14.366.300
Ahorro mensual en mano de obra	\$28.732.600

Fuente: elaboración propia

Rentabilidad del proyecto

Tabla 10. Indicadores financieros

Tabla. Indicadores de evaluación financiera del proyecto			
Indicador	Parámetro	Fórmula / método de cálculo	Resultado
Inversión inicial	\$ 70.000.000	Máquina + transporte e instalación + capacitación + adecuaciones eléctricas + contingencias	\$ 70.000.000
Ahorro mensual por mano de obra	15 operarios vs. 5 operarios	\$43.098.900 – \$14.366.300	\$28.732.600/mes
Ahorro anual por mano de obra	12 meses	\$28.732.600 × 12	\$344.791.200/año
Beneficio mensual por reducción de desperdicios	Reducción del 5 %	34,42 kg × 5 % = 1,72 kg × \$4.000/kg	\$6.883/mes

Tabla. Indicadores de evaluación financiera del proyecto			
Beneficio anual por reducción de desperdicios	12 meses	$\$6.883 \times 12$	\$82.600/año
Beneficio bruto mensual	Mano de obra + desperdicios	$\$28.732.600 + \$6.883$	\$28.739.483/mes
Beneficio bruto anual	12 meses	$\$28.739.483 \times 12$	\$344.873.796/año
Costos operativos mensuales	Energía + mantenimiento	$\$450.000 + \$350.000 + \$200.000$	\$1.000.000/mes
Costos operativos anuales	12 meses	$\$1.000.000 \times 12$	\$12.000.000/año
Flujo neto mensual	Beneficio bruto – costos operativos	$\$28.739.483 - \$1.000.000$	\$27.739.483/mes
Flujo neto anual	Flujo mensual $\times 12$	$\$27.739.483 \times 12$	\$332.873.800/año
Período de recuperación simple	Inversión / flujo neto mensual	$\$70.000.000 \div \$27.739.483$	2,52 meses
Tasa de descuento	Tasa anual de referencia	Parámetro utilizado para actualizar los flujos	15 % anual
Horizonte de evaluación	Período de análisis	Proyección financiera	5 años
VPN	Inversión: \$70.000.000; flujo anual: \$332.873.800; i: 15 %; n: 5 años	$-Inversión + \sum [\text{Flujo anual} \div (1 + i)^t]$	\$ 1.045.844.606
TIR	Flujo inicial negativo + flujos anuales positivos	Tasa que hace que el VPN = 0	$\approx 475,5 \%$

Fuente: elaboración propia

costo laboral

Con el propósito de cuantificar el impacto económico de la automatización del proceso de empaque, se determinó el costo laboral integral por operario, incluyendo salario, prestaciones sociales, aportes al Sistema de Seguridad Social y demás obligaciones legales asumidas por el empleador.

El costo laboral integral considerado para el análisis fue de \$2.873.260 mensuales por trabajador.

Bajo las condiciones actuales del proceso, la operación requiere quince operarios, lo que representa un costo mensual de \$43.098.900. Con la implementación de la máquina Flow Pack EH-04 Servo se proyecta una reducción a cinco operarios, disminuyendo el costo mensual de mano de obra a \$14.366.300 y generando un ahorro mensual estimado de \$28.732.600.

Esta reducción responde al mayor grado de automatización del equipo y a la eliminación de actividades manuales repetitivas relacionadas con la alimentación, sellado y evacuación del producto terminado.

Metodología para la estimación de los indicadores financieros De Maiz arepas

Para determinar la viabilidad financiera de la implementación de la máquina empacadora Flow Pack EH-04 Servo, se realizó una estimación económica basada en la inversión inicial requerida, la reducción proyectada de los costos de mano de obra, la disminución estimada de los desperdicios y los costos operativos asociados al funcionamiento del equipo.

En primer lugar, se estableció la inversión inicial del proyecto en \$70.000.000, valor conformado por la adquisición de la máquina empacadora Flow Pack EH-04 Servo, por un valor de \$55.000.000; los costos de transporte e instalación, estimados en \$4.000.000; la capacitación del personal, por

\$2.000.000; las adecuaciones eléctricas y operativas requeridas, por \$4.000.000; y una provisión de \$5.000.000 para contingencias. La suma de estos conceptos determina el valor total de la inversión inicial.

Para estimar el ahorro asociado a la mano de obra, se tomó como referencia un costo laboral integral de \$2.873.260 mensuales por trabajador, que incluye el salario mínimo legal vigente, las prestaciones sociales y los aportes patronales. En la situación actual, el proceso de empaque requiere aproximadamente 15 operarios, por lo que el costo mensual de mano de obra se calculó multiplicando el costo integral por trabajador por el número de operarios:

$$15 \times \$2.873.260 = \$43.098.900 \text{ mensuales.}$$

Posteriormente, con la implementación de la máquina empacadora, se proyectó una necesidad de aproximadamente 5 operarios para la operación y supervisión del proceso. En este escenario, el costo mensual de mano de obra se obtiene mediante:

$$5 \times \$2.873.260 = \$14.366.300 \text{ mensuales.}$$

La diferencia entre el costo actual y el costo proyectado permite determinar el ahorro mensual generado por la automatización:

$$\$43.098.900 - \$14.366.300 = \$28.732.600 \text{ mensuales.}$$

Para obtener el ahorro anual, este valor se multiplicó por los 12 meses del año:

$$\$28.732.600 \times 12 = \$344.791.200 \text{ anuales.}$$

Adicionalmente, se estimó el beneficio económico derivado de la reducción de desperdicios del proceso de empaque. Para este cálculo se tomó como referencia el registro real de Productos No Conformes (PNC) de la línea de empaque, que asciende a 206,5 kg en el período de enero a junio de 2026, equivalentes a un promedio de 34,42 kg mensuales, y se planteó una reducción conservadora del 5 %, con el fin de evitar una sobreestimación del beneficio:

$$34,42 \text{ kg} \times 5 \% = 1,72 \text{ kg mensuales recuperados aproximadamente.}$$

Considerando un valor estimado de \$4.000 por kilogramo, el beneficio mensual asociado a la reducción de desperdicios se calculó de la siguiente manera:

$$1,72 \text{ kg} \times \$4.000 = \$6.883 \text{ mensuales aproximadamente.}$$

El beneficio anual por este concepto se obtuvo multiplicando el beneficio mensual por 12 meses:

$$\$6.883 \times 12 = \$82.600 \text{ anuales aproximadamente.}$$

A partir de los dos beneficios económicos identificados, se determinó el beneficio bruto mensual del proyecto, sumando el ahorro mensual por mano de obra y el beneficio mensual por reducción de desperdicios:

$$\$28.732.600 + \$6.883 = \$28.739.483 \text{ mensuales.}$$

El beneficio bruto anual se obtuvo multiplicando este valor por los 12 meses del año:

$$\$28.739.483 \times 12 = \$344.873.796 \text{ anuales.}$$

Posteriormente, se incorporaron los costos operativos estimados asociados al funcionamiento de la máquina. Estos costos incluyen \$450.000 mensuales por consumo de energía eléctrica, \$350.000 por mantenimiento preventivo y \$200.000 como provisión para mantenimiento correctivo, para un total de:

$$\$450.000 + \$350.000 + \$200.000 = \$1.000.000 \text{ mensuales.}$$

El costo operativo anual se determinó multiplicando el costo mensual por 12 meses:

$$\$1.000.000 \times 12 = \$12.000.000 \text{ anuales.}$$

Para determinar el flujo neto mensual del proyecto, se descontaron los costos operativos del beneficio bruto mensual:

$$\$28.739.483 - \$1.000.000 = \$27.739.483 \text{ mensuales.}$$

En consecuencia, el flujo neto anual proyectado corresponde a:

$$\$27.739.483 \times 12 = \$332.873.800 \text{ anuales.}$$

El período de recuperación simple de la inversión se calculó dividiendo la inversión inicial entre el flujo neto mensual:

$$\$70.000.000 \div \$27.739.483 = 2,52 \text{ meses aproximadamente.}$$

Para complementar la evaluación financiera, se estableció una tasa de descuento del 15 % anual y un horizonte de evaluación de 5 años. La tasa de descuento se utiliza para actualizar los flujos futuros y determinar su valor presente, mientras que el horizonte de cinco años permite analizar el comportamiento financiero del proyecto durante un período de mediano plazo.

El Valor Presente Neto (VPN) se calculó considerando la inversión inicial como un flujo negativo de \$70.000.000 y los flujos netos anuales de \$332.873.800 durante cinco años, descontados a una tasa anual del 15 %. El resultado

obtenido fue un VPN aproximado de \$1.045.844.606, lo que indica que, bajo los supuestos establecidos, el proyecto generaría un valor superior a la inversión inicial una vez descontado el valor del dinero en el tiempo.

Finalmente, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se determinó como la tasa de descuento que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Con los flujos proyectados, se obtuvo una TIR aproximada de 475,5 %. Al comparar este resultado con la tasa de descuento del 15 %, se observa que la TIR es superior, lo que indica una rentabilidad financiera favorable en el escenario proyectado. En conjunto, los resultados de la evaluación financiera muestran que la implementación de la máquina empacadora Flow Pack EH-04 Servo presenta una recuperación rápida de la inversión y resultados favorables en los indicadores de VPN y TIR. No obstante, estos resultados dependen del cumplimiento de los supuestos utilizados, especialmente la reducción de 15 a 5 operarios, la disminución proyectada del 5 % de los desperdicios y la validación de los costos reales de energía y mantenimiento. Por lo tanto, estos valores deben interpretarse como una proyección financiera del proyecto y validarse con información real del proveedor y de la operación de la empresa antes de realizar la inversión definitiva.

Análisis de sensibilidad

Dado que los resultados financieros dependen en gran medida del ahorro en mano de obra, y que la reducción de 15 a 5 operarios puede implicar costos de reubicación o de terminación no contemplados en el flujo base, se construyeron tres escenarios que

varían el porcentaje del ahorro laboral efectivamente realizado. El escenario optimista supone que se materializa el 100 % del ahorro; el moderado, el 75 %; y el pesimista, el 50 %. En todos los casos se mantienen constantes la inversión de \$70.000.000, los costos operativos mensuales de \$1.000.000 y el beneficio por reducción de desperdicios calculado sobre la base real de PNC.

Tabla. Análisis de sensibilidad de los indicadores financieros

Escenario	Ahorro MO realizado	Flujo neto mensual	Período de recuperación	VPN (15 %, 5 años)
Pesimista	50 %	\$13.373.183	5,23 meses	\$467.947.803
Moderado	75 %	\$20.556.333	3,41 meses	\$756.896.198
Optimista	100 %	\$27.739.483	2,52 meses	\$1.045.844.606

Fuente: elaboración propia.

Aun en el escenario pesimista, en el que solo se materializa la mitad del ahorro laboral proyectado, el proyecto conserva un VPN positivo y un período de recuperación inferior a seis meses. No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela: la producción proyectada (12.500 paquetes por turno) casi duplica la actual sin que se haya evidenciado una demanda que la absorba, y el flujo base no incorpora depreciación, costo de oportunidad del capital, valor de salvamento ni los costos de reubicación o terminación del personal. Por lo tanto, los indicadores obtenidos representan una estimación bajo los supuestos establecidos y no una medición de rentabilidad realizada.

Una vez analizada la viabilidad financiera del proyecto, es necesario evaluar los beneficios operativos y de calidad que podrían derivarse de la implementación de la máquina Flow Pack EH-04 Servo. En este sentido, la

automatización no solo busca generar ahorros económicos, sino también reducir la manipulación manual del producto y, con ello, contribuir a la disminución de los Productos No Conformes (PNC), especialmente aquellos asociados al maltrato del producto. Por lo anterior, a continuación se analiza el comportamiento histórico de los PNC y la reducción proyectada después de la implementación de la máquina.

Para lo corrido de este año contemplan los siguientes datos hasta el mes de junio:

Ilustración 1. Diagrama de PNC

Etiquetas de fila	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	Total kg	% PARTICIPACION
CRUDO	2	0	0	0	0	0	5		3%
MALTRATADO	25	1	24	25	27	23			61%
PEGADO	2	1	0	0	2	4			4%
PEQUEÑO	1	0	0	2	3	5			5%
QUEMADO	12	2	4	1	13	2			16%
MOJADO	0	0	1,5	8	2	0			6%
SUCIO PISO	1	3	0	0	2	3			4%
Total general	43	7	29,5	36	49	42	0	206,5	100%

Fuente: elaboración propia

Ilustración 2. Diagrama de líneas PNC



Fuente: elaboración propia

Revisar **Anexo C.** Formato de registro de Producto No Conforme diario (PNC).

Se registró una generación de PNC asociada a diferentes criterios de calidad, entre los cuales se destaca el producto maltratado. Este criterio se relaciona con el manejo manual del producto durante las actividades de manipulación y empaque, lo que puede ocasionar golpes, deformaciones y deterioro de sus características. Por esta razón, la implementación de la máquina Flow Pack se plantea como una alternativa para estandarizar el proceso, disminuir la manipulación manual y contribuir a la reducción de los kilogramos de producto clasificados como PNC.A continuación, se presenta el comportamiento histórico de los PNC en kilogramos durante el período enero-junio de 2026 y la proyección de reducción esperada con la implementación de la máquina empacadora Flow Pack EH-04 Servo.

Proyección de reducción del 5 % del PNC

La proyección se realiza tomando como línea base los kilogramos de PNC registrados durante 2026:

Reducción proyectada = PNC 2026 × 5 %

PNC proyectado = PNC 2026 – reducción proyectada

Tabla. Proyección mensual de PNC posterior a la implementación de la Flow Pack

Mes (2026)	PNC base (kg)	Reducción 5 % (kg)	PNC proyectado (kg)
Enero	38,00	1,90	36,10

Febrero	35,50	1,78	33,73
Marzo	34,00	1,70	32,30
Abril	33,50	1,68	31,82
Mayo	33,00	1,65	31,35
Junio	32,50	1,62	30,88
Total semestre	206,50	10,33	196,18

Nota: los valores mensuales se estiman a partir del total de PNC registrado en el semestre (206,5 kg), dado que el registro disponible corresponde al acumulado enero-junio de 2026.

Fuente: elaboración propia.

Meta de reducción acumulada para el primer semestre de 2027

La meta de reducción del PNC se establece sobre el total acumulado del primer semestre:

Reducción esperada = 206,5 kg × 5 %

Reducción esperada = 10,325 kg

Por lo tanto:

PNC máximo proyectado para enero-junio de 2027:

206,5 kg – 10,325 kg = 196,175 kg

Tabla 11. PNC Acumulado

Tabla Comparación del PNC acumulado		
Período	PNC acumulado (kg)	Reducción
Enero-junio 2026 – Línea base	206,5 kg	—
Enero-junio 2027 – Proyección	196,18 kg	10,33 kg (5 %)

Fuente: elaboración propia

Durante el período de enero a junio de 2026 se registraron 206,5 kg de Productos No Conformes (PNC). Estos son identificados y registrados por los operarios del área de empaque, quienes clasifican el producto de acuerdo con los criterios establecidos: crudo, maltratado, pegado, pequeño, quemado, mojado y sucio de piso, dejando evidencia en los formatos de control correspondientes.

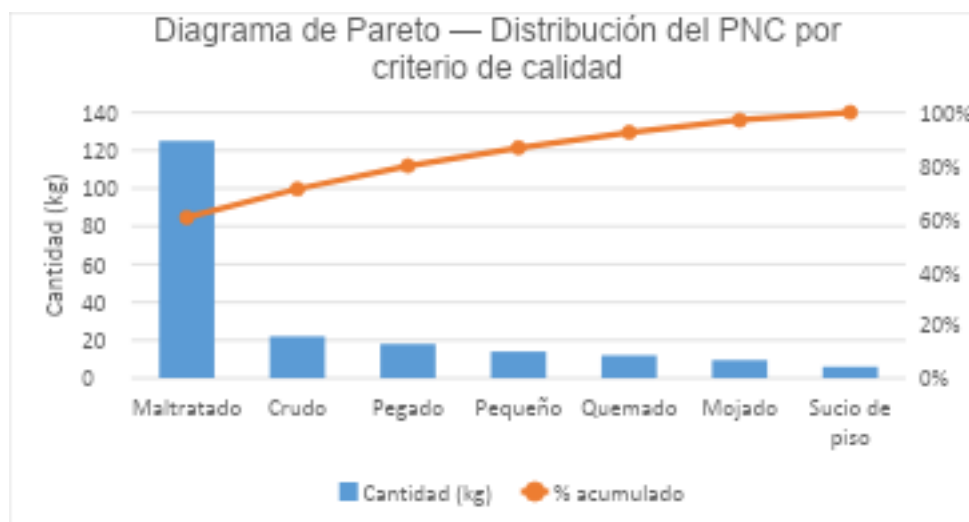
El criterio con mayor participación fue maltratado, con 125 kg, equivalentes al 60,5 % del PNC total. Debido a la relación entre este criterio y la manipulación manual del producto, se proyecta que la implementación de la máquina Flow Pack EH-04 Servo contribuya a mejorar el proceso de empaque y reducir la generación de PNC.

Tabla. Distribución del PNC por criterio de calidad (enero–junio 2026)

Criterio	Cantidad (kg)	Participación (%)	% acumulado
Maltratado	125,0	60,5 %	60,5 %
Crudo	22,0	10,7 %	71,2 %
Pegado	18,0	8,7 %	79,9 %
Pequeño	14,0	6,8 %	86,7 %
Quemado	12,0	5,8 %	92,5 %
Mojado	9,5	4,6 %	97,1 %
Sucio de piso	6,0	2,9 %	100,0 %
Total	206,5	100,0 %	

Fuente: elaboración propia con base en los registros de PNC del área de empaque.

Ilustración 3. Diagrama de Pareto de los criterios de PNC



Tomando como línea base los 206,5 kg registrados en el primer semestre de 2026, se establece como meta una reducción acumulada del 5 % para el primer semestre de 2027, equivalente a aproximadamente 10,33 kg, alcanzando un valor proyectado de 196,17 kg de PNC. Esta meta será validada mediante el seguimiento de los registros y formatos de control, prestando especial atención al comportamiento del criterio maltratado después de la implementación de la máquina.

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECIFICO NO. 3

Se desarrolló un proceso metodológico basado en la constatación de la información obtenida durante el diagnóstico del proceso actual de empaque, la revisión de las características técnicas de las alternativas tecnológicas evaluadas y la consulta de información bibliográfica relacionada con la productividad, el estudio de tiempos, la automatización de procesos y la implementación de equipos industriales.

En primer lugar, se realizó un diagnóstico del proceso actual de empaque mediante la observación directa de las actividades, la identificación de las etapas del proceso y la revisión de los tiempos de operación, la capacidad productiva y las principales causas asociadas a la generación de producto no conforme. Esta información permitió establecer una línea base para comparar el desempeño actual con el comportamiento esperado después de la implementación de la tecnología propuesta.

Posteriormente, se analizaron las características técnicas y operativas de las alternativas de empaque consideradas, específicamente la Flow Pack EH-04 Servo y la Flow Pack 250. La Flow Pack EH-04 Servo fue seleccionada como alternativa principal de implementación, mientras que la Flow Pack 250 se utilizó como referencia técnica para la comparación de capacidades, productividad y desempeño esperado.

Con base en los resultados del diagnóstico, el registro de los tiempos de operación a partir de los volúmenes de producción por turno, la comparación de indicadores de productividad y el análisis técnico de las alternativas, se estructuró un plan estratégico de implementación. Este plan contempla las fases de adquisición, instalación, pruebas y puesta en marcha del equipo, así como las actividades de capacitación del personal, la integración de la máquina al proceso actual, la distribución física propuesta y las metas esperadas en términos de productividad, reducción de tiempos y disminución del producto no conforme.

Finalmente, el plan propuesto fue organizado mediante herramientas de planeación industrial, entre ellas un cronograma de implementación tipo Gantt, un plan de capacitación, una propuesta de distribución en planta y una matriz de metas e indicadores. De esta manera, el cumplimiento del objetivo se obtuvo mediante la integración de los resultados del diagnóstico, la información técnica de las máquinas y la revisión bibliográfica utilizada en el marco metodológico.

1.Diagrama de Gantt

El cronograma de implementación de la Flow Pack EH-04 Servo se proyecta a partir de agosto de 2026 y contempla las etapas de evaluación y aprobación, adquisición, instalación, pruebas, capacitación y puesta en marcha. La ejecución se desarrollará de manera progresiva hasta noviembre de 2026, iniciando con la evaluación técnica, operativa y económica de la propuesta, seguida de la adquisición y recepción del equipo.

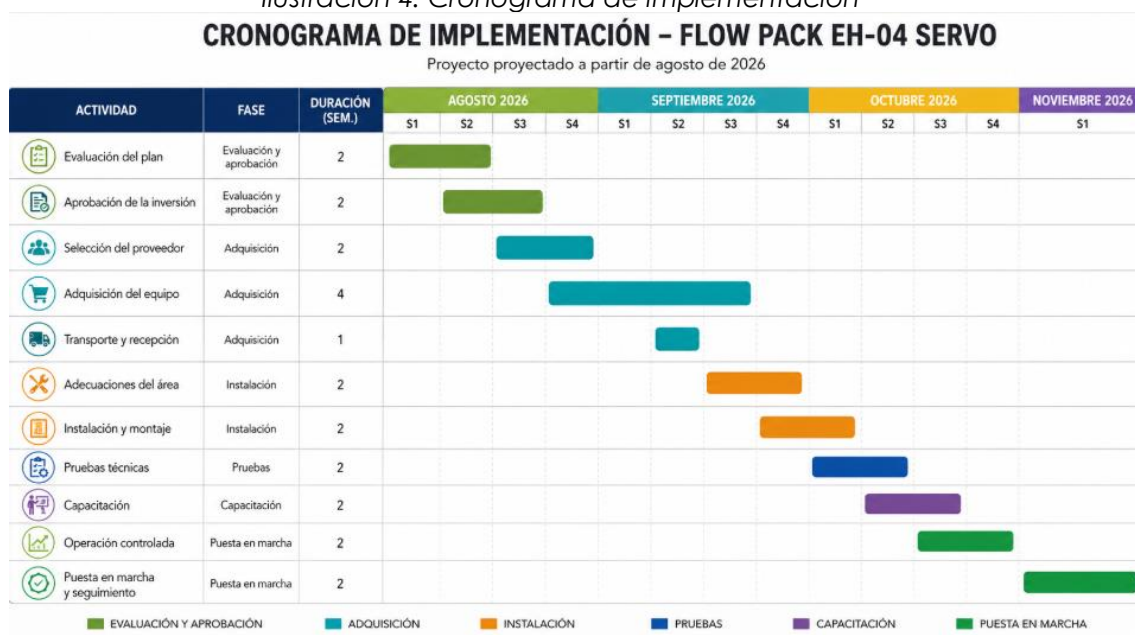
Tabla 12. Evaluación de la propuesta de la máquina

Fase	Actividad	Duración estimada	Periodo
Evaluación y aprobación	Revisión de la propuesta, viabilidad técnica y aprobación de la inversión	2 semanas	ago-26
Adquisición	Selección del proveedor, compra y gestión del equipo	4 semanas	Agosto - septiembre 2026
Instalación	Adecuaciones del área, transporte, montaje y conexión	2 semanas	Septiembre - octubre 2026

Pruebas	Verificación del funcionamiento, calibración y ajustes	2 semanas	oct-26
Capacitación	Formación de operarios y supervisores	2 semanas	oct-26
Puesta en marcha	Operación controlada y seguimiento inicial	2 semanas	Octubre - noviembre 2026

Fuente: elaboración propia

Ilustración 4. Cronograma de implementación



Fuente: elaboración propia

El cronograma de implementación permite establecer una ruta organizada y secuencial para la incorporación de la Flow Pack EH-04 Servo al proceso de empaque. La planificación, proyectada entre agosto y noviembre de 2026, contempla las actividades de evaluación, adquisición, instalación, pruebas, capacitación y puesta en marcha, garantizando que cada etapa se desarrolle de manera progresiva. Esta programación facilita la coordinación de los recursos

técnicos, humanos y económicos necesarios, disminuye los riesgos asociados a la implementación y permite realizar un seguimiento de los avances hasta la operación controlada de la nueva tecnología.

2. Plan de capacitación

La capacitación del personal se realizará antes de la puesta en marcha de la Flow Pack EH-04 Servo, con el fin de garantizar que los operarios conozcan el funcionamiento del equipo y desarrollen las actividades de operación, limpieza y seguridad de manera adecuada.

La capacitación estará dirigida principalmente a los operarios del área de empaque, quienes tendrán contacto directo con la máquina, y a los supervisores de producción, encargados de realizar el seguimiento del proceso.

Ilustración 5. Cronograma capacitación

ANEXO GH-ST.12 CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN																													
ACTIVIDADES	DIRIGIO A	Programado	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				%	OBSERVACIONES	
		Ejecutado	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Cuidado de manos	TODA LA COMPAÑIA	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
Manejo seguro de equipos, maquinas y herramientas	MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
¿Qué es el Riesgo mecanico?	MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
Mantenimiento seguro de maquinas y equipos	MANTENIMIENTO PRODUCCIÓN	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
Campaña de Orden y Aseo	TODO EL PERSONAL	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
PSO Manejo de flow pack	PRODUCCIÓN	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna
Autocuidado y percepción del riesgo	TODO EL PERSONAL	Programado																											
		Ejecutado																										0%	Ninguna

Fuente: Elaboración propia

El plan de acción para la implementación de la Flow Pack EH-04 Servo se estructuró de acuerdo con el cronograma de implementación proyectado entre agosto y noviembre de 2026. Las actividades fueron organizadas en grupos relacionados con la evaluación y adquisición de la tecnología, la adecuación e

instalación del equipo, la capacitación del personal, la puesta en marcha y el seguimiento de los resultados.

Cada actividad cuenta con un grupo responsable y una población objetivo, permitiendo establecer una ruta de ejecución y seguimiento. El porcentaje de cumplimiento se actualizará de acuerdo con el avance de cada actividad, comparando las acciones programadas con las actividades efectivamente ejecutadas. De esta manera, el plan facilita el control de la implementación y permite identificar oportunamente retrasos, dificultades o acciones pendientes durante la incorporación de la nueva tecnología al proceso de empaque.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado permitió establecer que el proceso de empaque representa la principal limitación operativa de Maíz Arepas, ya que actualmente se ejecuta de manera manual, demanda una alta participación de personal y restringe la capacidad de producción de la empresa. Esta condición ocasiona mayores tiempos de operación, incrementa los costos asociados a la mano de obra y dificulta atender de forma eficiente el aumento de la demanda.

La evaluación de las alternativas tecnológicas demostró que la incorporación de una máquina empacadora automática generaría mejoras importantes en el desempeño del proceso productivo. Entre los principales beneficios proyectados se encuentran el aumento de la capacidad de producción, la disminución del tiempo de ciclo y una mejor utilización del recurso humano, lo que se traduce en un incremento significativo de la productividad.

La aplicación de la metodología TOPSIS permitió seleccionar de manera objetiva la Flow Pack EH-04 Servo como la alternativa tecnológica más adecuada para la empresa, debido a que obtuvo el mejor desempeño en aspectos como productividad, eficiencia operativa, reducción de tiempos y

retorno de la inversión, convirtiéndose en la opción que ofrece mayores beneficios para el proceso de empaque.

El análisis financiero sugiere que, bajo los supuestos establecidos, la implementación de la máquina presentaría beneficios económicos favorables. Los resultados proyectados reflejan una recuperación rápida de la inversión, un Valor Presente Neto positivo y una Tasa Interna de Retorno superior a la tasa de descuento establecida. No obstante, estos indicadores corresponden a escenarios proyectados y no a mediciones sobre la operación real, por lo que deben interpretarse como beneficios esperados que requieren validación antes de la decisión de inversión.

Se recomienda implementar la máquina empacadora Flow Pack EH-04 Servo de manera gradual, siguiendo un plan de trabajo que contemple la adecuación de las instalaciones, la instalación del equipo, la realización de pruebas de funcionamiento y el seguimiento continuo de los resultados obtenidos durante los primeros meses de operación.

Asimismo, la automatización del proceso de empaque no solo contribuiría a incrementar la productividad, sino también a fortalecer la calidad del producto, al reducir la manipulación manual y disminuir la generación de Productos No Conformes (PNC), especialmente aquellos ocasionados por el maltrato durante el empaque.

En términos generales, esta investigación evidencia que la automatización del proceso de empaque constituye una alternativa prometedora para

fortalecer la competitividad de Maíz Arepas y optimizar el uso de los recursos, siempre que los beneficios proyectados se confirmen en condiciones reales de operación.

Finalmente, es necesario reconocer las limitaciones del estudio. Los resultados se sustentan en escenarios proyectados y no en mediciones de campo: las capacidades y tiempos de ciclo de la máquina no fueron validados directamente con el proveedor; no se realizó una medición de la demanda que respalde el nivel de producción proyectado; los supuestos de reducción de desperdicios y de ahorro en mano de obra no fueron verificados en operación; y el análisis financiero no incorpora depreciación, costo de oportunidad del capital, valor de salvamento ni los costos de reubicación o terminación del personal. Por lo tanto, se recomienda validar estos supuestos con el proveedor y con registros reales de la operación antes de tomar la decisión de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

Baca Urbina, G. (2013). Evaluación de proyectos (7ª ed.). McGraw-Hill.

Céspedes García, D. (2018). Estudio de tiempos y movimientos realizado en el área de empaquetado (máquinas Libra) en la empresa Alimentos Caribe S.A.S. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD.
https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/25452/1/dcespedes_g.pdf

Cómo gestionar los cuellos de botella en entornos industriales – Prosimtec. (2026, 3 de febrero). Prosimtec Consultora Industrial.
<https://www.prosimtec.com/blog/cuello-de-botella-industrial/>

Dadash Pour, P., Ahmed, A. A., Nazzal, M. A., & Darras, B. M. (2023). An Industry 4.0 technology selection framework for manufacturing systems and firms using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Systems*, 11(4), 192.
<https://doi.org/10.3390/systems11040192>

Damián Moran, G. J., Mayhua Ayuque, J., Inga Quinto, J. E., Larrea Cerna, C., & Callirgos Romero, D. A. (2025). Industria 4.0 y su relación con la automatización en la industria alimentaria: una revisión sistemática y bibliométrica. *Manglar: Revista de Investigación Científica*, 22(2), 229-243.

Del Carmen Balerio Rosas, A., Esquivias, M. T., Ripalda, M. D. H., & González, A. L. (2022). Detección y reducción de cuellos de botella usando técnicas de Lean Manufacturing en un proceso productivo de alimentos. *Pistas Educativas*, 44(142).

<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2819>

Fajardo Cueva, O. L. (2024). Reducción de las paradas de planta aplicando el mapeo de la cadena de valor (VSM) y cambios rápidos (SMED) de la metodología Lean Manufacturing. *Industrial Data*, 27(1).
<https://doi.org/10.15381/idata.v27i1.25011>

Flórez Rueda, W. (2026). Automatización electrónica industrial en la producción de comidas rápidas [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/79337/waflorezru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Madanchian, M., & Taherdoost, H. (2023). A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 1(1), 2220. <https://doi.org/10.54517/ssd.v1i1.2220>

Mapeo de la cadena de valor – Definición concisa + artículos y libros. (s. f.). HEFLO. <https://www.heflo.com/es/glosario/bpm/mapeo-de-la-cadena-de-valor>

Packotronic. (s. f.). Flow-pack. <https://packotronic.com/flow-pack/>

Pegels, C. C., & Watrous, C. (2005). Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant. *Journal of Manufacturing*

Technology Management, 16(3), 302-311.
<https://doi.org/10.1108/17410380510583617>

Poswa, F., Adenuga, O. T., & Mpofu, K. (2022). Productivity improvement using simulated value stream mapping: A case study of the truck manufacturing industry. *Processes*, 10(9), 1884. <https://doi.org/10.3390/pr10091884>

Quaye, W., Akon-Yamga, G., Akuffobea-Essilfie, M., & Onumah, J. A. (2024). Technology adoption, competitiveness and new market access among SMEs in Ghana: What are the limiting factors? *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 16(7), 1023-1037.
<https://doi.org/10.1080/20421338.2024.2414949>

Ramlan, R., Ahmad, A. N. A., Omar, S. S., & Suhaimi, A. H. (2017). Continuous improvement with value stream mapping (VSM): A case study in SME food processing industry. *Advanced Science Letters*, 23(1), 674-676.
<https://doi.org/10.1166/asl.2017.7515>

Rojas-Berrio, S., Rincon-Novoa, J., Sánchez-Monrroy, M., Ascúa, R., & Montoya-Restrepo, L. A. (2022). Factors influencing 4.0 technology adoption in manufacturing SMEs in an emerging country. *Journal of Small Business Strategy*, 32(3), 67-83. <https://doi.org/10.53703/001c.34608>

Salwin, M., & Kraslawski, A. (2023). Value-stream mapping as a tool to improve production and energy consumption: A case study of a manufacturer of industrial hand tools. *Energies*, 16(21), 7292.
<https://doi.org/10.3390/en16217292>

- Sa'udah, N., Amit, N., & Ali, M. N. (2015). Facility layout for SME food industry via value stream mapping and simulation. *Procedia Economics and Finance*, 31, 797-802. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01169-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01169-1)
- Sharma, M., & Sagar, M. K. (2019). Implementation of value stream mapping in food industry. *Journal of Production Research & Management*, 9(2), 1-8. <https://doi.org/10.37591/joprm.v9i2.3107>
- Tran, N.-T., & Trinh, V.-L. (2024). An integrated approach of fuzzy AHP-TOPSIS for multi-criteria decision-making in industrial robot selection. *Processes*, 12(8), 1723. <https://doi.org/10.3390/pr12081723>
- Yin, Y., Wang, Y., Wang, W., & Zhang, Q. (2024). A comprehensive review of theories, methods, and techniques for bottleneck identification and management in manufacturing systems. *Applied Sciences*, 14(17), 7712. <https://doi.org/10.3390/app14177712>
- Yuridia. (2023, 26 de mayo). Tipos de automatización industrial. SDI Industrial. <https://sdindustrial.com.mx/blog/conoce-mas-automatizacion-industrial/>

Anexos

ANEXO A. Cotización referencial de la máquina empacadora Flow Pack EH-04

Servo

Factura



PIDCO COLOMBIA
-CL .1g #29B 52

Fecha: 2026-06-06
Nº de factura: 6364
P.O. #: 2345

Facturar a General NLA

Gant.	Descripción	Precio unitario	Total
1	Flow Pack EH-04 Servo	\$55,000,000	\$55,000,000
1	TRANSPORTE E INSTALACIÓN	\$4,000,000	\$4,000,000
1	ADECUACIONES ELÉCTRICAS Y OPERATIVAS	\$4,000,000	\$4,000,000

Subtotal	\$63,000,000
IVA(5%)	\$2,950,000
Total	\$65,950,000
Saldo	\$65,950,000

Maquina flow pack empacadora, cotización Maiz Arepas,
Gracias por su preferencia.

ANEXO B. Cotización maquina empacadora flow pack 250

Facturar a General N.A

Cant.	Descripción	Precio unitario	Total
1	Flow Pack 250	\$33,000,000	\$33,000,000
1	TRASPORTE E INSTALACIÓN	\$4,000,000	\$4,000,000
1	ADECUACIONES ELECTRICAS Y OPERATIVAS	\$4,000,000	\$4,000,000

Subtotal	\$41,000,000
IVA(5%)	\$1,850,000
Total	\$42,850,000
Saldo	\$42,850,000

Maquina flow pack empacadora, colización Maiz Arepas,
Gracias por su preferencia.

Anexo C. Formato de registro de Producto No Conforme diario (PNC).

FORMATO DE PNC PLANTA										
FECHA: 05/04/2026										
TURNO	MATERIAL	CRITERIOS DE PNC EN KILOS							PESO TOTAL KG	OBSERVACIONES
1	AREPA DE MAIZ PEQUEÑA	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	10	
		2	1	2			5			
2	AREPA DE MAIZ PEQUEÑA	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	4	
				1			3			
1	AREPA DE MAIZ PEQUEÑA	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	9	
					2		7			
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	6	
		2			1		3			
		QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO		
NOTA:										
ELABORADO POR: Andres Martinez										

FORMATO DE PNC PLANTA										
FECHA: 16/05/2026										
TURNO	MATERIAL	CRITERIOS DE PNC EN KILOS							PESO TOTAL KG	OBSERVACIONES
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	12	
		1		3			8			
2	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	4	
				1			3			
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	5	
					1		4			
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	5	
		2			1		2			
		QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO		
NOTA:										
ELABORADO POR: Andres Martinez										

FORMATO DE PNC PLANTA											
FECHA: 3/06/2026											
TURNO	MATERIAL	CRITERIOS DE PNC EN KILOS							PESO TOTAL KG	OBSERVACIONES	
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	5		
							5				
2	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	2	Afectación a colaborar por pan sucio	
			0.5				2				
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	5	Afectación a colaborar por pan sucio	
			2				3				
1	AREPA DE MAIZ GRANDE	QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO	3		
				1			2				
		QUEMADO	SUCIO	CRUDO	DEFORME	CRECIDO	MALTRATADO	MOJADO			
NOTA:											
ELABORADO POR: Maria Magdalena											

Anexo D. ficha tecnica Flow Pack EH-04 Servo

FLOW PACK EH-04 SERVO

Empacadora Horizontal Automática

Empacadora horizontal automática de alta velocidad con sistema de servomotores independientes, diseñada para el empaque de productos de panadería, alimentos y consumo masivo.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	EH-04 SERVO
Tipo de máquina	Empacadora horizontal automática
Sistema de control	Servomotores independientes
Velocidad de empaque	20 – 30 paquetes/minuto
Producción estimada	Hasta 12.500 paquetes por turno (7 horas)
Ancho máximo de película	600 mm
Largo de bolsa	80 – 600 mm
Ancho de bolsa	50 – 280 mm
Altura máxima del producto	100 mm
Tipo de sellado	Sellado horizontal tipo flow pack (3 sellos)
Tipo de película	Polipropileno, Poliéster, Laminados, BOPP
Diámetro máximo del rollo	320 mm
Alimentación	Automática
Voltaje de alimentación	220 V / 60 Hz / 3 Fases
Potencia instalada	5 kW
Consumo eléctrico	Aprox. 5 kW/hora
Dimensiones de la máquina	(L) 4.300 mm x (A) 900 mm x (H) 1.550 mm
Peso de la máquina	Aprox. 850 kg
Operarios requeridos	5
Aplicaciones	Productos de panadería, ponqués, galletas, arepas, alimentos empacados, entre otros.

CARACTERÍSTICAS DESTACADAS

- ✓ Sistema de servomotores que garantiza mayor precisión y estabilidad.
- ✓ Alta velocidad de producción.
- ✓ Pantalla táctil intuitiva.
- ✓ Estructura en acero inoxidable.
- ✓ Fácil ajuste de longitud y ancho de bolsa.
- ✓ Mayor eficiencia y menor generación de producto no conforme.

TIPO DE EMPAQUE



INDUSTRIAS



Anexo E. ficha tecnica Flow Pack 250

FLOW PACK 250

Empacadora Horizontal Semiautomática

Empacadora horizontal semiautomática de operación sencilla y versátil, ideal para pequeñas y medianas producciones de productos de panadería y alimentos.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	FLOW PACK 250
Tipo de máquina	Empacadora horizontal semiautomática
Sistema de control	Control electrónico
Velocidad de empaque	10 - 19 paquetes/minuto
Producción estimada	Hasta 8.000 paquetes por turno (7 horas)
Ancho máximo de película	500 mm
Largo de bolsa	60 - 450 mm
Ancho de bolsa	30 - 220 mm
Altura máxima del producto	80 mm
Tipo de sellado	Sellado horizontal tipo flow pack (3 sellos)
Tipo de película	Polipropileno, Poliéster, Laminados, BOPP
Diámetro máximo del rollo	300 mm
Alimentación	Manual asistida
Voltaje de alimentación	220 V / 60 Hz / 1 Fase
Potencia instalada	4 kW
Consumo eléctrico	Aprox. 4 kW/hora
Dimensiones de la máquina	(L) 3.800 mm x (A) 850 mm x (H) 1.450 mm
Peso de la máquina	Aprox. 650 kg
Operarios requeridos	8
Aplicaciones	Productos de panadería, ponqués, galletas, arepas, alimentos empacados, entre otros.

CARACTERÍSTICAS DESTACADAS

- ✓ Operación sencilla y de fácil mantenimiento.
- ✓ Adecuada para producciones pequeñas y medianas.
- ✓ Ajuste manual de longitud y ancho de bolsa.
- ✓ Estructura robusta y compacta.
- ✓ Versatilidad en diferentes tipos de productos.

TIPO DE EMPAQUE



INDUSTRIAS



PanaderíaAlimentosConfiteríaConsumo

Anexo F. Estudio de tiempos día 15/07/2026

ESTUDIO DE TIEMPOS – PROCESO DE ARMADO DE PAQUETES

Información General	
Empresa	Maíz Arepas
Proceso	Armado y empaque manual de paquetes
Operación	Armado de paquete
Área	Producción
Fecha	15/07/2026
Día	Miércoles
Turno	1
Hora de inicio	7:45
Hora de finalización	8:15
Analista	Sandra Garcia
Operario	Simon Beltran
Método de medición	Cronómetro digital
Observaciones	

Observación	Tiempo (s)
1	3,62
2	3,74
3	3,68
4	3,71
5	3,65
6	3,8
7	3,69
8	3,73
9	3,67
10	3,75
11	3,7
12	3,63
13	3,79
14	3,66
15	3,72
16	3,69
17	3,64
18	3,76
19	3,61
20	3,74
21	3,68
22	3,77
23	3,65
24	3,7
25	3,73
26	3,6
27	3,78
28	3,66
29	3,71
30	3,69
PROMEDIO	3,695