



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Nº 877-2025-UNF/CO

Sullana, 10 de octubre de 2025.

VISTOS:

Informe Nº 144-2025-UNF-VPAC/FCEA-UI de fecha 19 de setiembre de 2025; Oficio Nº 1344-2025-UNF-VPAC/FCEA de fecha 25 de setiembre de 2025; Oficio Nº 4072-2025-UNF-VPAC de fecha 02 de octubre de 2025; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 18º de la Constitución Política del Perú, prescribe que la Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico: Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes.

Que, mediante Ley Nº 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8º de la Ley Universitaria, establece que la autonomía inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio del 2021, se aprueba el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en el numeral 6.1.4., señala que son funciones de la Comisión Organizadora, literal g) "Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 461-2021-UNF/CO de fecha 29 de noviembre de 2021, se resuelve aprobar el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, en el Estatuto en mención, en su TÍTULO III se establece las DISPOSICIONES TRANSITORIAS, FINALES Y DEROGATORIAS:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

A. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA. POTESTAD DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

En base al artículo 29 de la Ley Universitaria, la Comisión Organizadora de la UNF tiene a su cargo la aprobación del presente Estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica, de investigación y administrativa, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que de acuerdo a ley corresponda.

SEGUNDA. PROCESO DE CONSTITUCIÓN

Durante el proceso de constitución de la Universidad, los artículos del presente Estatuto, que se opongan, contradigan o no puedan implementarse de acuerdo a lo establecido en la normativa de la SUNEDU y MINEDU, respecto a garantizar las condiciones básicas de calidad, quedan en suspenso hasta que se constituyan los órganos de gobierno de la universidad. Encontrándose la Comisión organizadora facultada a emitir resoluciones que permitan el adecuado funcionamiento de la universidad hasta culminar el proceso de constitución.

CUARTA. GOBIERNO DE LA UNF

Durante el proceso de constitución de la Universidad, el gobierno de ésta se ejerce por:

- a) La Comisión Organizadora, tiene atribuciones administrativas que competen a la Asamblea Universitaria, al Consejo Universitario y al Consejo de Facultad.
- b) El Presidente de la Comisión Organizadora de la UNF, tiene atribuciones propias del Rector.
- c) Los Coordinadores de Facultad tiene atribuciones de Decano.

QUINTA. ÓRGANOS DE ALTA DIRECCIÓN

Durante el proceso de constitución de la UNF, los Órganos de Alta Dirección de ésta, lo constituyen:

- a) La Presidencia de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Rectorado.
- b) La Vicepresidencia Académica de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado Académico.
- c) La Vicepresidencia de Investigación de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado de Investigación.

Que, el Artículo 22° literal f) del Estatuto de la Universidad de Frontera establece que el Consejo Universitario tiene como atribución: Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.

Que, mediante Resolución de Decanato N° 044-2024-UNF-VPAC/FIIAB, de fecha 19 de febrero de 2024, se aprobó el Reglamento de Investigación Formativa para la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, presentado por la Unidad de Investigación FIIAB – UNF





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

y que tiene como fin establecer los lineamientos para el desarrollo de investigación formativa de la Facultad en mención y Escuelas Profesionales adscritas, que involucran a docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 655-2025-UNF/CO, de fecha 22 de agosto de 2025, se aprobó con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PYMES UTILIZANDO MATRICES: CASO APLICADO A UNA PANADERÍA LOCAL", organizado por la MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, con Informe N° 144-2025-UNF-VPAC/FCEA-UI, de fecha 19 de setiembre de 2025, el Jefe de la Unidad de Investigación solicita al Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, la aprobación del informe final del Plan de Trabajo de investigación formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", mediante acto resolutorio.

Que, mediante Oficio N° 1344-2025-UNF-VPAC/FCEA, de fecha 25 de setiembre de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales remite a la Vicepresidencia Académica, el informe final del Plan de Trabajo de investigación formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", presentado por la docente M.Sc. Teresa Juliana Jara Alarcón, para su aprobación correspondiente.

Que, con Oficio N° 4072-2025-UNF-VPAC, de fecha 02 de octubre de 2025, la Vicepresidencia Académica eleva a Presidencia de la Comisión Organizadora, el Informe Final del Plan de Trabajo de investigación formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", ejecutado por docente de la Facultad Ciencias Económicas y Ambientales, para efectos de aprobación mediante acto resolutorio de la Comisión Organizadora.

Que, respecto al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo número 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Que, con ACTA N° 060-2025-SO-CO, de fecha 09 de octubre de 2025, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera, luego de analizar la documentación presentada y de revisar los informes técnicos y legales indicados en los considerandos de la presente Resolución, por unanimidad se acordó: **APROBAR**, el Informe

Página | 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Final del Plan de Trabajo de investigación formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", realizado por la MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria – Ley N° 30220 y por la Resolución Viceministerial N° 045-2023-MINEDU, Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU y Acta de Acuerdos de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora N° 060-2025-SO-CO, de fecha 09 de octubre de 2025.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el Informe Final del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", realizado por la MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón y estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - AUTORIZAR la emisión de certificados del Plan de Trabajo de investigación formativa: "Optimización de Costos de Producción en PYMES utilizando matrices: Caso Aplicado a una Panadería Local", en mérito a lo aprobado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.


Dr. José Florantino Montero López
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA


Ana María Rodríguez Torres
SECRETARIO GENERAL

Página | 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

**"OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN
EN PYMES UTILIZANDO MATRICES: CASO
APLICADO A UNA PANADERÍA LOCAL"**

Estudiantes Responsables

Estudiantes del curso de Álgebra Lineal – G1

Docente Responsable

MSc. Teresa Juliana Jara Alarcón

Semestre Académico:

2025 -I

RCO N°: 655-2025-UNF/CO

Sullana – Perú

2025

ÍNDICE

Índice de Tablas	4
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1. JUSTIFICACIÓN	6
1.2. OBJETIVOS	7
1.2.1. Objetivo General	7
1.2.2. Objetivos específicos.....	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Matrices y sistemas de ecuaciones lineales	8
2.2. Matriz de insumo-producto.....	8
2.3. Operaciones matriciales aplicadas al costo.....	8
2.4. Método de Reducción Gauss-Jordán.....	9
2.5. Espacios vectoriales y dependencia lineal	9
2.6. Herramientas digitales para la optimización.....	9
2.7. Relevancia del enfoque para microempresas.....	10
2.8. Antecedentes	10
2.8.1. Antecedentes Internacionales	10
2.8.2. Antecedentes Nacionales.....	11
III. METODOLOGIA.....	12
3.1 Tipo y nivel de investigación	12
3.2 Unidad de análisis, población y muestra	13
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.4 Procedimientos de análisis.....	13
3.5 Consideraciones éticas	14
IV. RESULTADOS	14
4.1. Costos diarios y estructura de insumos.....	15



qm



4.2. Aplicación de Matrices	18
4.2.1. Matriz insumo producto	19
4.2.2. Coeficientes Técnicos	19
4.2.3. Suma y producto de Matrices: Costos trimestrales (abril- junio).....	22
4.2.4. Reducción Gauss-Jordán	23
5.2.5. Optimización con sistemas de ecuaciones	26
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. REFERENCIAS:	31
ANEXOS	33
Solicitud de autorización para el estudio :	33

Qu



Índice de Tablas

Tabla 1 Costo diario por turno	15
Tabla 2 Gasto en mano de obra por turno	15
Tabla 3 Costo diario total.....	16
Tabla 4 Costos mensuales por rubro (Abril-Junio)	166
Tabla 5 Costos mensuales por rubro en soles (Abril-Junio)	177
Tabla 6 Costos mensuales en soles (Abril-Junio)	177
Tabla 7 Producción y precios diarios.....	18
Tabla 8 Producción mensual.....	188
Tabla 9 Análisis de Ingresos, Costos y Utilidad	188
Tabla 10 Matriz de costos inicial (C).....	19
Tabla 11 Coeficientes técnicos.....	211
Tabla 12 Coste actual y coste optimizado.....	277

gm



RESUMEN

El estudio "Aplicación de matrices para la minimización de costos en panadería Flores" tuvo como objetivo general aplicar matrices y sistemas de ecuaciones lineales para modelar y optimizar los costos de producción en una microempresa planificadora de Sullana, buscando un modelo replicable en otras pymes del sector alimentario. Para ello, se sistematizó información real sobre insumos, mano de obra y servicios representándola en matrices, insumo-producto y aplicando métodos como la reducción Gauss- Jordán para identificar relaciones proporcionales entre variables. La metodología adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y exploratorio, combinando entrevistas, cuestionarios y observación directa. Se recopilaron datos mensuales de producción y costos (abril-junio), incluyendo precios y cantidades de harina, Manteca, Azúcar, Levadura, Leña y mano de obra. El análisis permitió construir matrices de costos, calcular el gasto total y aplicar operaciones matriciales para detectar patrones y oportunidades de optimización. Se incorporaron análisis de sensibilidad y de costos marginales para evaluar el impacto de variaciones en precios y volúmenes de producción. Los resultados revelaron una relación directa y proporcional entre el consumo de harina, azúcar y leña, lo que evidencia su interdependencia en el proceso productivo. El gasto en la línea se mantuvo estable (S/288 promedio mensual), facilitando proyecciones y control de costos. Asimismo, se identificó el costo específico de la leña por kilogramo de harina, aportando un indicador útil para decisiones de eficiencia. En conclusión, la aplicación de herramientas de álgebra lineal permitió modelar los costos de forma precisa, detectar patrones de consumo y proponer estrategias para optimizar recursos, contribuyendo tanto a la rentabilidad como a la sostenibilidad de la panadería y constituyendo una referencia práctica para microempresas similares.



I. INTRODUCCIÓN

La Panadería Flores es una micro y pequeña empresa (MYPE) ubicada en la calle Santa Catalina N.º 801, en la ciudad de Sullana, que ha operado de manera continua durante 28 años. Este negocio familiar, que funciona en un local integrado a la vivienda de sus propietarios, representa un caso típico de emprendimiento tradicional en el Perú: de carácter informal, sin procesos administrativos estandarizados ni formalización legal completa. A pesar de su permanencia en el tiempo y su arraigo en la comunidad, enfrenta desafíos propios de las microempresas informales, tales como el control limitado de costos, la ausencia de registros contables sistemáticos y la falta de herramientas modernas de gestión.

En un entorno económico cada vez más competitivo y regulado, la optimización de costos es una necesidad para asegurar la sostenibilidad de las pequeñas empresas, especialmente en sectores como la panificación, donde los márgenes de ganancia son reducidos y la variación en los precios de insumos puede afectar significativamente la rentabilidad. Sin embargo, este tipo de negocios, por su escala y naturaleza, suelen carecer de acceso a metodologías analíticas y tecnologías de gestión que sí están disponibles para grandes corporaciones.

En este contexto, la presente monografía propone aplicar modelos matriciales de optimización de costos, una herramienta propia del álgebra lineal y utilizada por empresas de gran escala, para demostrar que su uso es igualmente viable y beneficioso en microempresas como la Panadería Flores. El estudio no solo tiene un propósito académico, sino también un impacto social y profesional: busca evidenciar que la integración de métodos cuantitativos en la gestión de PYMES contribuye a la toma de decisiones informada, a la eficiencia operativa y, potencialmente, a su formalización progresiva.

Asimismo, este trabajo se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible N.º 16 (ODS 16: Instituciones sólidas, paz y justicia), promoviendo prácticas de transparencia y registros claros a través de entrevistas, análisis de datos y documentación verificable. Al convertir datos empíricos en estrategias de optimización, se pretende sentar un precedente de cómo la matemática aplicada puede ser un puente entre la teoría académica y la supervivencia económica de las microempresas locales.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La Panadería Flores, al igual que muchas micro y pequeñas empresas (MYPE) del Perú, se desarrolla en un contexto de informalidad que limita su acceso a herramientas de



gestión modernas, financiamiento formal y capacitación técnica. Sin embargo, su permanencia durante 28 años evidencia un esfuerzo constante de adaptación y una fuerte conexión con la comunidad a la que sirve. Esta trayectoria la convierte en un caso idóneo para demostrar cómo la aplicación de métodos cuantitativos avanzados puede generar beneficios concretos incluso en negocios de pequeña escala.

La optimización de costos mediante matrices no es una práctica común en MYPEs informales, pero constituye una oportunidad para mejorar su rentabilidad y sostenibilidad. Grandes empresas, como las del sector alimentario internacional, emplean técnicas de modelado y análisis de datos para maximizar su eficiencia; trasladar estas metodologías a microempresas puede cerrar brechas de gestión y elevar su competitividad.

Académicamente, este estudio se justifica por su valor como ejercicio formativo en el curso de Álgebra Lineal, permitiendo aplicar conocimientos teóricos a un caso real, con datos obtenidos de forma ética y verificable. Socialmente, aporta al ODS 16 fomentando la transparencia en el registro de información y el uso responsable de datos empresariales. Profesionalmente, fortalece competencias de auditoría económica aplicada, muy demandadas por organismos como SUNAT y consultorías especializadas.

En suma, este trabajo no solo busca resolver un problema de costos, sino también mostrar que la matemática aplicada es una herramienta poderosa para transformar la gestión de las microempresas, contribuyendo a su permanencia en el mercado y sentando bases para su formalización y crecimiento a largo plazo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

OG: Optimizar el sistema de costos de la Panadería Flores mediante el uso de modelos y operaciones matriciales, empleando datos reales y herramientas digitales para reducir gastos de producción.

1.2.2. Objetivos específicos

OE01: Construir la matriz de insumo-producto y calcular los costos trimestrales mediante operaciones de suma y producto matricial.

OE02: Resolver el modelo de minimización de costos utilizando el método de Reducción Gauss-Jordán en SageMath y el Solver de Excel.



OE03: Analizar la dependencia entre insumos y productos para identificar oportunidades de reducción de costos sin afectar la calidad.

II. MARCO TEÓRICO

El presente estudio se enmarca en la aplicación de herramientas del álgebra lineal para optimizar costos en una microempresa panificadora. A continuación, se desarrollan los conceptos fundamentales que sustentan el análisis.

2.1. Matrices y sistemas de ecuaciones lineales

Una matriz es un arreglo rectangular de números organizados en filas y columnas que permite representar y manipular información numérica de manera estructurada (Larson, 2018). En el contexto empresarial, las matrices se utilizan para modelar relaciones entre insumos, cantidades y costos.

Los sistemas de ecuaciones lineales expresan relaciones entre variables que cumplen condiciones de linealidad. Su resolución permite determinar valores óptimos o coherentes para un conjunto de incógnitas (Lay, 2020). En este estudio, el sistema de ecuaciones se deriva de los costos de producción y la disponibilidad de recursos de la Panadería Flores.

2.2. Matriz de insumo-producto

La matriz de insumo-producto es una herramienta desarrollada inicialmente por Leontief (1986) para el análisis macroeconómico, pero también aplicable a nivel microempresarial.

En este contexto:

- Cada fila representa un insumo o recurso (materia prima, energía, mano de obra).
- Cada columna representa un producto final de la panadería.

El elemento a_{ij} indica la cantidad del insumo i necesaria para producir una unidad del producto j . Por ejemplo, si en la celda a_{12} aparece el valor 0,25, significa que para producir una unidad del producto 2 (por ejemplo, pan integral) se utilizan 0,25 kg de harina.

Esta matriz se complementa con un vector de costos unitarios que, multiplicado por la matriz, permite obtener el costo total por producto. De esta forma, se puede identificar qué insumos tienen mayor peso en el costo y dónde se pueden realizar ajustes.

2.3. Operaciones matriciales aplicadas al costo

Las operaciones matriciales son esenciales para el tratamiento de los datos de costos:

- **Suma de matrices:** se emplea para agregar costos de distintos trimestres, consolidando datos históricos en una sola matriz que represente un período mayor.
- **Producto matricial:** permite calcular el costo total por producto multiplicando la matriz de insumo-producto por el vector de costos unitarios.

Por ejemplo, si la matriz A representa cantidades de insumos y el vector c contiene los precios unitarios de cada insumo, el producto $c^T * A$ da como resultado un vector con los costos unitarios de cada producto, listo para análisis comparativo.

2.4. Método de Reducción Gauss–Jordán

El método de Gauss–Jordán es un procedimiento sistemático que transforma una matriz aumentada formada por el sistema de ecuaciones y los términos independientes en su forma reducida por filas. Esto permite encontrar la solución única, o determinar si el sistema es indeterminado o incompatible (Strang, 2016).

En la Panadería Flores, este método se aplicará a un modelo matricial de costos para identificar la combinación de producción que minimiza el gasto total, respetando restricciones como demanda mínima, capacidad de producción y disponibilidad de insumos.

2.5. Espacios vectoriales y dependencia lineal

Un espacio vectorial es un conjunto de vectores que cumple propiedades como la cerradura bajo la suma y la multiplicación por escalares. En el análisis de costos, cada vector puede representar el patrón de uso de insumos para un producto específico.

La dependencia lineal ocurre cuando un vector puede expresarse como combinación lineal de otros. Detectar dependencia entre insumos en la panadería permite identificar insumos que son sustitutos o cuya cantidad está directamente ligada a la de otro insumo, lo que abre la puerta a ajustes que no afecten la calidad del producto, pero reduzcan costos.

2.6. Herramientas digitales para la optimización

La combinación de métodos matemáticos y herramientas informáticas es fundamental para que una microempresa como la Panadería Flores pueda implementar mejoras basadas en datos:



- **SageMath:** permite realizar cálculos matriciales y aplicar el método de Gauss-Jordán de forma automatizada, facilitando el manejo de datos y reduciendo errores humanos.
- **Solver de Excel:** resuelve problemas de optimización lineal definiendo una función objetivo (minimizar costo), variables de decisión (cantidades a producir) y restricciones (capacidad, demanda, disponibilidad de insumos).

2.7. Relevancia del enfoque para microempresas

Aunque el modelado matricial y la optimización suelen asociarse a grandes corporaciones, su aplicación en microempresas informales como la Panadería Flores demuestra que la matemática aplicada puede ser un puente entre el conocimiento académico y la gestión empresarial. Esta metodología ofrece beneficios tangibles:

- Identificación de los insumos más costosos.
- Planificación de la producción según capacidad y demanda.
- Simulación de escenarios ante cambios en precios o disponibilidad.

De esta forma, se sientan bases para la formalización progresiva y la toma de decisiones fundamentada en datos objetivos.

2.8. Antecedentes

2.8.1. Antecedentes Internacionales

En el campo de la gestión de operaciones para MYPEs panaderas, Johan et al. (2022), en "Production planning concepts for small and medium enterprises (SMEs): A case study in a Bakery Company", examinan la planificación de la producción en panaderías de pequeña escala con el propósito de elevar la eficiencia operativa. El estudio adopta un diseño de caso con enfoque cuantitativo, apoyado en cuestionarios estructurados y en el análisis de procesos internos. Sus resultados son claros: una programación adecuada redujo los costos por desperdicio en 15 % y elevó la productividad en 12 %. Los autores concluyen que la planificación de la producción constituye un factor crítico para la sostenibilidad y el crecimiento de las MYPEs del rubro.

Por su parte, Santoso et al. (2023), en "Enhancing Product Excellence and Business Growth Approaches for Small and Medium-Sized Pastry and Bakery Enterprises: A



case of Widhy's Cake and Bakery", orientan su objetivo a identificar estrategias de crecimiento basadas en la calidad del producto. El diseño metodológico es mixto e incluye entrevistas y encuestas a clientes. Los hallazgos muestran que la mejora de la calidad incrementa la satisfacción del consumidor en 20 % y las ventas en 18 %. En síntesis, la excelencia de producto y el servicio coherente con dicha promesa son determinantes para el posicionamiento competitivo de las panaderías.

Finalmente, Aziz et al. (2024), en "Linear Optimization Modelling for Profit Maximization in Bakery Store", aplican modelos de programación lineal con restricciones de insumos y demanda para maximizar utilidades. Frente a un esquema tradicional de planificación, la optimización reporta un aumento de 12,5 % en las utilidades. De ello se desprende que las herramientas de optimización matemática cuando se formulan con datos operativos reales— son una vía eficaz para potenciar la rentabilidad en MYPEs del sector alimentario.

2.8.2. Antecedentes Nacionales

Álvarez et al. (2024). En el estudio Propuesta de modelo esbelto aplicando Heijunka, SLP y criterio MAPE para mejorar el nivel de satisfacción de la demanda en una panificadora PyME de Lima, Perú, el equipo orienta su esfuerzo a elevar la eficiencia productiva y el cumplimiento de la demanda. Metodológicamente, articula herramientas de manufactura esbelta: Heijunka (nivelación de la producción), Systematic Layout Planning (SLP) y el criterio MAPE para evaluar el error porcentual absoluto medio. La intervención reporta una disminución del tiempo de ciclo del 18 %, un mejor aprovechamiento del espacio del 22 % y una reducción de los errores de pronóstico del 15 %. En conjunto, el modelo fortalece de manera significativa la capacidad de respuesta de la panificadora, con un nivel de satisfacción del cliente superior al 90 %.

Yupanqui et al. (2023). En Modelo de gestión logística bajo la metodología Business Process Management para mejorar la rentabilidad de una MYPE del sector panadería, Trujillo-2023, los autores se proponen rediseñar los procesos logísticos desde el enfoque de Business Process Management (BPM). Se desarrolla un estudio aplicado que integra diagnóstico de procesos, simulaciones y rediseño de flujos. Los resultados indican reducciones en costos logísticos del 20,5 %, mejoras en el tiempo de atención del 25 % y un incremento de la rentabilidad del 12 %. La adopción de BPM, por tanto,

permite estandarizar procesos, optimizar recursos y reforzar la competitividad de la empresa.

Malpartida et al. (2022). En Propuesta para optimizar el proceso de producción en una empresa panificadora aplicando lean manufacturing, se examina la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing con el fin de aumentar la eficiencia operativa. El enfoque es de carácter experimental e incorpora la implementación de 5S, Kaizen y control de desperdicios en la línea de producción. Los hallazgos muestran una reducción del desperdicio del 30 %, un aumento de la productividad del 18 % y una mejora del OEE del 15 %. La incorporación de la filosofía lean se traduce en mejoras sustantivas en costos, tiempos de entrega y calidad del producto final.

III. METODOLOGIA

La investigación se inscribe en el enfoque cuantitativo y adopta un diseño aplicado con alcance descriptivo-analítico y, además, explicativo. No se busca únicamente describir la estructura de costos de una microempresa panificadora; también se pretende esclarecer las relaciones entre los insumos de producción y formalizarlas en un modelo de optimización sustentado en álgebra lineal y sistemas de ecuaciones. La elección metodológica no es casual: responde a la necesidad de convertir evidencia empírica, en reglas matemáticas operables que apoyen decisiones de gestión en micro y pequeñas empresas (MYPE) del sector alimentario. En pocas palabras, traducir datos en estrategias y esas estrategias en mejoras medibles; objetivo simple de enunciar, más exigente de implementar, sobre todo en un rubro de márgenes estrechos.

3.1 Tipo y nivel de investigación

El estudio se enmarca en la investigación aplicada, pues persigue un fin claramente instrumental: optimizar los costos de producción de la Panadería Flores mediante el uso de modelos matriciales. En cuanto a su nivel, se despliega en tres planos complementarios:

- Descriptivo, al perfilar la estructura de costos y los patrones de consumo de insumos propios de la panadería.
- Correlacional, al indagar las relaciones de dependencia entre los distintos insumos utilizados en la elaboración del pan.



- Explicativo, al proponer un modelo matemático capaz de predecir y optimizar la combinación de insumos con efectos directos sobre la rentabilidad.

3.2 Unidad de análisis, población y muestra

La unidad de análisis corresponde a la Panadería Flores, situada en Sullana, Piura (Perú), caso representativo de las microempresas panificadoras del país. La población está conformada por el conjunto de datos económicos y productivos generados durante un periodo de seis meses del año 2025. A partir de esta base, se definió una muestra no probabilística por conveniencia, integrada por la información de abril, mayo y junio de 2025, seleccionada por su disponibilidad y por contar con registros consistentes y sistemáticos.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para asegurar validez y confiabilidad, la recolección de información combinó varias técnicas:

- Entrevistas estructuradas con el propietario, orientadas a recabar detalles sobre procesos, capacidad instalada y volúmenes de producción.
- Observación directa de la línea de elaboración, con el fin de identificar insumos críticos y tiempos de ciclo.
- Revisión documental (boletas de compra, registros de producción y facturas), destinada a sistematizar costos unitarios y cantidades consumidas.
- Registro estadístico, donde la información mensual se consolidó en matrices de costos, insumo central para los análisis posteriores.

3.4 Procedimientos de análisis

El tratamiento analítico se organizó en cuatro fases sucesivas:

Construcción de matrices insumo-producto. Se dispusieron los insumos harina, manteca, azúcar, levadura, leña y mano de obra en matrices donde cada fila representa un recurso y cada columna un periodo (abril-junio de 2025).

Operaciones matriciales. Mediante suma y producto de matrices se calcularon los costos trimestrales y se estimó la participación relativa de cada insumo dentro de la estructura global de costos.



Resolución por Reducción Gauss-Jordán. Se formularon sistemas de ecuaciones lineales que modelan las relaciones entre insumos y se resolvieron con SageMath. Este paso permitió identificar dependencias lineales, mostrando que varios insumos se comportan de manera proporcional al consumo de harina.

Optimización en Solver (Microsoft Excel). Se definió una función objetivo - minimizar el costo total, variables de decisión (cantidades de insumos) y restricciones operativas (demanda mínima, capacidad instalada y disponibilidad). El modelo posibilitó simular escenarios y hallar combinaciones de insumos que reducen el costo sin menoscabar la calidad.

Adicionalmente, se efectuó un análisis de sensibilidad para evaluar el efecto de variaciones de precios en los insumos principales; por ejemplo, incrementos del 5 %, 10 % y 15 % en harina y azúcar, y su impacto sobre el costo total de producción.

3.5 Consideraciones éticas

La investigación observó principios de transparencia y responsabilidad en el manejo de datos. Se obtuvo consentimiento informado del propietario, se garantizó la confidencialidad de la información económica y su uso exclusivo con fines académicos. Asimismo, se preservó la integridad de los registros y la trazabilidad de los resultados, asegurando que cualquier análisis sea verificable y reproducible.

IV. RESULTADOS

Este capítulo se presenta los hallazgos derivados del procesamiento y análisis de la información levantada en la Panadería Flores durante el trimestre abril-junio de 2025. El objetivo es mostrar de qué manera la aplicación de matrices y modelos de optimización permite perfilar la estructura de costos de la microempresa, reconocer dependencias entre insumos y someter a prueba distintos escenarios de eficiencia productiva. La exposición sigue un orden lógico: en primer término, se describen los costos diarios y mensuales; en seguida se examinan los ingresos y las utilidades; finalmente, se reportan los resultados del modelado matricial junto con el ejercicio de optimización. Cada tabla se acompaña de una interpretación analítica que vincula los datos con los objetivos específicos del estudio, de modo que los números no quedan aislados, sino conectados con las decisiones que la investigación busca informar.



4.1. Costos diarios y estructura de insumos

Tabla 1

Costo diario por turno

Insumo	Mañana	Tarde	TOTAL, diario
Mano de obra (S/)	60	28	88
Harina (kg)	24	9	33
Manteca (kg)	4	1	5
Azúcar (kg)	16	4	20
Levadura (gr)	160	40	200
Leña (palo)	6	2	8

Nota. Elaboración propia (2025).

De acuerdo con la Tabla 1, la mano de obra constituye el mayor desembolso diario (S/ 88), seguida por el consumo de harina (33 kg) y azúcar (20 kg). Estos tres componentes concentran el núcleo de la estructura de costos y anticipan su peso en el análisis global.

Tabla 2

Gasto en mano de obra por turno

MANO DE OBRA	soles/diario	ABRIL	MAYO	JUNIO
panadero 1	40	1200	1240	1200
panadero 2	18	540	558	540
vendedor 1	20	600	620	600
vendedor 2	10	300	310	300
total	88	2640	2728	2640

Nota. Elaboración propia (2025)

En la Tabla 2 se aprecia que, dentro del gasto laboral, los panaderos absorben aproximadamente el 68 %, mientras que los vendedores representan el 32 %. El gasto

mensual oscila entre S/ 2,640 y S/ 2,728, lo que sugiere estabilidad de los costos de personal a lo largo del trimestre.

Tabla 3

Costo diario total

Insumo	Unidad	Costo Unitario (S/)	Cantidad Diaria	Costo Diario (S/)
Harina	kg	2.60	33	85.80
Manteca	kg	7.71	5	38.55
Azúcar	kg	3.00	20	60.00
Levadura	kg	17.00	0.2	3.40
Leña	palo	1.20	8	9.60
Mano de obra	—	—	—	88.00
Total	—	—	—	285.35

Nota. Elaboración propia (2025)

Según la Tabla 3, el costo diario total asciende a S/ 285.35. Tres partidas concentran el 82 % del gasto: mano de obra (30,8 %), harina (30,0 %) y azúcar (21,0 %). En consecuencia, la estrategia de optimización debe centrarse en estos tres frentes, que en la práctica son los que definen la eficiencia del proceso.

Tabla 4

Costos mensuales por rubro (Abril-Junio)

Rubro	Abril	Mayo	Junio	Unidad	C.U (/S)
Mano de obra	2,640.00	2,728.00	2,640.00	S/	—
Harina	990.00	1,023.00	990.00	kg	2.60
Manteca	150.00	155.00	150.00	kg	7.71
Azúcar	600.00	620.00	600.00	kg	3.00
Levadura	6,000.00	6,200.00	6,000.00	gr	17.00 / kg
Leña	240.00	248.00	240.00	palo	1.20

Nota. Elaboración propia (2025)

Tabla 7*Producción y precios diarios*

Concepto	Valor diario	Precio unit.	Ingreso diario
Producción diaria (unid)	40 unidades (latas)	S/ 7.50 por unidad	S/ 300.00

*Nota. Elaboración propia (2025).***Tabla 8***Producción mensual*

Mes	Días del mes	Ingreso diario (S/)	Ingreso mensual (S/)
Abril	30	300	9 000
Mayo	31	300	9 300
Junio	30	300	9 000
Total Trimestral	—	—	27 300

*Nota. Elaboración propia (2025).***Tabla 9***Análisis de Ingresos, Costos y Utilidad*

Mes	Ingreso Mensual (S/)	Costo Total Mensual (S/)	Utilidad (S/)	Margen (%)
Abril	9 000,00	8 560,50	439,50	4,88 %
Mayo	9 300,00	8 845,85	454,15	4,88 %
Junio	9 000,00	8 560,50	439,50	4,88 %
Total Trimestral	27 300,00	25 966,85	1 333,15	4,88 %

Nota. Elaboración propia (2025).

4.2. Aplicación de Matrices

Tabla 10

Matriz de costos inicial (C)

RUBRO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Mano de obra	S/ 2,640.00	S/ 2,728.00	S/ 2,640.00
Harina	S/ 2,574.00	S/ 2,659.80	S/ 2,574.00
Manteca	S/ 1,156.50	S/ 1,195.05	S/ 1,156.50
Azúcar	S/ 1,800.00	S/ 1,860.00	S/ 1,800.00
Levadura	S/ 102.00	S/ 105.40	S/ 102.00
Leña	S/ 288.00	S/ 297.60	S/ 288.00
TOTAL	S/ 8,560.50	S/ 8,845.85	S/ 8,560.50

Nota. Elaboración propia (2025).

4.2.1. Matriz insumo producto

La matriz insumo-producto es una herramienta matemática usada en economía y administración para analizar cómo los diferentes rubros (o sectores) consumen insumos para producir un bien o servicio final.

$$A = \begin{bmatrix} 2,574 & 2,659.80 & 2,574 \\ 1,156.50 & 1,195.05 & 1,156.50 \\ 1,800 & 1,860 & 1,800 \\ 102 & 105.40 & 102 \\ 288 & 297.60 & 288 \end{bmatrix}$$

En este caso, los rubros son:

Filas: Harina, manteca, azúcar, levadura, leña.

Columnas: Meses. (Abril, Mayo, Junio)

4.2.2. Coeficientes Técnicos

El coeficiente técnico a_{ij} indica la proporción de un insumo i que se necesita para producir una unidad monetaria del producto j .

- Se calcula así:

$$a_{ij} = \frac{\text{costo del insumo } i \text{ en el mes } j}{\text{total de costos en el mes } j}$$

Por tanto, teniendo:

$$A = \begin{bmatrix} 2,574 & 2,659.80 & 2,574 \\ 1,156.50 & 1,195.05 & 1,156.50 \\ 1,800 & 1,860 & 1,800 \\ 102 & 105.40 & 102 \\ 288 & 297.60 & 288 \end{bmatrix}$$

$$T = [8,560.5 \quad 8,845.85 \quad 8,560.5]$$

Por tanto, teniendo: A/T

$$A/T = \begin{bmatrix} \frac{2,574}{8,560.5} & \frac{2,659.80}{8,845.85} & \frac{2,574}{8,560.5} \\ \frac{1,156.50}{8,560.5} & \frac{1,195.05}{8,845.85} & \frac{1,156.50}{8,560.5} \\ \frac{1,800}{8,560.5} & \frac{1,860}{8,845.85} & \frac{1,800}{8,560.5} \\ \frac{102}{8,560.5} & \frac{105.40}{8,845.85} & \frac{102}{8,560.5} \\ \frac{288}{8,560.5} & \frac{297.60}{8,845.85} & \frac{288}{8,560.5} \end{bmatrix}$$

Por tanto, los coeficientes técnicos serán:

$$A = \begin{bmatrix} 0.300683 & 0.300682 & 0.300683 \\ 0.135097 & 0.135096 & 0.135097 \\ 0.210268 & 0.210267 & 0.210268 \\ 0.011915 & 0.011915 & 0.011915 \\ 0.033643 & 0.033643 & 0.033643 \end{bmatrix}$$



Expresado en porcentajes:**Tabla 11***Coefficientes técnicos*

Rubro	Abril (%)	Mayo (%)	Junio (%)
Mano de obra	30.839%	30.839%	30.839%
Harina	30.068%	30.068%	30.068%
Manteca	13.510%	13.510%	13.510%
Azúcar	21.027%	21.027%	21.027%
Levadura	1.191%	1.191%	1.191%
Leña	3.364%	3.364%	3.364%
Total	100.000%	100.000%	100.000%

Nota. Elaboración propia (2025).

La matriz de coeficientes técnicos muestra la proporción que representa cada insumo en el costo total de producción para los meses de abril, mayo y junio. En este caso, los valores son muy similares entre columnas, lo que refleja que la estructura de costos se ha mantenido constante durante el trimestre. Los insumos más significativos son mano de obra ($\approx 30.84\%$) y harina ($\approx 30.07\%$), que en conjunto representan más del 60% del total mensual, seguidos por el azúcar ($\approx 21.03\%$) y la manteca ($\approx 13.51\%$). Levadura y leña son los de menor participación, con porcentajes menores al 4%, lo que indica que cambios en estos últimos tendrían un impacto reducido en el costo global.

La estabilidad de los coeficientes implica que el proceso productivo no ha experimentado variaciones relevantes en el uso relativo de insumos. Esto permite prever con mayor exactitud los requerimientos de cada elemento para distintos niveles de producción, utilizando las mismas proporciones. Así, la matriz no solo sirve para describir la composición de los costos actuales, sino también como base para proyecciones, presupuestos y análisis de optimización. Identificar los rubros con mayor peso facilita priorizar estrategias de control de costos en aquellos insumos que influyen más en el precio final del producto.



4.2.3. Suma y producto de Matrices: Costos trimestrales (abril-junio)

$$A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix} \quad B = [2.60 \quad 7.71 \quad 3 \quad 17 \quad 1.20]$$

Donde:

- A= cantidades en Kg y unidades de Leña (palos)
- B= Costos unitarios
- **Primero, sumamos las cantidades de todo el segundo trimestre para hallar la cantidad total:**

$$A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 990 + 1023 + 990 \\ 150 + 155 + 150 \\ 600 + 620 + 600 \\ 6 + 6.2 + 6 \\ 240 + 248 + 240 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3003 \\ 445 \\ 1820 \\ 18.2 \\ 728 \end{bmatrix}$$

Producto matricial:

Costos totales = Precios x Cantidades

$$CT = B \times A$$

$$B = [2.60 \quad 7.71 \quad 3 \quad 17 \quad 1.20] \times A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix}$$

ara el mes de abril:

$$B = [2.60 \quad 7.71 \quad 3 \quad 17 \quad 1.20] \times A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix}$$

$$c_1 = [2.60 \times 990 + 7.71 \times 150 + 3 \times 600 + 17 \times 6 + 1.20 \times 240]$$

$$c_1 = 2574.00 + 1156.50 + 1800.00 + 102.00 + 288.00 = 5920.50$$



Para el mes de Mayo:

$$\bullet B = [2.60 \quad 7.71 \quad 3 \quad 17 \quad 1.20] \times A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix}$$

$$c_2 = [2.60 \times 1023 + 7.71 \times 155 + 3 \times 620 + 17 \times 6.2 + 1.20 \times 248]$$

$$c_2 = 2659.80 + 1195.05 + 1860.00 + 105.40 + 297.60 = 6117.85$$

Para el mes de Junio:

$$\bullet B = [2.60 \quad 7.71 \quad 3 \quad 17 \quad 1.20] \times A = \begin{bmatrix} 990 & 1023 & 990 \\ 150 & 155 & 150 \\ 600 & 620 & 600 \\ 6 & 6.2 & 6 \\ 240 & 248 & 240 \end{bmatrix}$$

$$c_3 = [2.60 \times 990 + 7.71 \times 150 + 3 \times 600 + 17 \times 6 + 1.20 \times 240]$$

$$c_3 = 2574.00 + 1156.50 + 1800.00 + 102.00 + 288.00 = 5920.50$$

Entonces el vector resultado (costos totales por producto) es:

$$CT = [5920.50 \quad 6117.85 \quad 5920.50]$$

Sumemos la mano de obra:

$$\text{De Abril} = 5920.50 + 2640.00 = 8,560.50.$$

$$\text{De Mayo} = 6117.85 + 2728.00 = 8845.85.$$

$$\text{De Junio} = 5920.50 + 2640.00 = 8,560.50.$$

Resultado: Si coincide con la tabla inicial de costos mensuales

4.2.4. Reducción Gauss-Jordán

Usamos el orden de columnas: Harina, Manteca, Azúcar, Levadura, Leña y filas: Abril, Mayo, Junio.

$$M = \begin{bmatrix} 2574 & 1156.50 & 1800 & 102 & 288 \\ 2659.80 & 1195.05 & 1860 & 105.40 & 297.60 \\ 2574 & 1156.50 & 1800 & 102 & 288 \end{bmatrix}$$

Paso 1 - Normalizar la fila 1 (poner 1 en la entrada (1,1))

Dividimos la fila 1 entre 2574:

$$R_1 \leftarrow \frac{1}{2574} R_1$$

Queda:

$$R_1 = \left[1 \quad \frac{1156.5}{2574} \quad \frac{1800}{2574} \quad \frac{102}{2574} \quad \frac{288}{2574} \right] = \left[1 \quad \frac{257}{572} \quad \frac{100}{143} \quad \frac{17}{429} \quad \frac{16}{143} \right]$$

Aproximaciones decimales:

$$R_1 \approx [1, 0.4493006993, 0.6993006993, 0.03962703963, 0.1118881119]$$

Paso 2 - Eliminar la columna 1 en filas 2 y 3

Usamos la entrada (2,1) y (3,1) como factores:

- Factor fila 2 = 2659.80. Hacemos $R_2 \leftarrow R_2 - 2659.80 \cdot R_1$

Obsérvese que $2659.80 = \frac{31}{30}$, y por tanto todas las componentes cumplen:

$$2659.80 \times \frac{257}{572} = 1195.05, \quad 2659.80 \times \frac{100}{143} = 1860, \text{ etc}$$

Por eso la resta anula fila 2 completamente.

- Factor fila 3 = 2574.00. Hacemos $R_3 \leftarrow R_3 - 2574.00 \cdot R_1$. Como fila 3 = fila 1 originalmente, el resultado es la fila nula.



$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{257}{572} & \frac{100}{143} & \frac{17}{429} & \frac{16}{143} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

En decimal:



$$M_1 \approx \begin{bmatrix} 1 & 0.4493006993 & 0.6993006993 & 0.03962703963 & 0.1118881119 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ya estamos en forma escalonada y, en realidad, en RREF (forma reducida por filas): la fila 1 tiene un 1 líder y las demás son nulas, no hay otros pivotes posibles porque las filas 2 y 3 quedaron nulas.

Resultado final (RREF) y qué significa

$$RREF(M) = \begin{bmatrix} 1 & 0.4493007 & 0.6993007 & 0.03962704 & 0.11188811 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

El rango de la matriz es 1 (solo una fila/pivote no nula).

Esto significa que todas las columnas (insumos) son proporcionales a la columna Harina: cada insumo es un múltiplo de Harina, con coeficientes exactos (fracciones):

- *Manteca* = $257/572 \approx 0.4493007 \cdot \text{Harina}$.
- *Azúcar* = $100/143 \approx 0.6993007 \cdot \text{Harina}$.
- *Levadura* = $17/429 \approx 0.03962704 \cdot \text{Harina}$.
- *Leña (energía)* = $16/143 \approx 0.11188811 \cdot \text{Harina}$

En palabras sencillas: los costos de Manteca, Azúcar, Levadura y Leña se mueven en la misma proporción que el costo de Harina durante esos tres meses. Por eso las filas 2 y 3 se convirtieron en ceros: no aportaban información nueva (eran combinaciones de la fila 1).

Convirtiendo las unidades monetarias a kg obtenemos que:

$$\text{Manteca} \approx 0.1515 \times (\text{Harina})$$

Manteca depende linealmente de la harina (≈ 0.1515 kg manteca por kg harina).

$$\text{Azúcar} \approx 0.6061 \times (\text{Harina})$$

Azúcar depende linealmente de la harina (≈ 0.6061 kg azúcar por kg harina).

$$\text{Levadura} \approx 0.006061 \times (\text{Harina})$$

Levadura depende linealmente de la harina (≈ 0.00606 kg levadura por kg harina, es decir ~6 g por kg harina).

$$\text{Leña (Energía)} \approx 0.242424 \times (\text{Harina})$$

Energía depende linealmente de la harina (≈ 0.2424 palos por kg harina).

5.2.5. Optimización con sistemas de ecuaciones

Variables:

- $H = \text{harina (kg)} - \text{fijo} = 33$ (no lo tocamos).
- $M = \text{manteca (kg)}$
- $A = \text{azúcar (kg)}$
- $L = \text{levadura (kg)}$
- $E = \text{leña (palos)}$

Datos:

- Harina: S/ 2.60 por kg
- Levadura: S/ 17.00 por kg
- Leña (energía): S/ 1.20 por palo

Función objetivo:

$$\min C = 2.60 \cdot 33 + 7.71M + 3.00A + 17.00L + 1.20E + 88$$

Restricciones:

$$3 \leq M \leq 5 (\text{manteca entre 3 y 5 kg})$$

$$15 \leq A \leq 20 (\text{azúcar entre 15 y 20 kg})$$

$$0.10 \leq L \leq 0.20 (\text{levadura entre 0.1 y 0.2 kg})$$

$$4 \leq E \leq 8 (\text{leña entre 4 y 8 palos})$$

$$M, A, L, E \geq 0$$

Puesto que todos los coeficientes son positivos, el mínimo se alcanza poniendo cada variable en su límite inferior:

$$M = 3, A = 15, L = 0.10, E = 4.$$

$$C = 173.80 + 7.71(3) + 3.00(15) + 17.00(0.10) + 1.20(4)$$

$$C = 173.80 + 23.13 + 45.00 + 1.70 + 4.80$$

$$C = 248.43$$

Tabla 12*Coste actual y coste optimizado*

Insumo	Precio unit. (S/)	Cantidad actual (diaria)	Coste actual (S/)	Cantidad optimizada	Coste optimizado (S/)
Harina	2.60 /kg	33.00	85.80	33.00	85.80
Manteca	7.71 /kg	5.00	38.55	3.00	23.13
Azúcar	3.00 /kg	20.00	60.00	15.00	45.00
Levadura	17.00 /kg	0.20	3.40	0.10	1.70
Leña	1.20 /palo	8.00	9.60	4.00	4.80
Mano de obra	—	—	88.00	—	88.00
Total diario			S/ 285.35		S/ 248.43

Nota. Elaboración propia (2025).

$$\text{Ahorro diario: } 285.35 - 248.43 = S/36.92.$$

$$\% \text{ ahorro: } \approx 12.9\% \text{ del costo diario.}$$

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la Panadería Flores refuerzan la pertinencia de incorporar modelos matemáticos y de optimización en microempresas panificadoras. En promedio, los costos diarios ascienden a S/ 285.35, con una concentración marcada en tres rubros: mano de obra (30,8 %), harina (30,0 %) y azúcar (21,0 %). La aplicación de técnicas matriciales junto con el método de reducción Gauss-Jordán permitió mostrar que estos insumos guardan una dependencia lineal respecto de la harina, señal de un patrón estable en la estructura de costos. A su vez, la optimización con Solver proyecta un ahorro potencial del 12,9 % diario (equivalente a S/ 36.92), con el consiguiente impacto positivo en la rentabilidad.

Estos hallazgos dialogan con lo reportado por Aziz y Kek (2024), quienes evidencian que los modelos de optimización lineal pueden elevar la utilidad en 12,5 % frente a esquemas de planificación tradicionales. En la misma línea, el presente estudio confirma que la matemática aplicada no es un ejercicio abstracto, sino un mecanismo eficaz para maximizar beneficios en microempresas del sector alimentario.

Desde la gestión de procesos, la estabilidad de los coeficientes técnicos observada es consistente con Johan et al. (2022): una planificación rigurosa reduce el desperdicio en 15 % y eleva la productividad en 12 % en panaderías pequeñas. En términos prácticos, la disciplina en el uso de insumos y la programación de la producción sostienen la eficiencia operativa en negocios de baja escala.

Los resultados también se vinculan con Santoso et al. (2023), quienes muestran que la mejora de la calidad incrementa la satisfacción del consumidor en 20 % y las ventas en 18 %. Aunque este trabajo se centró en costos, la dependencia entre insumos identificada, por ejemplo, azúcar y manteca proporcionales a la harina abre la posibilidad de ajustar cantidades con criterios de calidad, lo que, indirectamente, podría favorecer mayores niveles de satisfacción del cliente.

En el plano nacional, la reducción de costos observada conversa con Álvarez et al. (2024): mediante Heijunka, SLP y el criterio MAPE, se mejoró en 22 % el uso del espacio y en 15 % la precisión del pronóstico, alcanzando una satisfacción de la demanda superior al 90 %. De forma análoga, la Panadería Flores, a través de la optimización de insumos, se encamina hacia una gestión más eficiente y resiliente.

De igual modo, los resultados son coherentes con Yupanqui et al. (2023), para quienes la gestión logística basada en Business Process Management (BPM) incrementa la rentabilidad en 12 % y mejora el tiempo de atención en 25 %. La idea de fondo es compartida: optimizar procesos y recursos es condición necesaria para sostener la competitividad de las MYPE.

Por último, los hallazgos guardan sintonía con Malpartida et al. (2022), donde la adopción de herramientas de Lean Manufacturing redujo el desperdicio en 30 % y elevó la productividad en 18 %. En la Panadería Flores, la optimización del uso de manteca, azúcar y leña se traduce igualmente en la eliminación de consumos innecesarios, con efectos favorables tanto en la eficiencia económica como en la sostenibilidad ambiental.



VI. CONCLUSIONES

La Panadería Flores mantiene una estructura de costos sorprendentemente estable a lo largo del trimestre analizado. La coherencia de los coeficientes técnicos (abril-junio) refleja un proceso productivo estandarizado que facilita la planificación y el presupuesto futuros al usar proporciones fijas de insumos.

El análisis matricial de insumo-producto y la posterior aplicación de Gauss-Jordán revelaron una dependencia lineal entre todos los insumos y la harina. Este hallazgo no solo valida la receta tradicional, sino que también aporta información valiosa para ajustar dinámicamente las proporciones en escenarios de precios cambiantes.

El ahorro potencial de S/ 36.92 diarios ($\approx 12.9\%$) demuestra la eficacia de incorporar métodos cuantitativos en una MYPE informal. La convergencia de técnicas de álgebra lineal y herramientas digitales (SageMath y Solver de Excel) muestra que incluso pequeñas empresas pueden beneficiarse de modelos rigurosos de optimización.

La consistencia en los márgenes (4.88 % durante todo el trimestre) expone la vulnerabilidad de la Panadería a aumentos en los precios de insumos. El modelo propuesto ayuda a anticipar y simular variaciones, aportando resiliencia frente a shocks de mercado.

Finalmente, más allá del ahorro inmediato, la metodología aplicada sienta las bases para la formalización progresiva, la transparencia en registros (ODS 16) y el desarrollo de capacidades internas. Convertir datos en decisiones consolida el puente entre la teoría académica y la gestión empresarial práctica.

VII. RECOMENDACIONES

Fortalecer la gestión de datos contables y productivos:

Se recomienda implementar un sistema de registro sistemático y digital de insumos, costos y volúmenes de producción. La confiabilidad de los datos constituye la base para aplicar con éxito modelos de optimización; sin este insumo, los resultados tienden a ser inconsistentes y de difícil verificación.

Priorizar los insumos de mayor incidencia en los costos:

Dado que la mano de obra, la harina y el azúcar concentran más del 80 % del gasto total, resulta aconsejable que los esfuerzos de control se focalicen en estos rubros. Estrategias

como la negociación con proveedores, la mejora de la eficiencia laboral o la sustitución parcial de insumos pueden generar un impacto inmediato en la rentabilidad.

Aplicar herramientas de optimización de manera recurrente:

El uso de Solver en Excel y de métodos matriciales como Gauss-Jordán no debe limitarse a un ejercicio académico, sino convertirse en una práctica periódica de la microempresa. Esto permitiría simular escenarios de variaciones de precios y demandas, facilitando una planificación estratégica más robusta.

Fomentar la capacitación en gestión y matemáticas aplicadas:

Se recomienda que los microempresarios reciban talleres de capacitación en herramientas cuantitativas y de gestión. De este modo, podrán interpretar resultados y tomar decisiones informadas sin depender exclusivamente de consultores externos, favoreciendo la autonomía empresarial.

Integrar la optimización con la calidad del producto:

Si bien la reducción de costos es prioritaria, esta debe articularse con la preservación de la calidad del pan. Ajustes en la cantidad de insumos deben evaluarse cuidadosamente para evitar impactos negativos en la satisfacción del consumidor, garantizando sostenibilidad a largo plazo.

Avanzar hacia la formalización progresiva:

El uso de registros transparentes, la implementación de metodologías de gestión y el cumplimiento de normativas fiscales pueden convertirse en pasos hacia la formalización de la panadería. Ello no solo fortalece su sostenibilidad, sino que también mejora su acceso a financiamiento y a mercados más competitivos.

Explorar aplicaciones en otras microempresas del sector:

Finalmente, se recomienda extender la experiencia a otras panaderías y PYMES locales, adaptando el modelo matricial a distintas realidades productivas. La replicabilidad del estudio puede convertirse en un referente regional para mejorar la eficiencia y la competitividad en el sector alimentario



VIII. REFERENCIAS:

Alvarez, LA Seminario, & Guzman, DA Medina (2024). *Propuesta de modelo esbelto aplicando Heijunka, SLP y criterio MAPE para mejorar el nivel de satisfacción de la demanda en una panificadora PyME de Lima, Perú.*, repositorioacademico.upc.edu.pe, <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674004>

Anton, H., & Rorres, C. (2019). *Álgebra lineal con aplicaciones* (12.a ed.). John Wiley & Sons.

Aziz, NSA, & Kek, SL (2024). *Linear Optimization Modelling for Profit Maximization in Bakery Store.* Enhanced Knowledge in Sciences and ..., penerbit.uthm.edu.my, <https://penerbit.uthm.edu.my/periodicals/index.php/ekst/article/view/14409>

Hefferon, J. (2020). *Linear algebra.* Orthogonal Publishing.

Johan, NAA binti, Ibrahim, R binti, & ... (2022). *Production planning concepts for small and medium enterprises (SMES): a case study in a Bakery Company.* ... Journal of Industrial ..., journal.ump.edu.my, <<https://journal.ump.edu.my/ijim/article/view/9006>>

Larson, R. (2018). *Elementary linear algebra* (8th ed.). Cengage Learning.

Lay, D. C. (2020). *Álgebra lineal y sus aplicaciones* (6.a ed.). Pearson.

Leontief, W. (1986). *Input-output economics* (2nd ed.). Oxford University Press.

Malpartida, EL Mandujano, & Farfan, FK Vigil *Propuesta para optimizar el proceso de producción en una empresa panificadora aplicando lean manufacturing.* repositorioacademico.upc.edu.pe, <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/656057>

Santoso, WB, Sayekti, WD, & ... (2023). *Enhancing Product Excellence and Business Growth Approaches for Small and Medium-Sizes Pastry and Bakery Enterprises: A case of Widhy's Cake and Bakery* Jurnal Kepariwisata ..., journal.poltekpar-nhi.ac.id, <<https://journal.poltekpar-nhi.ac.id/index.php/jk/article/view/959>>

Strang, G. (2016). *Introduction to linear algebra* (5th ed.). Wellesley-Cambridge Press.

Yupanqui, FE Miñano, & Leon, RA Varas (2023). *Modelo de gestión logística bajo la metodología Business Process Management para mejorar la rentabilidad de una MYPE del sector panadería, Trujillo-2023.*, repositorio.upn.edu.pe, <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/38497>

gm



ANEXOS

Solicitud de autorización para el estudio:

Sullana, 01 de julio de 2025

Señores:

Penadería Flores

Calle Santa Catalina N.° 901 - Sullana

Atención: Sra. Rosa Flores

Presente.

Asunto: Solicitud de autorización para recolección de información con fines de Investigación Formativa

De nuestra mayor consideración:

Reciben un cordial y atento saludo de parte del equipo de estudiantes de la Universidad Nacional de Frontera, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Económicas y Ambientales, específicamente al Programa Educativo de Ingeniería Económica.

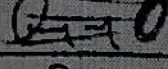
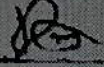
Por medio de la presente, nos dirigimos a usted con el fin de solicitar su gentil autorización para llevar a cabo una recolección de información relacionada con la gestión administrativa y operativa de su establecimiento, Penadería Flores, como parte de una actividad académica correspondiente a la asignatura de Investigación Formativa.

El propósito de este trabajo es netamente académico y tiene como objetivo analizar el funcionamiento de una microempresa del sector panificador, permitiéndonos complementar nuestra formación profesional a través de la aplicación de conocimientos teóricos en un entorno real. La información brindada será tratada con absoluta confidencialidad y utilizada únicamente con fines académicos, conforme a los lineamientos establecidos por nuestra Universidad.

Agradecemos de antemano su colaboración y disposición para facilitar la información requerida y quedamos atentos para coordinar la fecha y hora que considere pertinente para la entrevista y levantamiento de datos.

Sin otro particular, nos despedimos reiterando nuestro agradecimiento y quedamos a su entera disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente,

Li Cernito, Milton Sebastián	
Pacheco Iman, Elizabeth	
Yarques Alvarado Piero Alexander	
Cebalero Alvarado, Jeyson	
Cornejo Nola, Carlos Daniel	



Consentimiento del propietario:

MODELO DE AUTORIZACIÓN PARA CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, Rose Flores, en calidad de propietaria del establecimiento Panadería Flores, autorizo de manera voluntaria a los estudiantes del curso de Investigación Formadora de la Universidad Nacional de Frontera, a utilizar los datos generales, administrativos y operativos de mi negocio con fines exclusivamente académicos, como parte de las actividades programadas en su formación profesional.

Esta autorización se concede bajo los siguientes términos y condiciones:

- Los datos recopilados serán utilizados únicamente para la elaboración de informes y trabajos académicos relacionados al curso mencionado, respetando la confidencialidad de la información proporcionada.
- Toda información obtenida será anonimizada al momento de ser incluida en reportes o exposiciones públicas, evitando así la identificación directa de mi establecimiento.
- No se compartirá información financiera detallada, ni documentos contables o administrativos con terceros ajenos a la Universidad Nacional de Frontera.
- Como parte de la colaboración, se me entregará al finalizar el proyecto un reporte gratuito que incluya recomendaciones o propuestas de mejora, derivadas del análisis académico realizado por los estudiantes.
- En ningún caso la información proporcionada será utilizada con fines comerciales, publicitarios o fuera del contexto académico.

Declaro haber leído y comprendido las condiciones antes expuestas, otorgando mi consentimiento de manera libre y voluntaria.

Firma:

Rose Flores

Fecha: 05 / 09 / 2025



Entrevista:

MODELO DE CUESTIONARIO

ENTREVISTA AL DUEÑO / ENCARGADO DE LA PINADERA
Duración estimada: 30 a 40 minutos

1. DATOS GENERALES

1.1 Nombre de la pinaduría: Pinaduría Fibra

1.2 Razón social: de fibra

1.3 Ubicación exacta: Calle Santa Catalina 806

1.4 Años de operación: 10 años

1.5 Número de empleados:

- Pinadores: 02
- Asistentes: 00
- Vendedores: 03
- Vigilantes: 00

2. INSUMOS

2.1 Mencione los 5 insumos principales que utiliza en su pinaduría:

1. Harina
2. Levadura
3. Azúcar
4. Mantequilla
5. Leche

2.2 Nombre de su proveedor habitual: Sr. Hino

2.3 Frecuencia de compra de insumos:
☐ Diaria ☒ Semanal ☐ Mensual

2.4 Costo unitario actual de los insumos (por kg/litro):

- Harina: S/ 2.6
- Levadura: S/ 17
- Azúcar: S/ 3
- Aceite: S/ 7.01
- Otros (especifique): Leche U 1.2



pm



2.5 ¿Lleva registro de mermas o desperdicios?

☐ Si ☒ No

Si su respuesta es sí, indique el porcentaje estimado: _____ %

3. MANO DE OBRA

3.1 Salario mensual promedio según el rol:

• Panadero: S/. 58

• Ayudante: S/.

• Vendedor: S/. 30

3.2 Horas laborales diarias: 12 horas

3.3 ¿Paga horas extras?

☐ Si ☒ No

Si es sí, indique el costo promedio mensual por horas extras: S/.

4. COSTOS FUOS

4.1 Monto de alquiler mensual: S/.

4.2 Consumo promedio mensual:

• Luz: _____ kWh + Costo: S/.

• Agua: _____ m³ + Costo: S/.

4.3 Gasto mensual en mantenimiento de equipos: S/. plg los equipos

5. PRODUCCIÓN Y VENTAS

5.1 Producto principal que elabora: Pan

• Producción diaria (unidades/kg): 300 panes

• Precio de venta unitario: S/. 0.25

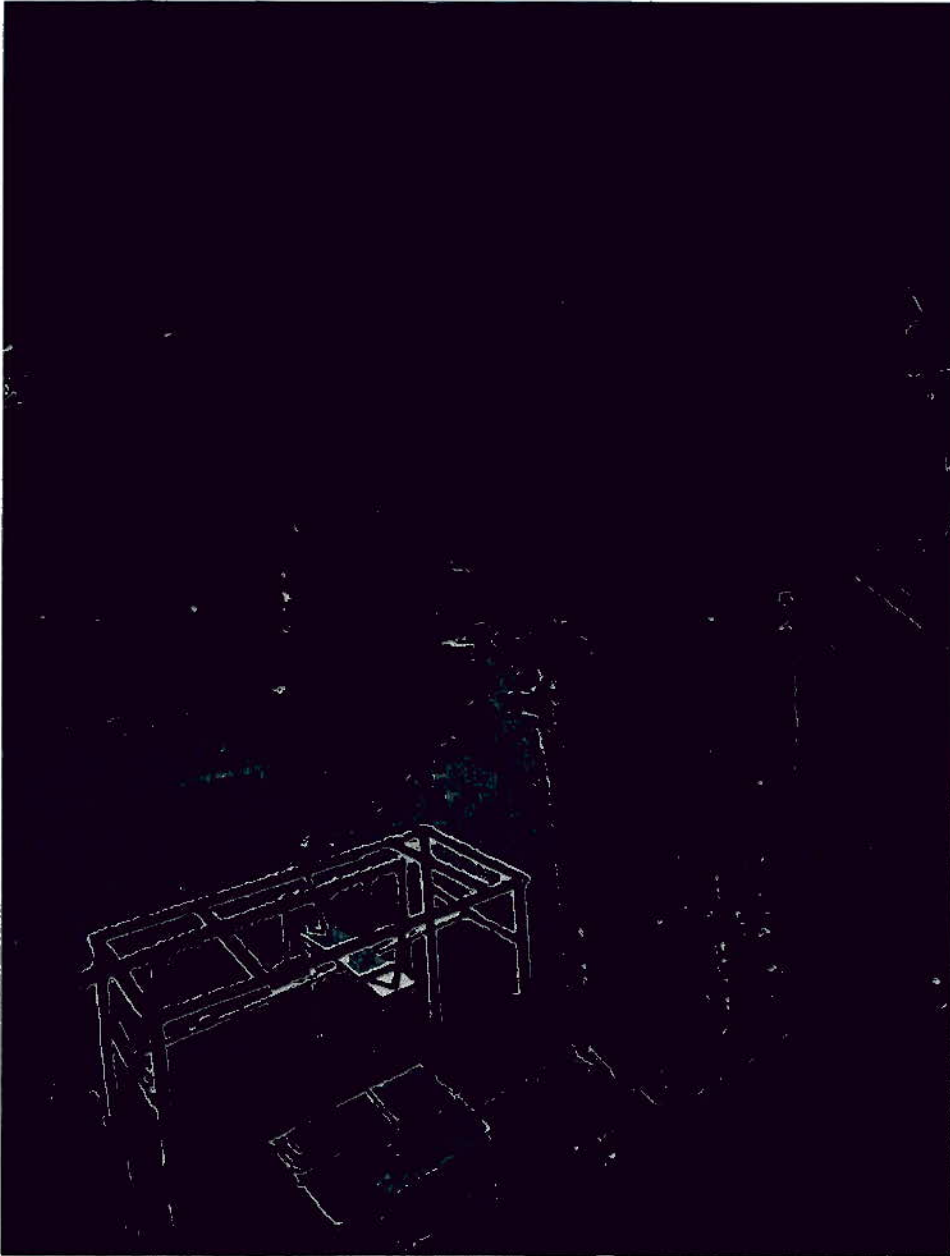
Observaciones adicionales (opcional):

Local no formalizado y funciona en conjunto con la vivienda familiar



gm



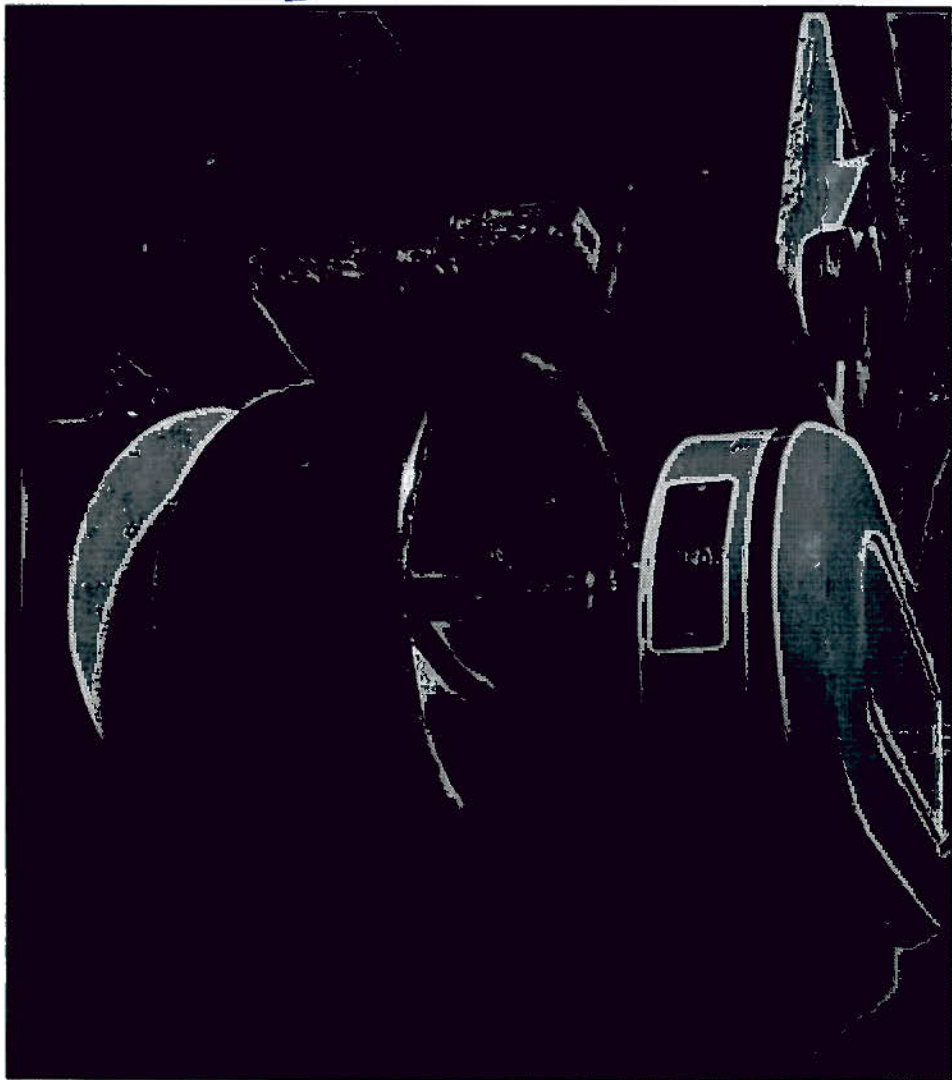
Evidencia fotográfica:

me





mk



Evidencia fotográfica de boleta de compras:

ORDEN DE DESPACHO
 OVC02 - 00284731
 28/08/2025 11:59:

Cliente: HOSA FLORES
 No. Ord: 00000002
 Ubicación: NO
 No de Productos: 3

Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unit	Total
HARINA COGORDO EXTRA TOCUYO SACO X 50 KILOS X	1.0000	SACOX50	127.0000	127.0000
MANTECA SABROFAN CAJA X 14 KILOS X	1.0000	CAJAX14	108.0000	108.0000
AZUCAR RUBIA CAÑA BRAVA X90KG X	0.5000	@ARROBA	32.5000	16.2500
Total:				3231.25



ORDEN DE DESPACHO
 OVC02 - 00287188
 28/08/2025 16:28

Cliente: HOSA FLORES
 No. Ord: 00000000
 Ubicación: NO
 No de Productos: 3

Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unit	Total
HARINA COGORDO EXTRA TOCUYO SACO X 50 KILOS X	0.5000	SACOX50	127.0000	63.5000
LEVADURA OKEBO CAJA X 20 UNID DE 500GR	1.0000	UNIDAD	8.0000	8.0000
AZUCAR RUBIA CAÑA BRAVA X 90KG	2.0000	KILOGRAMO	3.0000	6.0000
Total:				77.500

