

CARTA DEL TUTOR

Puntarenas, 16 de abril de 2026

Señores:

Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Kenneth Francisco García Castro, cédula de identidad número 118310091, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Propuesta de diseño de un sistema de inventario de seguridad de empaques en la panadería Barrio Luján, Escazú, durante el segundo cuatrimestre del 2025"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	15%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		90%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Nombre: Jonathan Pérez Largaespada
Cédula identidad: 205820315
Carné Colegio Profesional: NA 2871

San José, 16 de julio de 2026.

**Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana**

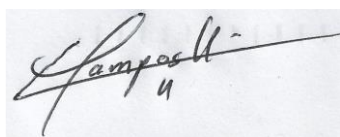
Estimados señores:

Hago constar en mi condición de lector, que he revisado el trabajo del estudiante Kenneth Francisco García Castro, titulado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE INVENTARIO DE SEGURIDAD DE EMPAQUES EN LA PANADERÍA BARRIO LUJÁN, ESCAZÚ, DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2025" para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Manifiesto, después de la revisión, que dicho trabajo reúne los requisitos exigidos por la Universidad y, por lo tanto, autorizo al autor para que continúe con el proceso de aprobación del proyecto.

Sin más por el momento,

Atentamente:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Campos Ureña', with a horizontal line extending to the right.

Ing. Lubín Campos Ureña
Céd. 1-499-389
Carné II-3108

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, Junio 29 2026

Señores:

Universidad Hispanoamericana

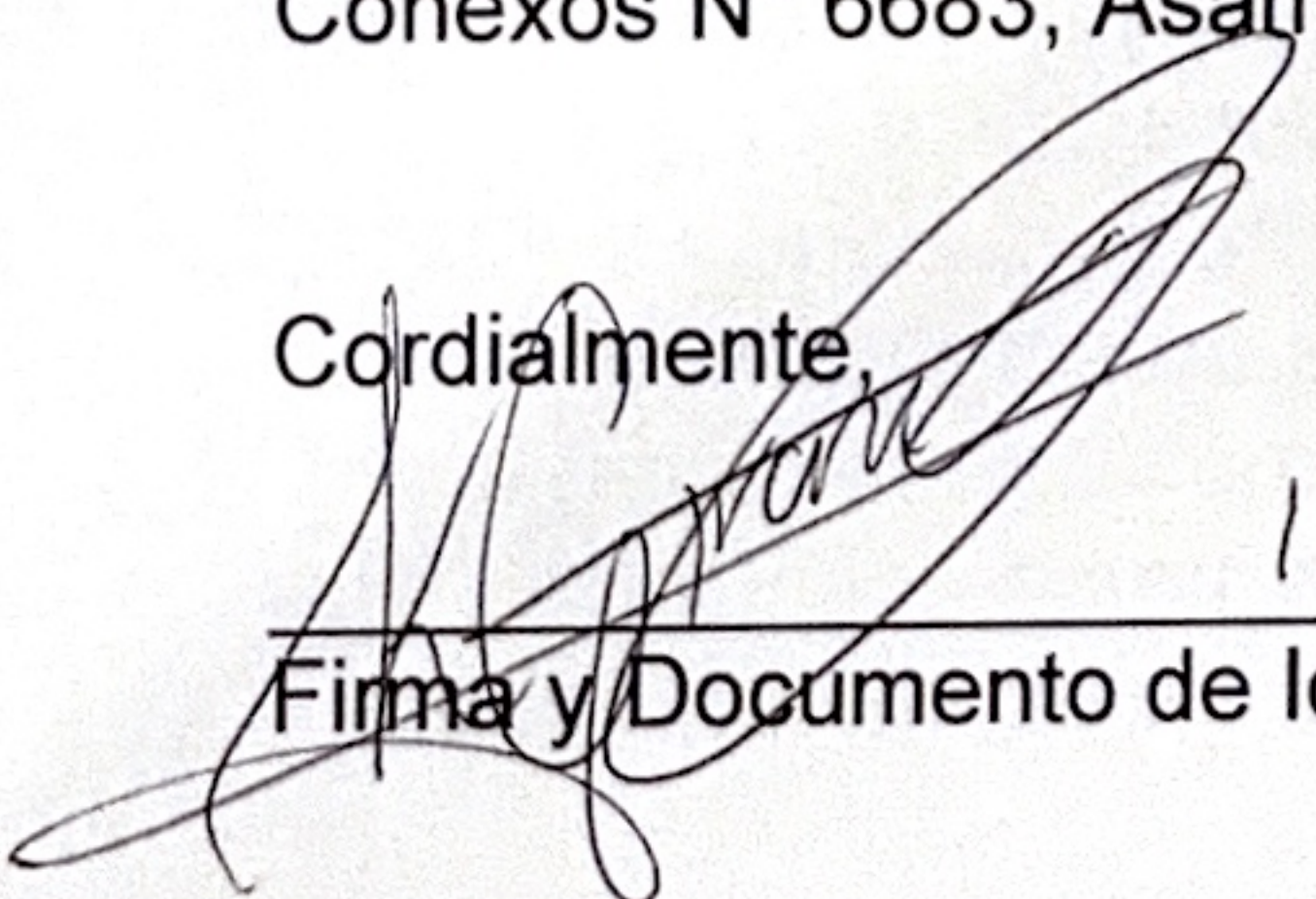
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Kenneth Garcia Castro con número de identificación 118310091 autor (a) del trabajo de graduación titulado PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE INVENTARIO DE SEGURIDAD DE EMPAQUES EN LA PANADERÍA BARRIO LUJÁN, ESCAZÚ, DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2025 presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachillerato Universitario SI autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


Firma y Documento de Identidad

118310091

ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

DECLARACIÓN JURADA

Yo Kenneth Garcia Castro, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 118310091 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato _____, juro solemnemente que mi trabajo _____ de investigación _____ titulado: PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE INVENTARIO DE SEGURIDAD DE EMPAQUES EN LA PANADERÍA BARRIO LUJÁN, ESCAZÚ, DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2025

_____, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los diecinueve _____ días del mes de Abril del año dos mil veintiséis.



Firma del estudiante

Cédula: 118310091



UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
INVENTARIO DE SEGURIDAD DE EMPAQUES EN LA
PANADERÍA BARRIO LUJÁN, ESCAZÚ, DURANTE
EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2025**

**Proyecto de graduación para optar por el grado de Bachillerato en
Ingeniería Industrial**

Autor: Kenneth Francisco García Castro

Tutor: Jonathan Pérez Largaespada

Heredia, 2025

TABLA DE CONTENIDOS

Acrónimos y siglas	4
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	5
1.1 Descripción general del proyecto	5
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	5
1.2.1 Descripción general de la organización	5
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	6
1.3 Planteamiento del problema	7
1.3.1 Definición y medición del problema	7
<i>Nota. Elaboración propia con base en la caracterización inicial del proceso.</i>	8
1.3.2 Justificación del proyecto	8
1.4 Objetivos del proyecto	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2 Objetivos específicos	9
1.5 Alcances y limitaciones	9
1.5.1 Alcances	9
1.5.2 Limitaciones	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	11
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	12
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	20
2.3.1 Costo anual de compras de emergencia	21
2.3.2 Frecuencia de desabastecimientos	21
2.3.3 Nivel de servicio del inventario	21
2.3.4 Reducción del tiempo dedicado a compras urgentes	22
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO	23
3.1 Metodología para la definición del problema	24
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo y cuantitativo del proyecto	24
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio	26

3.4 Metodología para la implementación del proyecto	27
3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	27
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ	28
4.1 Selección del proceso bajo estudio	28
4.2 Descripción del proceso actual	28
4.3 Representación gráfica del proceso	29
4.3.1 Símbolos básicos del diagrama de flujo	29
4.3.2 Diagrama del proceso	29
4.3.3 Diagrama SIPOC	30
4.4 Medición y caracterización del proceso	31
4.4.1 Variables e indicadores de línea base	31
<i>Nota. Elaboración propia con base en la síntesis histórica del proceso.</i>	35
4.4.2 Hallazgos cuantitativos y cualitativos del proceso	35
<i>Nota. Elaboración propia.</i>	36
4.5 Análisis de causas raíz	36
4.5.1 Diagrama de Ishikawa	36
<i>Nota. Elaboración propia.</i>	39
4.5.2 Priorización de causas raíz	39
<i>Nota. Elaboración propia.</i>	40
4.6 Conclusiones de la situación actual	40
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	42
5.1 Mejoras propuestas y relación con las causas raíz	42
5.2 Diseño técnico del sistema propuesto	43
5.3 Herramienta en Excel para la planificación de pedidos	47
5.4 Plan de implementación de la propuesta	49
5.5 Evaluación económica preliminar	50
<i>Nota. Elaboración propia con base en los rangos de costos reportados para compras urgentes.</i>	51
5.6 Plan de seguimiento y verificación	52
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
Conclusiones	54

Recomendaciones	55
Referencias bibliográficas	56
Anexos	58

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Sigla	Significado
DMADV	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
DFSS	Design for Six Sigma
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
SKU	Stock Keeping Unit

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción general del proyecto

La presente propuesta se desarrolló en Panaderías Barrio Luján, específicamente en la sucursal de Escazú. La organización opera en el sector de panadería y repostería y requiere asegurar la disponibilidad de materiales de empaque para sostener la continuidad del servicio diario.

El proyecto se enmarcó en la línea de gestión de operaciones e inventarios de la Escuela de Ingeniería Industrial. Su propósito fue diseñar un sistema de inventario de seguridad para las bolsas de papel tipo Kraft utilizadas en el empaque de productos, con el fin de reducir compras de emergencia y fortalecer la planeación de abastecimiento.

En la situación inicial, el control del inventario se realizaba de manera manual y con revisión visual. Además, la empresa dependía de un proveedor principal con un tiempo de entrega estimado entre cuatro y cinco días, condición que aumentaba el riesgo de desabastecimiento cuando la demanda semanal se incrementaba o el pedido se realizaba tardíamente.

Como respuesta, se planteó una propuesta basada en datos históricos de consumo, estimación de demanda futura, cálculo de inventario de seguridad y determinación del punto de reorden. El resultado esperado fue una herramienta sencilla y operativamente viable que facilitara la toma de decisiones de compra sin exigir infraestructura tecnológica compleja.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

1.2.1 Descripción general de la organización

Panaderías Barrio Luján es una empresa costarricense con trayectoria en la elaboración y comercialización de productos de panadería, repostería y cafetería. Su propuesta de valor se ha sostenido en la frescura del producto, la atención al cliente y la disponibilidad diaria de una oferta amplia en distintos puntos del Gran Área Metropolitana.

La sede principal se ubica en Barrio Luján, San José, y la marca mantiene presencia en sucursales como Escazú, Tibás, Guadalupe, Sabanilla y Desamparados. Para efectos del presente estudio se tomó como unidad de análisis la sucursal de Escazú, debido a que allí se identificó la necesidad de mejorar el abastecimiento de empaques.

Desde la perspectiva operativa, el área estudiada corresponde a la gestión administrativa vinculada con compras y control de insumos indirectos. Dentro de estos insumos, las bolsas de papel tipo Kraft constituyen un recurso crítico, porque su ausencia interrumpe el empaque del producto terminado y afecta de manera directa la experiencia del cliente.

El proceso general asociado al problema comprende la revisión del inventario disponible, la decisión de compra, la emisión del pedido, la recepción del material y su uso en la operación diaria. Debido a que el control vigente era predominantemente visual, la organización no contaba con parámetros formales para anticipar necesidades de reposición.

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

La empresa se consolidó inicialmente como un negocio de panadería tradicional y, con el tiempo, amplió su portafolio y su cobertura comercial. Ese crecimiento implicó mayores exigencias de coordinación logística, abastecimiento y soporte administrativo, no solo en materias primas, sino también en materiales de empaque y apoyo al servicio.

En la etapa más reciente se presentaron cambios administrativos y ajustes en la oferta comercial, situación que incrementó la diversidad de productos y la presión sobre el consumo de bolsas. En consecuencia, la reposición de empaques pasó de ser una actividad rutinaria a un punto sensible para la continuidad operativa.

El proyecto se desarrolló en ese contexto de transición organizacional, donde la necesidad no consistía únicamente en comprar más material, sino en establecer un criterio técnico para decidir cuándo comprar y cuánto pedir.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición y medición del problema

La Panadería Barrio Luján enfrenta un problema de desabastecimiento recurrente de bolsas de papel tipo Kraft debido a la ausencia de un sistema formal de planificación y reposición. El consumo semanal oscila entre 500 y 1.000 unidades, mientras que la revisión del inventario se realiza de forma visual y sin un punto de reorden previamente definido.

Cuando el inventario disponible no cubre el consumo esperado durante el tiempo de entrega del proveedor oficial, la empresa recurre a compras de emergencia con un proveedor alternativo. Estas compras se efectúan al detalle y a un costo superior al del abastecimiento planificado, lo que incrementa el gasto operativo y consume tiempo administrativo.

El impacto económico estimado por evento urgente se ubicó entre ₡54.000 y ₡240.000, según el tipo de bolsa y la cantidad requerida. Bajo una frecuencia aproximada de una compra urgente cada quince días, la situación genera un sobre costo anual importante y mantiene expuesta a la sucursal a interrupciones del servicio en períodos de mayor demanda.

De acuerdo con la Guía 02, el problema se expresó mediante variables observables. En este proyecto, las variables principales fueron la frecuencia de compras de emergencia, el costo anual de esas compras, el consumo histórico de bolsas, el tiempo de entrega del proveedor y la ausencia de un nivel mínimo de inventario cuantificado.

Variable	Situación actual	Relevancia para el proyecto
Frecuencia de compras de emergencia	Aproximadamente cada 15 días	Expresa la recurrencia del problema y su impacto operativo.
Consumo semanal de bolsas	500 a 1.000 unidades	Muestra variabilidad y exige una política de reposición.
Tiempo de entrega del proveedor	4 a 5 días	Determina la anticipación necesaria del pedido.
Costo por compra urgente	¢54.000 a ¢240.000 por evento	Permite dimensionar el perjuicio económico de operar de forma reactiva.

Tabla 1.1. Variables representativas del problema

Nota. Elaboración propia con base en la caracterización inicial del proceso.

1.3.2 Justificación del proyecto

El proyecto se justificó por su aporte técnico, económico y operativo. Desde el punto de vista técnico, permitió sustituir decisiones basadas en experiencia por una política de reposición sustentada en registros de consumo, parámetros de seguridad y criterios explícitos de compra.

En el plano económico, la propuesta buscó disminuir el costo asociado a compras urgentes, reducir la exposición a sobrepuestos y mejorar el uso del tiempo administrativo. Un sistema de inventario de seguridad bien definido también contribuye a evitar pérdidas indirectas por interrupciones en la atención al cliente y por respuestas reactivas ante faltantes.

Organizacionalmente, el estudio aportó una herramienta de apoyo para la gestión de un insumo crítico y sentó bases metodológicas que pueden replicarse en otros materiales indirectos de la empresa. Por ello, el valor del proyecto no se limitó al cálculo de inventario, sino a la formalización de una práctica de control antes inexistente.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de inventario de seguridad para los empaques de la Panadería Barrio Luján, sucursal Escazú, mediante el análisis del consumo histórico, el cálculo del stock de seguridad y la definición del punto de reorden, para garantizar la disponibilidad continua de materiales durante el segundo cuatrimestre del 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir el problema asociado a la gestión del inventario de empaques, identificando su alcance, efectos operativos y efectos económicos.
- Medir el comportamiento histórico del consumo de bolsas de papel tipo Kraft y caracterizar la situación actual con información cuantitativa y cualitativa del proceso.
- Analizar las variables críticas del proceso para identificar y priorizar las causas raíz de los desabastecimientos y las compras de emergencia.
- Diseñar un sistema de inventario de seguridad que incorpore pronóstico de demanda, stock de seguridad, punto de reorden y lineamientos de uso.
- Establecer lineamientos de seguimiento y verificación que permitan sostener el sistema propuesto y monitorear su desempeño.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

El estudio se concentró en las bolsas de papel tipo Kraft utilizadas en la sucursal de Escazú, sin extenderse al resto de materiales de empaque o a otras sedes de la empresa.

El período analizado correspondió a información histórica de doce semanas, suficiente para construir una línea base operativa, describir el patrón de consumo y plantear una propuesta de diseño coherente con el alcance del proyecto.

Los entregables incluyeron el diagnóstico del proceso actual, la identificación de causas raíz, el diseño técnico del sistema de inventario de seguridad, una herramienta de apoyo en Excel y un esquema de seguimiento con indicadores.

1.5.2 Limitaciones

La propuesta se desarrolló a nivel de diseño y validación técnica; por tanto, no incluyó una implementación completa en ambiente operativo ni medición de resultados posteriores a la adopción del sistema.

La información histórica disponible correspondió a un período acotado y a una sola sucursal, condición que limitó la posibilidad de aplicar modelos de pronóstico de mayor complejidad o comparar comportamientos entre diferentes puntos de venta.

Las estimaciones económicas se fundamentaron en los rangos de costos reportados para compras urgentes y en la frecuencia observada del problema, por lo que deben entenderse como aproximaciones razonables para apoyar la decisión, no como cierres contables.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

La gestión de inventarios es un tema central dentro de la Ingeniería Industrial, porque vincula disponibilidad de materiales, continuidad operativa, costos y nivel de servicio. En contextos de alta rotación, como el alimentario, un control deficiente de insumos indirectos puede afectar tanto la productividad como la experiencia del cliente (Heizer et al., 2023; Chopra, 2025).

Desde esta disciplina, el análisis del problema exige integrar herramientas de diagnóstico de procesos, administración de operaciones, análisis de datos y evaluación económica. Esa combinación permite pasar de una reacción empírica ante faltantes a una toma de decisiones apoyada en evidencia y criterios técnicos.

Los materiales de empaque forman parte de los inventarios indirectos. Aunque no constituyen el producto principal, su disponibilidad es indispensable para completar la operación de venta y entrega. Por esa razón, la ausencia de empaques puede generar interrupciones similares a las ocasionadas por una materia prima crítica.

El inventario de seguridad se entiende como la cantidad adicional que protege al sistema frente a variaciones de demanda y tiempos de entrega. A su vez, el punto de reorden indica el momento en que debe activarse la reposición para evitar una ruptura de stock durante el lead time. Ambos conceptos se complementan dentro de una política de abastecimiento preventivo (Chopra, 2025; Heizer et al., 2023).

El pronóstico de la demanda aporta la base cuantitativa del sistema, porque transforma datos históricos en una expectativa razonable de consumo futuro. La literatura reciente señala que la precisión del pronóstico mejora la asignación de inventario, reduce faltantes y disminuye costos

asociados a sobreabastecimiento o reposición urgente (Tadayonrad et al., 2023; Douaioui et al., 2024).

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

2.2.1 Definición de la metodología DMADV

La metodología DMADV es un enfoque sistemático utilizado para el diseño de procesos, productos o servicios que cumplen con estándares definidos de calidad y desempeño. Su estructura se compone de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar.

Desde un punto de vista conceptual, DMADV permite estructurar el desarrollo de un proyecto mediante etapas secuenciales que aseguran la identificación adecuada del problema, el análisis de información relevante, el diseño de soluciones y su validación antes de la implementación.

2.2.2 Definición de la fase Definir (Define)

La fase Definir corresponde a la etapa inicial de la metodología DMADV y tiene como propósito establecer con claridad el problema, el alcance del proyecto, los objetivos y los requerimientos del cliente. En esta fase se delimitan los elementos fundamentales del sistema y se identifican las variables críticas que deben considerarse en el diseño (Pyzdek & Keller, 2024).

El objetivo principal de esta etapa es traducir necesidades generales en requerimientos específicos y medibles, asegurando una comprensión común del problema antes de avanzar hacia fases posteriores.

Herramientas de la fase Definir

SIPOC (Suppliers ,Inputs, Process, Outputs, Customers)

El SIPOC es una herramienta de representación de alto nivel utilizada para describir un proceso mediante la identificación de sus elementos fundamentales: proveedores (Suppliers), entradas (Inputs), proceso (Process), salidas (Outputs) y clientes (Customers). Su principal función es delimitar el alcance del sistema y facilitar una comprensión integral de cómo se generan los resultados dentro del proceso (Heizer et al., 2023).

Desde un enfoque metodológico, el SIPOC permite visualizar las interacciones entre los distintos componentes del proceso sin entrar en un nivel de detalle operativo, lo cual resulta especialmente útil en etapas iniciales de análisis. Además, contribuye a identificar posibles puntos críticos y relaciones clave entre entradas y salidas, estableciendo una base estructurada para el desarrollo del proyecto.

Project Charter

El Project Charter es un documento formal que define los elementos esenciales de un proyecto, incluyendo su propósito, alcance, objetivos, restricciones, recursos y responsables. Esta herramienta cumple la función de establecer un marco de referencia claro que guía la ejecución del proyecto y alinea a los involucrados en torno a objetivos comunes (Pyzdek & Keller, 2024).

En términos teóricos, el Project Charter facilita la gestión del proyecto al proporcionar una visión estructurada del problema y de los resultados esperados. Asimismo, permite documentar los criterios de éxito y los límites del proyecto, reduciendo ambigüedades y favoreciendo la toma de decisiones durante el desarrollo de las distintas fases metodológicas.

Identificación de requerimientos del cliente (CTQ – Critical to Quality)

Los requerimientos críticos de calidad (CTQ) corresponden a las características específicas que un producto o proceso debe cumplir para satisfacer las necesidades del cliente. Estos requerimientos se derivan de la voz del cliente (Voice of the Customer) y se traducen en parámetros medibles que orientan el diseño y evaluación del sistema (Kadir et al., 2024).

Desde el punto de vista conceptual, los CTQ permiten transformar expectativas generales en criterios técnicos concretos, facilitando la alineación entre el diseño del proceso y los resultados esperados. Su correcta identificación es fundamental para asegurar que el sistema propuesto responda de manera efectiva a las necesidades del usuario final.

2.2.3 Definición de la fase Medir (Measure)

La fase Medir tiene como objetivo recopilar y estructurar información que permita describir el comportamiento del proceso o sistema bajo análisis. Esta etapa se enfoca en la construcción de una base de datos confiable que sirva como fundamento para el análisis posterior (Pyzdek & Keller, 2024).

En términos conceptuales, medir implica transformar observaciones en datos cuantificables, permitiendo identificar patrones, variabilidad y relaciones entre variables relevantes.

Herramientas de la fase Medir

Hojas de recolección de datos

Las hojas de recolección de datos son instrumentos estructurados diseñados para capturar información de manera sistemática y organizada. Su propósito es asegurar la consistencia en el registro de datos, reduciendo errores y facilitando su posterior análisis. Estas herramientas

permiten definir previamente qué variables se medirán, en qué formato y con qué frecuencia, lo que contribuye a mejorar la calidad de la información recopilada (Heizer et al., 2023).

Desde un enfoque metodológico, las hojas de recolección constituyen la base para la construcción de una línea base confiable, ya que permiten transformar observaciones del proceso en datos cuantificables. Su correcta aplicación facilita la trazabilidad de la información y el análisis objetivo del comportamiento del sistema.

Estadística descriptiva

La estadística descriptiva comprende un conjunto de técnicas utilizadas para resumir, organizar y describir datos mediante indicadores como el promedio, la mediana, el rango y la desviación. Estas herramientas permiten identificar patrones, tendencias y niveles de variabilidad dentro de un conjunto de datos, facilitando la comprensión del comportamiento del proceso (Chopra, 2025).

En el contexto del análisis de procesos, la estadística descriptiva permite convertir grandes volúmenes de datos en información interpretable, lo cual resulta fundamental para la toma de decisiones. Además, proporciona una base objetiva que respalda el análisis posterior y la identificación de posibles desviaciones o comportamientos atípicos.

Tablas de frecuencia

Las tablas de frecuencia son herramientas utilizadas para organizar datos en categorías o intervalos, mostrando la cantidad de veces que ocurre cada valor dentro de un conjunto de observaciones. Su aplicación permite identificar patrones de distribución y facilitar la interpretación de la información recopilada.

Desde el punto de vista analítico, las tablas de frecuencia ayudan a visualizar la concentración de datos en determinados rangos, lo que contribuye a detectar tendencias y variabilidad en el proceso. Asimismo, sirven como base para la construcción de gráficos y para el análisis estadístico posterior.

2.2.4 Definición de la fase Analizar (Analyze)

La fase Analizar se orienta a identificar las causas que explican el comportamiento del sistema, diferenciando entre síntomas y causas raíz. En esta etapa se establecen relaciones entre variables y se priorizan los factores que tienen mayor impacto sobre el problema (Pyzdek & Keller, 2024).

Herramientas de la fase Analizar

Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto o espina de pescado, es una herramienta gráfica utilizada para identificar y organizar las posibles causas de un problema en categorías estructuradas. Su objetivo es facilitar la comprensión de las relaciones entre distintos factores que influyen en un efecto determinado (Heizer et al., 2023).

Desde un enfoque metodológico, esta herramienta permite analizar el problema de forma integral, evitando que el análisis se limite a una única causa. Al clasificar los factores en categorías como método, materiales, mano de obra, maquinaria y entorno, se facilita la identificación de causas raíz y se mejora la calidad del análisis.

Análisis de Pareto

El análisis de Pareto es una herramienta basada en el principio de que una pequeña proporción de causas genera la mayor parte de los efectos. Su representación gráfica permite ordenar las

causas de un problema según su frecuencia o impacto, facilitando la priorización de aquellas que requieren intervención (Chopra, 2025).

En términos analíticos, el diagrama de Pareto permite enfocar los esfuerzos en los factores que aportan mayor valor a la solución del problema. Esta priorización contribuye a optimizar recursos y a dirigir las acciones hacia las causas más relevantes dentro del sistema.

Técnica de los 5 porqués

La técnica de los 5 porqués es un método de análisis que consiste en formular preguntas sucesivas para profundizar en la causa de un problema hasta identificar su origen raíz. Este enfoque permite ir más allá de los síntomas visibles y comprender las condiciones estructurales que generan el efecto observado.

Desde el punto de vista metodológico, esta herramienta favorece un análisis lógico y secuencial, permitiendo establecer relaciones causa-efecto de forma clara. Su aplicación contribuye a identificar causas raíz que pueden ser abordadas mediante soluciones estructurales y sostenibles.

2.2.5 Definición de la fase Diseñar (Design)

La fase Diseñar tiene como propósito desarrollar una solución que cumpla con los requerimientos establecidos en la fase inicial. En esta etapa se definen las características del sistema, sus parámetros operativos y las condiciones necesarias para su funcionamiento (Pyzdek & Keller, 2024).

El diseño se enfoca en la construcción de una solución viable, coherente y alineada con los objetivos del proyecto, considerando tanto aspectos técnicos como operativos.

Herramientas de la fase Diseñar

Modelos de inventario

Los modelos de inventario son representaciones matemáticas utilizadas para definir políticas de reposición, niveles de inventario y cantidades óptimas de pedido. Su finalidad es equilibrar la disponibilidad de materiales con los costos asociados al almacenamiento, pedidos y faltantes (Chopra, 2025).

Desde un enfoque conceptual, estos modelos permiten establecer criterios técnicos para la toma de decisiones, sustituyendo prácticas empíricas por análisis cuantitativos. Su aplicación contribuye a mejorar la eficiencia operativa y a reducir la probabilidad de desabastecimientos dentro del sistema.

Pronóstico de demanda

El pronóstico de demanda consiste en la estimación del consumo futuro de un producto o material a partir del análisis de datos históricos. Esta herramienta es fundamental para la planificación de inventarios, ya que permite anticipar necesidades y reducir la incertidumbre asociada a la variabilidad del consumo (Tadayonrad et al., 2023).

En términos metodológicos, el pronóstico permite transformar datos pasados en información útil para la toma de decisiones, facilitando la definición de políticas de reposición y niveles de inventario adecuados. Su correcta aplicación mejora la eficiencia del sistema y reduce riesgos operativos.

Herramientas de hoja de cálculo (Excel)

Las herramientas de hoja de cálculo permiten organizar, procesar y analizar datos mediante funciones automatizadas, facilitando la toma de decisiones en entornos operativos. Su uso es

común en la gestión de inventarios debido a su accesibilidad y capacidad para integrar cálculos, tablas y visualizaciones en un solo entorno.

Estas herramientas permiten implementar modelos de cálculo de manera práctica, facilitando la aplicación de conceptos teóricos en un formato operativo. Además, contribuyen a mejorar la eficiencia del análisis y a reducir errores en los cálculos.

2.2.6 Definición de la fase Verificar (Verify)

La fase Verificar tiene como objetivo comprobar que el diseño desarrollado cumple con los requerimientos establecidos y que puede sostenerse en el tiempo mediante mecanismos de control. Esta etapa valida tanto la efectividad técnica como la viabilidad operativa de la solución (Pyzdek & Keller, 2024).

La verificación no se limita a la validación de resultados, sino que incluye el seguimiento del desempeño del sistema y la implementación de acciones correctivas cuando sea necesario.

Herramientas de la fase Verificar

Indicadores de desempeño (KPIs)

Los indicadores de desempeño son métricas utilizadas para evaluar el comportamiento de un proceso en relación con objetivos previamente establecidos. Permiten medir resultados, identificar desviaciones y monitorear la efectividad de las acciones implementadas (Tu et al., 2025).

Los indicadores facilitan la toma de decisiones basada en datos, ya que proporcionan información objetiva sobre el desempeño del sistema. Su uso permite evaluar la sostenibilidad de las soluciones propuestas y detectar oportunidades de mejora continua.

Plan de control

El plan de control es un documento que define las acciones necesarias para mantener un proceso dentro de los parámetros establecidos. Incluye aspectos como variables a monitorear, frecuencias de revisión, responsables y acciones correctivas ante desviaciones.

El plan de control asegura la estabilidad del sistema en el tiempo, evitando que el proceso regrese a condiciones iniciales de desempeño. Su implementación permite mantener la disciplina operativa y garantizar la continuidad de los resultados obtenidos.

Matriz de seguimiento

La matriz de seguimiento es una herramienta que permite organizar y monitorear el cumplimiento de actividades, indicadores y resultados asociados a un proceso. Facilita la visualización del estado del sistema y el control de su evolución en el tiempo.

Esta herramienta contribuye a la gestión sistemática del proceso, permitiendo evaluar el avance de las acciones implementadas y tomar decisiones oportunas en función del desempeño observado.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El impacto esperado del proyecto puede analizarse en términos económicos, operativos y de servicio. En el plano económico, la literatura sobre abastecimiento indica que las decisiones de inventario afectan de forma directa costos de compra, almacenamiento, faltantes y uso de recursos administrativos (Tu et al., 2025). En el plano operativo, un mejor control reduce la dependencia de decisiones improvisadas y favorece la estabilidad del proceso.

Para respaldar la evaluación del impacto se seleccionaron indicadores que resultan medibles dentro de la realidad del caso. Esta decisión es consistente con la Guía 02, la cual indica que los

indicadores incorporados en el proyecto deben corresponder a variables que efectivamente puedan observarse en la organización.

Los principales indicadores considerados fueron: costo anual de compras de emergencia, frecuencia de desabastecimientos, nivel de servicio del inventario y reducción del tiempo dedicado a compras urgentes. Su utilidad radica en que permiten contrastar la situación actual con la proyección de mejora derivada del diseño propuesto.

2.3.1 Costo anual de compras de emergencia

Este indicador cuantifica el sobre costo asociado a una política reactiva de abastecimiento y permite dimensionar el beneficio económico potencial de una reposición planificada.

Fórmula:

Costo anual de compras de emergencia = Número de compras urgentes al año $\times$ costo promedio por compra urgente

2.3.2 Frecuencia de desabastecimientos

Mide la cantidad de eventos de faltante en un período definido y refleja la estabilidad del sistema de abastecimiento.

Fórmula:

Frecuencia de desabastecimientos = Número de eventos de faltante / período analizado

2.3.3 Nivel de servicio del inventario

Expresa la capacidad del sistema para satisfacer la demanda sin incurrir en faltantes y sirve como referencia de desempeño del diseño.

Fórmula:

Nivel de servicio = $1 - (\text{Unidades faltantes} / \text{Demanda total})$

2.3.4 Reducción del tiempo dedicado a compras urgentes

Evalúa la mejora administrativa esperada al sustituir la reacción por una rutina de compra planificada.

Fórmula:

$$\text{Reducción del tiempo (\%)} = ((\text{Tiempo actual} - \text{Tiempo estimado con la propuesta}) / \text{Tiempo actual}) \times 100$$

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

El estado del arte reciente muestra una relación consistente entre precisión del pronóstico, determinación del stock de seguridad y reducción del riesgo de faltantes. Tadayonrad et al. (2023) propusieron un indicador de desempeño para el proceso de pronóstico que incorpora confiabilidad de la cadena y estacionalidad, evidenciando mejoras en la determinación del nivel de seguridad y en la reducción simultánea de sobreinventario y quiebres de stock.

En el ámbito de materiales y empaques, Dinata et al. (2024) estudiaron la optimización de inventarios en la industria de empaques mediante diferentes técnicas de pronóstico y una formulación de cantidad de compra. Sus hallazgos respaldan la conveniencia de complementar la experiencia del planificador con herramientas cuantitativas, especialmente cuando la variabilidad del abastecimiento vuelve insuficiente una decisión basada solo en criterio empírico.

Desde una perspectiva aplicada al sector de pequeñas y medianas empresas, Gärtner et al. (2024) desarrollaron una tubería automatizada de pronóstico para PYMES y concluyeron que la selección automatizada de modelos y la validación sistemática mejoran la calidad de la predicción y apoyan decisiones de compras y producción. Aunque el caso de la presente

investigación utiliza una herramienta más simple, el antecedente confirma que incluso en estructuras pequeñas el uso de datos históricos agrega valor a la gestión.

La literatura más reciente también ha reforzado la importancia de anticipar faltantes a través de enfoques basados en datos. Liu et al. (2025) demostraron que el uso de variables de inventario y pronósticos de corto plazo mejora la predicción de stockouts en entornos minoristas, mientras que Tu et al. (2025) integraron pronóstico e inventario en un modelo de optimización que considera costos de compra, mantenimiento y penalización por faltantes.

En términos metodológicos, Kadir et al. (2024) documentaron el diseño de una herramienta de gestión de abastecimiento con enfoque Lean Six Sigma-DMADV, destacando que la secuencia Define-Measure-Analyze-Design-Verify resulta pertinente cuando la organización requiere crear un sistema nuevo con criterios explícitos de desempeño y verificación. Este antecedente guarda relación directa con la naturaleza del presente proyecto, que no persigue ajustar un sistema formal ya existente, sino diseñar uno que actualmente no está establecido.

Como experiencia cercana al campo del empaque, Savvopoulou (2024) analizó la gestión de inventario en una empresa de paper packaging y concluyó que la visibilidad de datos, la clasificación de materiales y la reposición basada en información histórica mejoran la continuidad del abastecimiento. En conjunto, estos antecedentes respaldan la pertinencia técnica y académica de diseñar un sistema sencillo pero formal para la Panadería Barrio Luján.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este capítulo describe la ruta metodológica utilizada para desarrollar el proyecto. De conformidad con la Guía 02, la metodología se presenta en forma secuencial, en pasado y alineada con los objetivos específicos del estudio.

Para asegurar coherencia con el enfoque DMADV, el trabajo se estructuró en cinco etapas: definición del problema, medición y respaldo del diagnóstico, análisis y diseño de la propuesta, planteamiento de la implementación y verificación o seguimiento de resultados. Cada etapa se resume mediante una tabla metodológica con actividades, herramientas, descripción de uso, plazos y responsables.

3.1 Metodología para la definición del problema

La etapa se desarrolló conforme a la secuencia resumida en la tabla siguiente.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Definir el problema asociado a la gestión del inventario de empaques, identificando su alcance, efectos operativos y efectos económicos.	Delimitar el proceso bajo estudio. Identificar actores, entradas y salidas. Precisar variables del problema y su impacto.	Revisión documental SIPOC Caracterización del proceso	Se revisó la información suministrada por la empresa y se sintetizó el proceso en términos de proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes. Además, se definieron las variables que expresan el problema en términos operativos y económicos.	Semanas 1-2	Estudiante Administración

Tabla 3.1. Estructura metodológica de la fase de definición del problema.

Nota. Elaboración propia con base en la Guía 02 Presentación de Proyectos de Graduación UH 2024.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo y cuantitativo del proyecto

La etapa se desarrolló conforme a la secuencia resumida en la tabla siguiente.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Medir el comportamiento histórico del consumo de bolsas de papel tipo Kraft y caracterizar la situación actual con información cuantitativa y cualitativa del proceso.	Recopilar registros históricos. Ordenar datos de consumo y compras urgentes. Describir el comportamiento de las variables.	Hojas de recolección Tablas de frecuencia Estadística descriptiva	Se consolidaron los registros históricos disponibles y se organizaron en tablas para identificar rangos de consumo, ocurrencia de compras urgentes, tiempo de entrega del proveedor y variabilidad del proceso.	Semanas 3-4	Estudiante Administración

Tabla 3.2. Estructura metodológica de la fase de medición y construcción de línea base.
Nota. Elaboración propia con base en la Guía 02 Presentación de Proyectos de Graduación UH 2024.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

La etapa se desarrolló conforme a la secuencia resumida en la tabla siguiente.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Analizar las variables críticas del proceso para identificar y priorizar las causas raíz de los desabastecimientos y las compras de emergencia. Diseñar un sistema de inventario de seguridad que incorpore pronóstico, stock de seguridad y punto de reorden.	Organizar causas potenciales. Priorizar causas con mayor incidencia. Definir parámetros de la propuesta. Estructurar la herramienta de apoyo.	Ishikawa Pareto 5 porqués Cálculos de inventario Hoja de cálculo	Se relacionaron hallazgos del diagnóstico con herramientas de análisis causal y, a partir de ellas, se definieron los parámetros del sistema de inventario y la estructura funcional de la herramienta en Excel.	Semanas 5-8	Estudiante

Tabla 3.3. Estructura metodológica de la fase de análisis y diseño de la propuesta.
Nota. Elaboración propia con base en la Guía 02 Presentación de Proyectos de Graduación UH 2024.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La etapa se desarrolló conforme a la secuencia resumida en la tabla siguiente.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Plantear una ruta de implementación futura para la adopción operativa del sistema diseñado.	Definir etapas de adopción. Asignar responsables. Plantear capacitación y puesta en marcha.	Plan de implementación Cronograma básico Matriz RACI	Se propuso una secuencia de adopción que incluyó preparación de datos, capacitación del responsable, uso inicial del punto de reorden y revisión periódica de parámetros críticos.	Semanas 9-10	Administración Encargado de compras

Tabla 3.4. Estructura metodológica de la fase de implementación propuesta.
Nota. Elaboración propia con base en la Guía 02 Presentación de Proyectos de Graduación UH 2024.

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

La etapa se desarrolló conforme a la secuencia resumida en la tabla siguiente.

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsables
Establecer lineamientos de seguimiento y verificación que permitan sostener el sistema propuesto y monitorear su desempeño.	Seleccionar indicadores. Definir frecuencia de revisión. Establecer acciones de control y actualización.	Indicadores de desempeño Plan de control Matriz de seguimiento	Se definieron métricas mínimas para verificar la sostenibilidad del sistema, así como la periodicidad de revisión del consumo, del lead time y del cumplimiento del punto de reorden.	Semanas 11-12	Administración Encargado de compras

Tabla 3.5. Estructura metodológica de la fase de verificación y seguimiento.
Nota. Elaboración propia con base en la Guía 02 Presentación de Proyectos de Graduación UH 2024.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

En este capítulo se desarrolló la fase de medición y análisis del problema. El objetivo fue construir una línea base suficientemente argumentada y, posteriormente, identificar las causas raíz que explican la recurrencia de los faltantes y de las compras de emergencia.

Tal como sugiere la Guía 02, la argumentación se apoyó en datos cuantitativos, observación del proceso y herramientas de análisis causal. De esta manera, el diagnóstico se vinculó de forma directa con el planteamiento del problema, con la selección de causas raíz y con las mejoras desarrolladas en el capítulo siguiente.

4.1 Selección del proceso bajo estudio

El proceso seleccionado fue la gestión del inventario y compra de bolsas de papel tipo Kraft en la sucursal de Escazú. Se escogió este proceso porque se trata de un insumo crítico para el empaque del producto final y porque su desabastecimiento tiene efectos inmediatos sobre la continuidad del servicio.

Además, la evidencia inicial mostró recurrencia de compras urgentes, dependencia de un proveedor principal y ausencia de parámetros formales de reposición, condiciones suficientes para justificar su análisis como proceso prioritario.

4.2 Descripción del proceso actual

El proceso iniciaba con una revisión semanal del inventario disponible, realizada de manera visual por el responsable administrativo. A partir de esa observación se estimaba, con base en experiencia, si era necesario emitir un pedido al proveedor principal.

Cuando la demanda del período excedía la expectativa del encargado o cuando el pedido se realizaba tardíamente, la empresa quedaba expuesta a faltantes antes de recibir el siguiente

abastecimiento. En ese escenario se recurría a un proveedor alternativo que vendía al detalle y a un costo superior.

El proceso, por tanto, combinaba una ruta normal de abastecimiento con una ruta reactiva de compra urgente. Esa doble dinámica evidenció que la operación no estaba gobernada por un criterio cuantitativo único, sino por decisiones correctivas tomadas una vez que el riesgo ya se había materializado.

4.3 Representación gráfica del proceso

4.3.1 Símbolos básicos del diagrama de flujo

Previo al diagrama del proceso, se presentan los símbolos básicos utilizados, con el fin de estandarizar la lectura de la secuencia operativa.

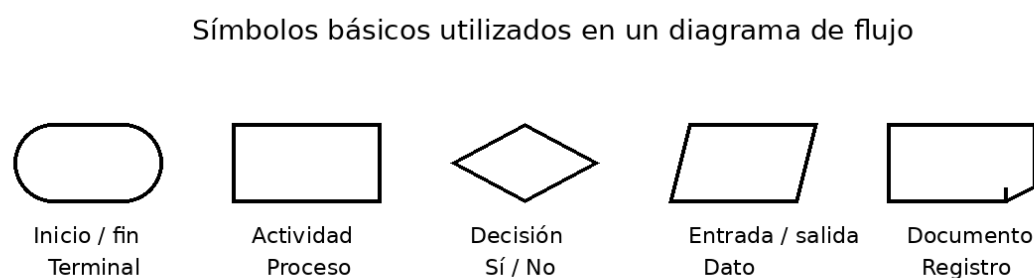


Figura 4. Símbolos básicos utilizados en el diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Diagrama del proceso

El siguiente diagrama representa la secuencia actual del proceso de revisión, compra y reposición de bolsas de papel tipo Kraft en la sucursal de Escazú. El flujo muestra tanto la ruta

normal de abastecimiento mediante el proveedor oficial como la ruta de contingencia utilizada cuando el inventario disponible no cubre el consumo esperado durante el tiempo de entrega.

Diagrama simplificado del proceso actual de compra y control de bolsas

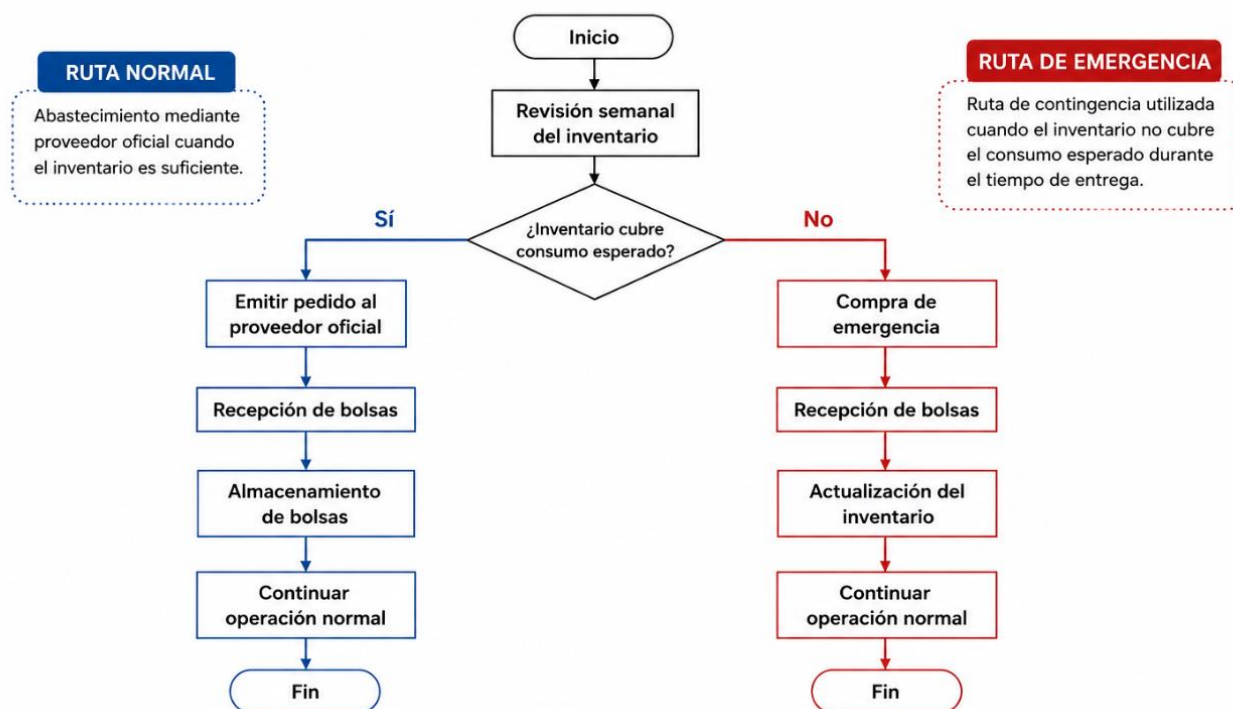


Figura 5. Diagrama simplificado del proceso actual de compra y control de bolsas.
Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Diagrama SIPOC

El SIPOC permitió delimitar el alcance del proceso e identificar, en forma sintética, a los proveedores, entradas, actividades principales, salidas y clientes del sistema actual.

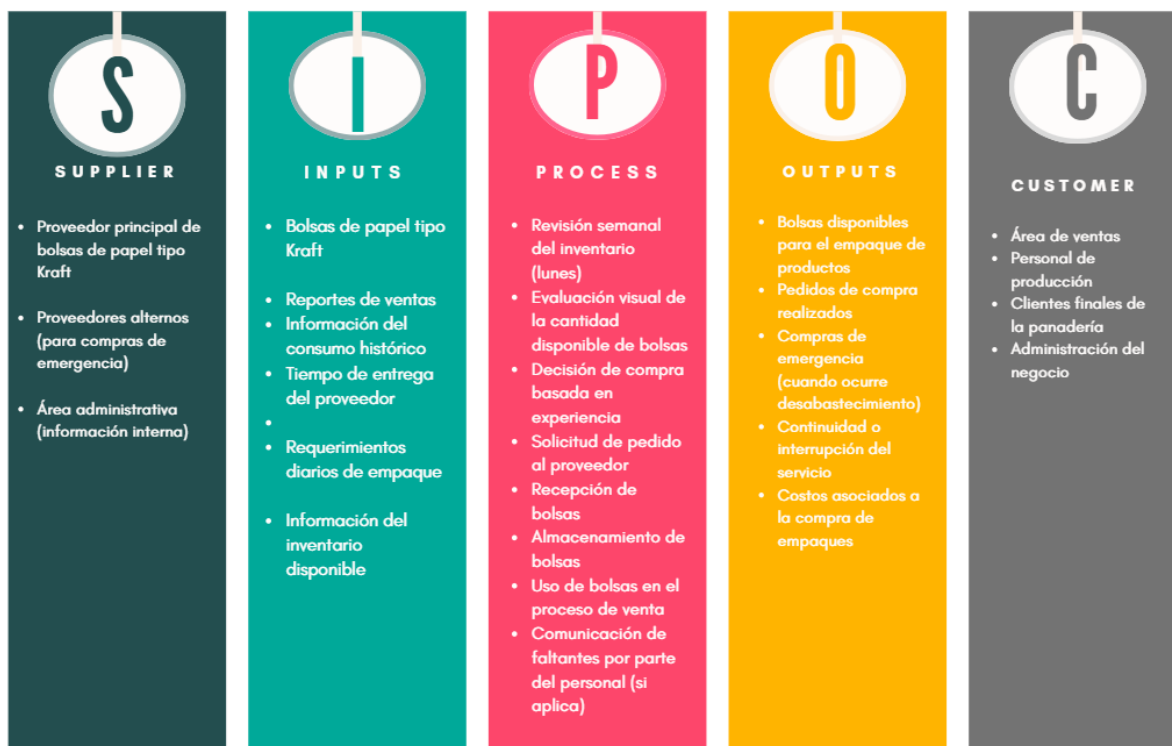


Figura 6. Diagrama SIPOC del proceso de compra y control de bolsas de papel.

Fuente: Elaboración propia.

4.4 Medición y caracterización del proceso

4.4.1 Variables e indicadores de línea base

La línea base se construyó con variables que expresan el comportamiento actual del proceso y permiten medir el problema sin confundirlo con sus causas.

Variable o indicador	Valor observado	Interpretación
Consumo semanal de bolsas	500 a 1.000 unidades	La demanda presenta variación suficiente para requerir un parámetro formal de reposición.
Consumo quincenal aproximado	1.000 a 2.000 unidades	La reposición debe anticiparse para evitar faltantes entre pedidos.
Tiempo de entrega del proveedor oficial	4 a 5 días	Un retraso o un pedido tardío incrementa el riesgo de ruptura de stock.
Frecuencia de compras de emergencia	Aproximadamente cada 15 días	El sistema actual opera de forma reactiva.
Costo por compra urgente	¢54.000 a ¢240.000 por evento	El problema genera un sobre costo económico significativo.

Tabla 4.1. Variables e indicadores de línea base del proceso actual.

Nota. Elaboración propia con base en registros y caracterización del problema

Semana	Consumo estimado (bolsas)	Compras de emergencia
1	820	Sí
2	760	No
3	910	Sí
4	700	No
5	860	Sí
6	780	No
7	940	Sí
8	690	No
9	870	Sí
10	730	No
11	960	Sí
12	810	No

Tabla 4.2. Síntesis histórica del consumo semanal analizado.

Nota. Elaboración propia con base en los registros disponibles del período analizado.

La síntesis histórica evidencia que el consumo semanal presentó fluctuaciones relevantes a lo largo del período analizado. Asimismo, se observa que las compras de emergencia tendieron a concentrarse en las semanas de mayor consumo, lo que sugiere que el sistema actual no posee suficiente capacidad de anticipación frente a incrementos en la demanda.

Con el propósito de visualizar de manera más clara el comportamiento del consumo y la relación con las compras urgentes, se presenta el siguiente gráfico.

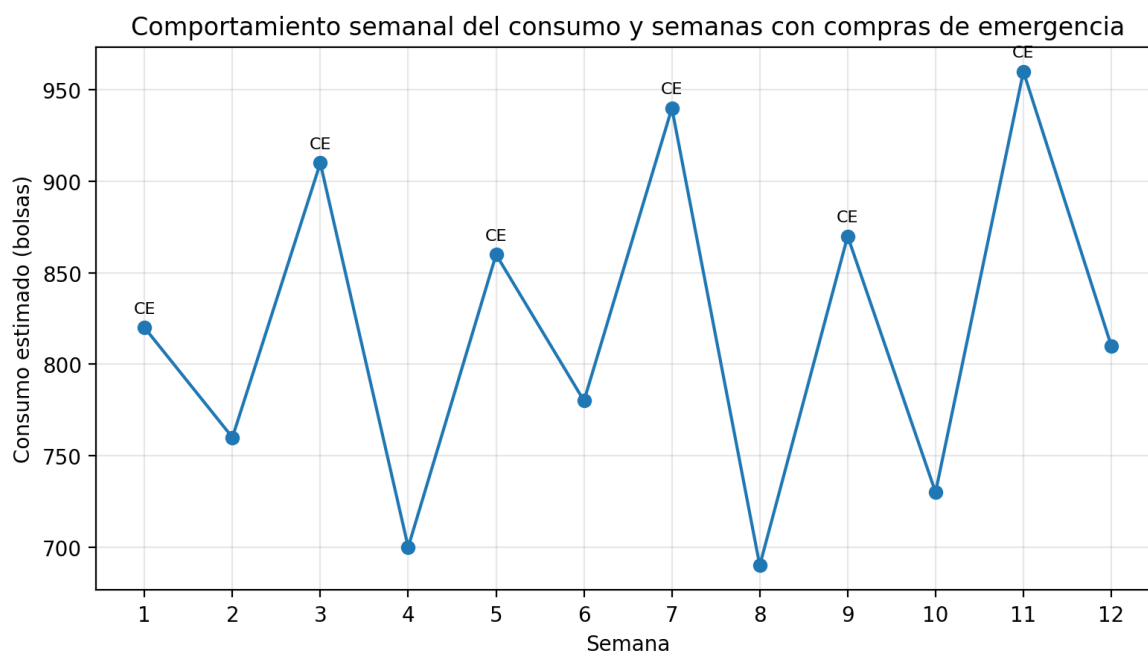


Figura 7. Comportamiento semanal del consumo y semanas con compras de emergencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis histórica del período.

La consolidación histórica evidencia que el consumo semanal se mantuvo dentro del rango descrito en el planteamiento del problema, pero con variabilidad suficiente para comprometer un sistema de reposición basado únicamente en observación. Además, en seis de las doce semanas analizadas se registró al menos un evento de compra urgente, lo que equivale al 50 % del período observado.

Indicador	Resultado	Implicación
Consumo promedio semanal	≈ 819 bolsas	Sirve como base para calcular reposición y stock de seguridad.
Consumo máximo observado	960 bolsas	Muestra la necesidad de cubrir picos de demanda.
Rango observado	690 a 960 bolsas	Existe variabilidad que no puede atenderse solo con revisión visual.
Semanas con compras urgentes	6 de 12 semanas	La contingencia representa aproximadamente el 50 % del período analizado.
Método actual de control	Revisión visual semanal	No existe punto de reorden ni criterio técnico de reposición.

Tabla 4.3. Estadísticos descriptivos del proceso actual.

Nota. Elaboración propia con base en la síntesis histórica del proceso.

4.4.2 Hallazgos cuantitativos y cualitativos del proceso

Los resultados cuantitativos confirman que el problema no corresponde a un evento aislado. La combinación de variabilidad semanal, lead time del proveedor y frecuencia de compras urgentes demuestra que el sistema actual carece de holgura operativa para absorber fluctuaciones de demanda.

Desde el plano cualitativo, la observación del proceso evidenció cuatro rasgos dominantes: inexistencia de un parámetro de reposición, control visual del inventario, dependencia de decisiones empíricas y vulnerabilidad frente al tiempo de entrega del proveedor.

Hallazgo	Evidencia diagnóstica
No existe parámetro formal de reposición	Las cantidades se deciden de forma empírica y no a partir de un punto de reorden.
El control actual es visual	La revisión semanal no se apoya en registros estructurados del inventario disponible.
El proceso es reactivo	Las compras de emergencia se presentan de forma recurrente y consumen tiempo administrativo.
Existe dependencia del proveedor y de su lead time	Un retraso de 4 a 5 días puede provocar faltantes si el pedido se gestiona tarde.

Tabla 4.4. Principales hallazgos cualitativos del diagnóstico.

Nota. Elaboración propia

4.5 Análisis de causas raíz

4.5.1 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa se utilizó para ordenar las causas potenciales del problema en categorías y evitar que el análisis se limitara a señalar al proveedor como único responsable. El efecto analizado fue el desabastecimiento recurrente de bolsas y la necesidad de compras de emergencia.

Como resultado, las categorías con mayor concentración de causas se ubicaron en método, información, personas, materiales y entorno. La lectura conjunta del diagrama muestra que el problema se origina principalmente en la ausencia de criterios técnicos de reposición y en el uso insuficiente de información histórica para anticipar necesidades de compra.

La construcción del diagrama de Ishikawa se realizó a partir de la observación del proceso, revisión de registros históricos y conversaciones informales con el personal administrativo encargado de las compras y control del inventario. La información recopilada permitió identificar factores recurrentes asociados al desabastecimiento y agruparlos en categorías de análisis.

Diagrama de Ishikawa (Espina de pescado) del proceso actual

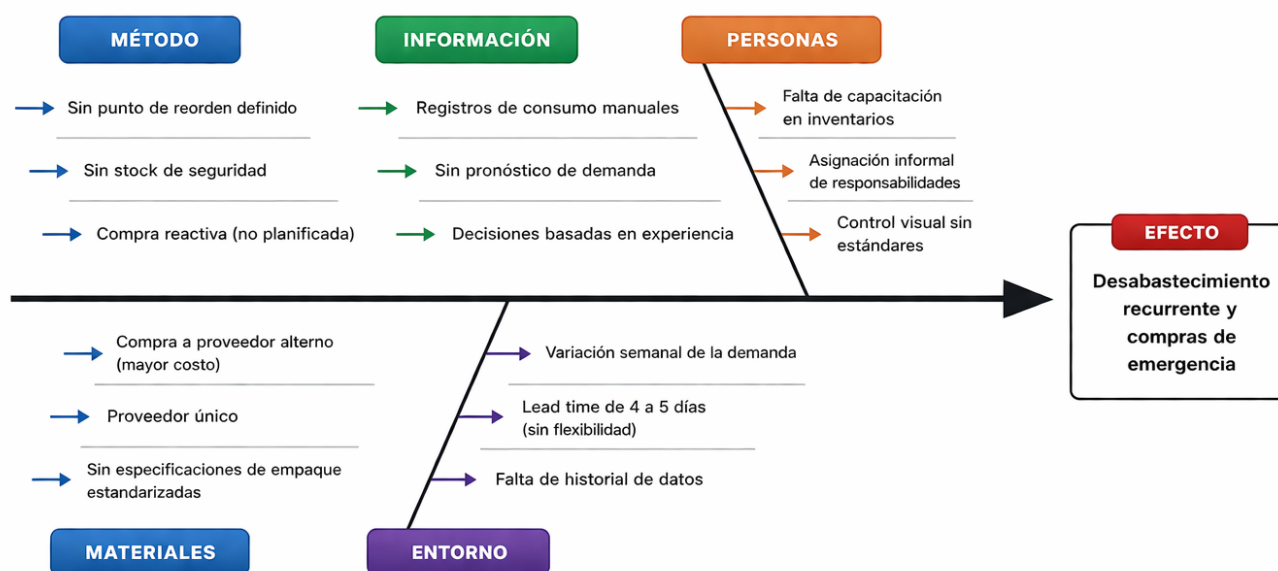


Figura 8. Diagrama de causa-efecto del proceso de gestión de inventario de bolsas.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se aplicó el análisis de Pareto para jerarquizar las causas observadas según su frecuencia relativa. Esta herramienta permitió identificar el grupo reducido de factores que concentra la mayor proporción del problema y, por tanto, orientar la priorización de mejoras.

Causa observada	Frecuencia	% acumulado
Ausencia de punto de reorden	12	30 %
Control visual del inventario	10	55 %
Uso limitado de registros históricos	8	75 %
Dependencia del lead time del proveedor	6	90 %
Variabilidad del consumo	4	100 %

Tabla 4.5. Frecuencia de causas observadas para el análisis de Pareto.

Nota. Elaboración propia

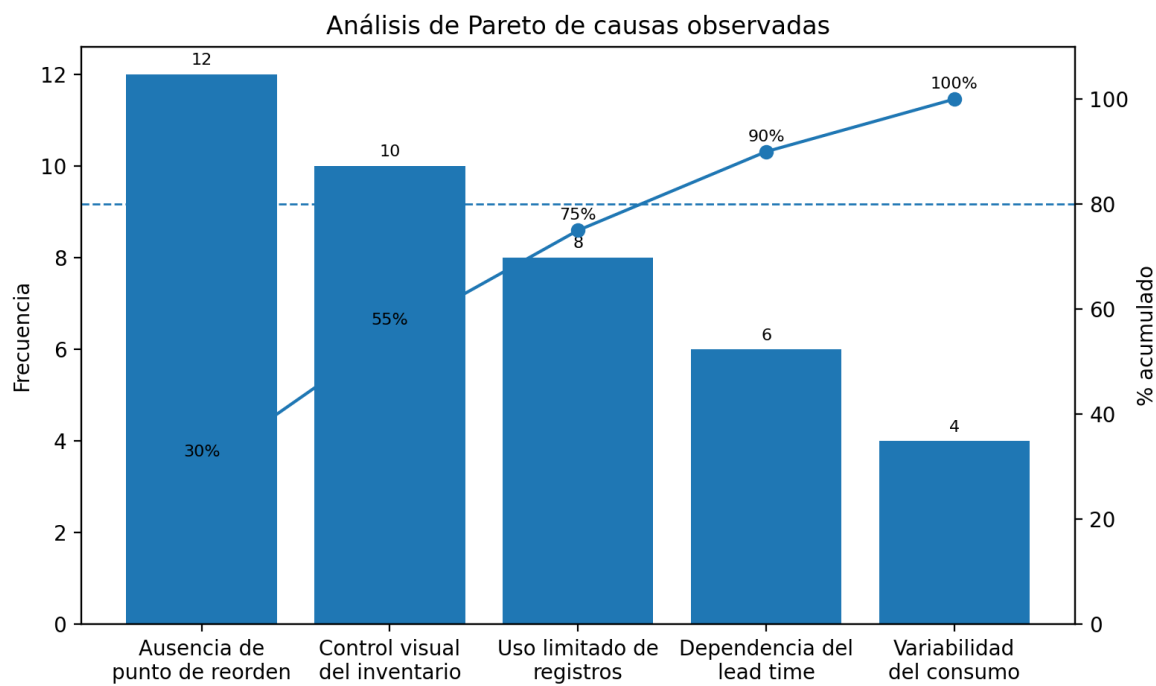


Figura 9. Gráfico de Pareto de las causas observadas en el proceso.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis evidencia que la ausencia de punto de reorden, el control visual del inventario y el uso limitado de registros históricos concentran el 75 % del efecto observado. En consecuencia, esas causas debían recibir la mayor prioridad al momento de estructurar la propuesta de mejora. Con el fin de profundizar en la causa dominante, se aplicó la técnica de los 5 porqués. Esta herramienta permitió descender desde la manifestación visible del problema hasta la condición estructural que lo sostiene.

Pregunta	Respuesta
¿Por qué ocurren compras de emergencia de bolsas?	Porque el inventario disponible no alcanza para cubrir el consumo esperado antes de recibir el siguiente pedido.
¿Por qué el inventario no alcanza?	Porque los pedidos se emiten cuando el nivel de existencias ya es bajo y no existe una señal cuantitativa de reposición.
¿Por qué no existe una señal cuantitativa de reposición?	Porque la empresa no ha definido un punto de reorden ni un inventario de seguridad para este insumo.
¿Por qué no se han definido estos parámetros?	Porque la información histórica de consumo no se analiza sistemáticamente para apoyar la decisión de compra.
¿Por qué no se analiza la información histórica?	Porque el control del inventario se realiza de manera visual y empírica, sin una herramienta formal de planificación.

Tabla 4.6. Aplicación de la técnica de los 5 porqués a la causa dominante.

Nota. Elaboración propia.

4.5.2 Priorización de causas raíz

La priorización final se realizó considerando tres criterios: recurrencia en el diagnóstico, impacto directo sobre el desabastecimiento y posibilidad de intervención dentro del alcance del

proyecto. Este procedimiento permitió distinguir causas accesorias de causas estructurales y justificar, con mayor solidez, la transición hacia las soluciones del Capítulo V.

En términos analíticos, la ausencia de un punto de reorden y de un inventario de seguridad constituye la causa raíz principal, porque explica la reacción tardía del sistema ante la demanda. De forma complementaria, el control visual del inventario y el uso limitado de registros históricos sostienen esa debilidad al impedir una lectura cuantitativa del proceso. Finalmente, la dependencia del lead time del proveedor agrava el efecto, aunque no representa por sí misma la causa estructural más importante.

Causa raíz	Recurrencia	Impacto	Prioridad
Ausencia de punto de reorden e inventario de seguridad	Alta	Alta	Muy alta
Control visual del inventario	Alta	Alta	Alta
Uso limitado de registros históricos	Media	Alta	Alta
Dependencia del lead time del proveedor	Media	Media	Media

Tabla 4.7. Matriz de priorización de causas raíz.

Nota. Elaboración propia.

4.6 Conclusiones de la situación actual

- El proceso actual opera de manera reactiva y carece de un criterio cuantitativo para definir cuándo y cuánto pedir.
- La línea base mostró variabilidad de consumo y una frecuencia de compras urgentes suficientemente alta como para confirmar la existencia del problema.

- El análisis causal evidenció que el proveedor no es la única explicación del desabastecimiento; la debilidad principal se ubica en la ausencia de parámetros técnicos de reposición.
- Las causas raíz priorizadas fueron: ausencia de punto de reorden e inventario de seguridad, control visual del inventario, uso limitado de registros históricos y vulnerabilidad ante el lead time del proveedor.
- Estas causas justifican que la solución no se limite a una sola acción aislada, sino a un conjunto articulado de mejoras directamente asociadas con cada causa priorizada.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El presente capítulo desarrolla la propuesta de mejora derivada del análisis de causas raíz. En coherencia con la Guía 02, la solución no se plantea como una acción aislada, sino como un conjunto articulado de mejoras directamente vinculadas con las causas priorizadas.

El capítulo se estructura en seis apartados: relación entre causas raíz y mejoras, diseño técnico del sistema, herramienta de apoyo, plan de implementación, evaluación económica y plan de seguimiento.

5.1 Mejoras propuestas y relación con las causas raíz

La tabla siguiente resume la asociación directa entre las causas raíz priorizadas y las mejoras propuestas.

Tabla 5.1. Relación entre causas raíz y mejoras propuestas.

Causa raíz priorizada	Mejora propuesta
Ausencia de punto de reorden e inventario de seguridad	Diseño de un sistema de inventario de seguridad con cálculo de stock de seguridad y punto de reorden.
Control visual del inventario	Implementación de una herramienta en Excel que muestre consumo, inventario disponible y señal de reposición.
Uso limitado de registros históricos	Aplicación de un método sencillo de pronóstico basado en consumo histórico para apoyar la decisión de compra.
Vulnerabilidad ante el tiempo de entrega del proveedor	Definición de reposición anticipada y revisión periódica del lead time como variable de control.

Nota. Elaboración propia.

5.2 Diseño técnico del sistema propuesto

A partir del diagnóstico realizado, se plantean cuatro mejoras complementarias orientadas a atender las principales debilidades identificadas en el sistema actual de gestión de inventario de bolsas.

5.2.1 Mejora 1: Sistema de inventario de seguridad

La principal mejora propuesta consiste en el establecimiento de un sistema de inventario de seguridad basado en parámetros cuantitativos de consumo histórico. El objetivo es determinar un nivel mínimo de inventario que permita absorber variaciones en la demanda y reducir la probabilidad de desabastecimiento durante el tiempo de entrega del proveedor.

Para el diseño del sistema se utilizó la información histórica recopilada durante la fase de medición, específicamente los registros de consumo de bolsas de papel tipo Kraft obtenidos durante doce semanas consecutivas.

El procedimiento contempla cuatro etapas:

1. Determinación del consumo promedio histórico.
2. Estimación de la demanda diaria promedio.
3. Cálculo del stock de seguridad.
4. Determinación del punto de reorden.

El sistema fue incorporado dentro de una herramienta desarrollada en Microsoft Excel con el propósito de automatizar los cálculos y facilitar la toma de decisiones por parte del personal administrativo.

5.2.1.1 Parámetros de cálculo

Los parámetros utilizados por la herramienta se obtienen a partir de los registros históricos de consumo recopilados durante la etapa de diagnóstico. Estos registros permiten estimar el consumo futuro y establecer criterios objetivos para la reposición del inventario.

La herramienta calcula inicialmente un pronóstico mensual mediante el promedio de los consumos históricos registrados para cada tipo de bolsa.

$$\text{Pronóstico mensual} = (\text{Consumo mes 1} + \text{Consumo mes 2} + \text{Consumo mes 3}) \div 3$$

Como ejemplo, para la bolsa pequeña:

$$\text{Pronóstico mensual} = (465 + 286 + 342) \div 3$$

$$\text{Pronóstico mensual} = 364,33 \text{ bolsas}$$

Posteriormente, se calcula la demanda diaria promedio mediante la siguiente expresión:

$$\text{Demanda diaria} = \text{Pronóstico mensual} \div 30$$

$$\text{Demanda diaria} = 364,33 \div 30$$

$$\text{Demanda diaria} = 12,14 \text{ bolsas por día}$$

Una vez determinada la demanda diaria, se establece un inventario de seguridad equivalente al 25 % del pronóstico mensual.

$$\text{Stock de seguridad} = \text{Pronóstico mensual} \times 25 \%$$

$$\text{Stock de seguridad} = 364,33 \times 0,25$$

$$\text{Stock de seguridad} = 91,08 \text{ bolsas}$$

Finalmente, se calcula el punto de reorden considerando la demanda diaria promedio, el tiempo de entrega del proveedor y el inventario de seguridad.

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Lead Time}) + \text{Stock de seguridad}$$

Donde:

Lead Time = tiempo promedio de entrega del proveedor (5 días).

Stock de seguridad = inventario de protección.

Demanda diaria = consumo promedio esperado.

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$\text{Punto de reorden} = (12,14 \times 5) + 91,08$$

$$\text{Punto de reorden} = 151,81 \text{ bolsas}$$

Por lo tanto, cuando el inventario disponible alcance aproximadamente las 152 bolsas, deberá emitirse una nueva orden de compra para minimizar el riesgo de desabastecimiento durante el período de reposición.

Los cálculos anteriores fueron incorporados dentro de la herramienta desarrollada en Microsoft Excel con el propósito de automatizar el proceso y facilitar la toma de decisiones por parte del personal administrativo.

5.2.2 Mejora 2: Herramienta en Excel

Con el propósito de facilitar la aplicación práctica del sistema de inventario propuesto, se desarrolló una herramienta automatizada en Microsoft Excel.

La herramienta permite registrar los consumos históricos de cada tipo de bolsa, calcular automáticamente el pronóstico mensual, la demanda diaria, el stock de seguridad y el punto de reorden.

Adicionalmente, incorpora un campo para ingresar el inventario disponible y genera una recomendación automática de compra cuando el inventario se encuentra por debajo del punto de reorden establecido.

La utilización de esta herramienta elimina la dependencia exclusiva de la observación visual y proporciona un criterio uniforme para la toma de decisiones.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tipo de bolsa	Pronóstico mensual	Demanda diaria	Lead time (días)	Stock de seguridad	Punto de reposición	Inventario actual	¿Comprar?
2	Bolsa chica	4575.333333	152.5111111	5	1143.833333	1906.388889	0	Sí
3	Bolsa mediana	645.6666667	21.52222222	5	161.4166667	269.0277778	1	Sí
4	Bolsa grande	464.3333333	15.47777778	5	116.0833333	193.4722222	35	Sí
5								

Figura 10. Herramienta propuesta para el control del inventario de bolsas en Microsoft Excel.

Nota. Elaboración propia.

La Figura 10 muestra la estructura general de la herramienta desarrollada. El usuario únicamente debe ingresar la información histórica de consumo y el inventario disponible. A partir de esos datos, la hoja calcula automáticamente los parámetros de control y genera una recomendación de compra.

El diseño busca facilitar la adopción del sistema sin requerir software especializado ni conocimientos avanzados de gestión de inventarios.

La herramienta desarrollada permite registrar el consumo histórico mensual de cada tipo de bolsa. A partir de esta información se calcula automáticamente el pronóstico mensual, demanda diaria, stock de seguridad y punto de reposición. Asimismo, el usuario puede ingresar el inventario disponible y la hoja genera una recomendación automática de compra cuando el inventario se encuentra por debajo del punto de reorden establecido.

5.2.3 Mejora 3: Pronóstico de demanda

Como complemento del sistema de inventario de seguridad, se incorporó un método sencillo de pronóstico basado en consumo histórico.

El método utiliza los registros mensuales de consumo de cada tipo de bolsa para estimar la demanda futura esperada.

Debido a las características operativas de la organización y a la disponibilidad limitada de información histórica, se seleccionó un enfoque simple basado en promedio histórico, suficiente para apoyar las decisiones de reposición.

Este pronóstico constituye la base para el cálculo de la demanda diaria y del punto de reorden.

5.3 Herramienta en Excel para la planificación de pedidos

La herramienta desarrollada se estructuró en dos hojas principales.

La primera hoja corresponde al registro histórico de consumo, donde se ingresan las cantidades utilizadas de cada tipo de bolsa durante los períodos analizados.

La segunda hoja corresponde al módulo de planificación y control del inventario. En ella se generan automáticamente los cálculos de:

- Pronóstico mensual.
- Demanda diaria.
- Stock de seguridad.
- Punto de reorden.
- Recomendación de compra.

La automatización de estos cálculos permite estandarizar el proceso de reposición y disminuir la dependencia de criterios subjetivos.

Adicionalmente, se propone elaborar un instructivo de uso para asegurar que futuras actualizaciones de la herramienta se realicen de forma consistente por parte del personal administrativo.

Tabla 5.3. Consolidación de las mejoras propuestas.

Mejora	Actividades principales	Responsable	Tiempo
Sistema de inventario de seguridad	Determinación del consumo promedio, cálculo del inventario de seguridad y establecimiento del punto de reposición	Administración	1 Semana
Herramienta en Excel	Desarrollo de herramienta automatizada para cálculo de pronósticos, inventario de seguridad y alertas de reposición	Compras	1 Semana
Pronóstico de demanda	Estimación del consumo futuro mediante análisis de datos históricos de consumo	Administración	1 Semana
Reposición anticipada	Definición de criterios de compra basados en punto de reposición y tiempo de entrega del proveedor	Compras	1 Semana

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 5.3 resume las principales mejoras incorporadas dentro de la propuesta de diseño. Estas acciones fueron definidas a partir de las causas raíz identificadas en el capítulo anterior y buscan fortalecer el control del inventario mediante criterios cuantitativos de reposición, utilización de información histórica y automatización de los cálculos requeridos para la toma de decisiones de compra.

5.4 Plan de implementación de la propuesta

La implementación propuesta contempla la capacitación del responsable administrativo, la carga inicial de información histórica, la validación de los parámetros de inventario y el inicio de la utilización periódica de la herramienta.

Debido a que el proyecto corresponde a una propuesta de diseño, la implementación completa queda planteada como una actividad futura de la organización.

Tabla 5.4. Plan general de implementación del sistema propuesto.

Etapas	Acción principal	Responsable	Horizonte
1. Preparación	Revisión y depuración de los registros históricos de consumo. Organización de la información en formato estructurado. Definición de parámetros iniciales del sistema, incluyendo demanda promedio, tiempo de entrega del proveedor y nivel de inventario de seguridad. Configuración inicial de la herramienta en Excel con base en estos parámetros.	Estudiante / Administración	Semana 1
2. Capacitación	Explicación del funcionamiento del sistema propuesto, incluyendo el concepto de punto de reorden y su aplicación práctica. Capacitación en el uso de la herramienta en Excel. Ejecución de pruebas con datos reales para validar la comprensión del proceso.	Estudiante	Semana 1
3. Puesta en marcha	Aplicación del sistema en decisiones reales de compra. Registro continuo del consumo de bolsas. Uso del punto de reorden como señal formal para la reposición. Emisión de pedidos bajo el nuevo esquema de planificación.	Encargado de compras	Semanas 2-4
4. Ajuste inicial	Comparación entre el consumo real y el estimado en el sistema. Identificación de desviaciones relevantes. Ajuste del nivel de inventario de	Administración	Mes 2

Etapa	Acción principal	Responsable	Horizonte
5. Control rutinario	seguridad cuando sea necesario. Validación del tiempo real de entrega del proveedor y actualización de este parámetro en la herramienta. Actualización periódica de los datos de consumo en la herramienta. Monitoreo de indicadores clave como frecuencia de compras urgentes y nivel de servicio. Verificación del cumplimiento del punto de reorden en la operación diaria. Registro de incidencias para análisis y mejora continua.	Administración / Compras	Mensual

Nota. Elaboración propia.

5.5 Estimación económica basada en escenarios teóricos

Debido a que la propuesta corresponde al diseño de un sistema y no a una implementación completa en ambiente operativo, los beneficios económicos presentados corresponden a escenarios teóricos contruidos a partir de la frecuencia observada de compras urgentes y de los rangos de costos reportados por la organización. Por esta razón, los resultados deben interpretarse como una estimación preliminar del impacto potencial de la propuesta y no como beneficios efectivamente obtenidos mediante una implementación real.

Debido a que el proyecto se desarrolló a nivel de diseño y no incluyó una implementación completa en ambiente operativo, la evaluación económica se presenta como una estimación teórica basada en escenarios proyectados.

Los valores se calcularon utilizando la frecuencia histórica de compras urgentes, los rangos de costo identificados durante el diagnóstico y supuestos conservadores de reducción del problema bajo un esquema de reposición más estructurado.

Se estima el siguiente tiempo de trabajo para el desarrollo inicial de la propuesta:

- Diseño del sistema: 8 horas
- Capacitación: 4 horas
- Ajustes iniciales: 4 horas

Tabla 5.5. Estimación preliminar del beneficio económico esperado.

Escenario	Supuesto	Ahorro anual estimado
Conservador	Reducción del 25 % de compras urgentes	¢328.500 a ¢1.460.000
Intermedio	Reducción del 50 % de compras urgentes	¢657.000 a ¢2.920.000
Optimista	Reducción del 75 % de compras urgentes	¢985.500 a ¢4.380.000

Nota. Elaboración propia con base en los rangos de costos reportados para compras urgentes.

Tomando como referencia el escenario conservador, donde el ahorro anual proyectado inicia en ¢328.500 y el costo estimado de implementación corresponde a ¢80.000, la relación beneficio-coste aproximada sería:

$$\text{Relación B/C} = \text{¢}328.500 / \text{¢}80.000 \approx 4,1$$

Esto significa que, por cada colón invertido en la implementación del sistema, el beneficio proyectado podría superar cuatro veces el costo inicial estimado.

Debido a que la propuesta no fue implementada durante el período de estudio, estos resultados deben interpretarse como una estimación teórica utilizada para valorar la viabilidad económica del diseño.

Tabla 5.6. Relación beneficio-coste de la propuesta.

Concepto	Valor
Costo estimado de implementación	¢80.000
Beneficio anual conservador estimado	¢328.500

Concepto	Valor
Relación beneficio-costo	4,11

Nota. Elaboración propia con base en la estimación económica preliminar.

Tomando como referencia el escenario conservador, la relación beneficio-costo se calcula de la siguiente manera:

Relación B/C = Beneficio anual conservador / Costo estimado de implementación

Relación B/C = ₡328.500 / ₡80.000

Relación B/C = 4,11

Esto significa que, por cada colón invertido en la implementación del sistema, se podrían obtener aproximadamente ₡4,11 en beneficios potenciales.

5.6 Plan de seguimiento y verificación

Con el propósito de asegurar la sostenibilidad del sistema propuesto, se definieron indicadores de seguimiento que permitan monitorear periódicamente el desempeño del inventario y verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos.

Asimismo, se propone una revisión mensual de los registros de consumo para actualizar los pronósticos y recalculare el punto de reorden cuando existan cambios significativos en la demanda o en el tiempo de entrega del proveedor.

Tabla 5.7. Indicadores de seguimiento del sistema propuesto.

Indicador	Fórmula o criterio	Frecuencia	Responsable
Compras de emergencia	Número de compras urgentes realizadas	Mensual	Encargado de compras
Nivel de cumplimiento del inventario de seguridad	Comparación entre inventario disponible y nivel definido	Semanal	Administración
Frecuencia de desabastecimiento	Número de eventos de faltante registrados	Mensual	Administración
Actualización de registros	Verificación del registro periódico de consumo	Semanal	Encargado de compras

Nota. Elaboración propia.

Como complemento del plan de seguimiento, se propone el cronograma de implementación mostrado en la Figura 11, el cual resume las actividades necesarias para la adopción gradual del sistema.

Figura 11. Cronograma general de implementación de la propuesta

Actividad	Semanas								Responsable
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Preparación del sistema	■	■							Área administrativa
2. Capacitación del personal		■	■						Área administrativa
3. Puesta en marcha del sistema			■	■	■	■			Área administrativa / Encargado de compras
4. Ajuste y validación inicial						■	■		Área administrativa
5. Seguimiento y control rutinario						■	■	■	Área administrativa / Encargado de compras

■ Preparación ■ Capacitación ■ Puesta en marcha ■ Ajuste inicial ■ Control rutinario

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El análisis evidenció que la gestión del inventario de bolsas de papel tipo Kraft se desarrollaba de manera empírica, sin parámetros formales de reposición, lo que favorecía compras de emergencia, sobrecostos y riesgo de desabastecimiento.
- La línea base cuantitativa confirmó que el problema era recurrente: la mitad del período observado presentó eventos urgentes y el consumo mostró variabilidad suficiente para justificar un inventario de seguridad.
- Las causas raíz priorizadas fueron la ausencia de punto de reorden e inventario de seguridad, el control visual del inventario, el uso limitado de registros históricos y la vulnerabilidad frente al lead time del proveedor.
- La estructura metodológica basada en DMADV resultó pertinente porque el caso no requería únicamente mejorar un sistema existente, sino diseñar uno nuevo y verificable para una práctica que aún no estaba formalizada.
- La propuesta desarrollada en el Capítulo V articula varias mejoras complementarias — parámetros de reposición, herramienta en Excel, rutina de actualización y seguimiento con indicadores— y no una acción aislada.
- Desde la perspectiva económica, el sistema propuesto presenta potencial para reducir de forma significativa el costo anual asociado a compras urgentes y para mejorar la continuidad operativa del área de empaque.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar el sistema de inventario de seguridad propuesto, adoptando el punto de reorden como criterio formal para la emisión de pedidos, con el fin de sustituir la gestión empírica por una práctica basada en datos.
- Asimismo, se recomienda capacitar al personal responsable en el uso de la herramienta en Excel y en la interpretación de los indicadores de seguimiento, con el propósito de asegurar una correcta aplicación del sistema en la operación diaria.
- Finalmente, se recomienda establecer una rutina periódica de actualización de los datos de consumo y revisión del tiempo de entrega del proveedor, de manera que los parámetros del sistema se mantengan alineados con la realidad operativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chopra, S. (2025). Supply chain management: Strategy, planning, and operation (8th ed.).

Pearson.

Dinata, M. C., et al. (2024). Materials inventory optimization using various forecasting techniques and purchasing quantity in packaging industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*.

Douaioui, K., Oucheikh, R., Benmoussa, O., & Mabrouki, C. (2024). Machine learning and deep learning models for demand forecasting in supply chain management: A critical review. *Applied System Innovation*, 7(5), 93.

Gärtner, T., Lippert, C., & Konigorski, S. (2024). Automated demand forecasting in small to medium-sized enterprises. *arXiv*.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). Operations management: Sustainability and supply chain management (14th ed.). Pearson.

Kadir, A. M. Y., Amar, K., & Asmal, S. (2024). A design of procurement managing tool based on the Lean Six Sigma-DMADV: A case study of an Indonesian fishery company. *Quality - Access to Success*, 25(199).

Liu, Y., et al. (2025). A machine learning approach to inventory stockout prediction. *Journal of Digital Economy*.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2024). The Six Sigma handbook: A complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels (6th ed.). McGraw-Hill.

Savvopoulou, A. (2024). Inventory management: Application at a packaging company [Master's thesis]. Aristotle University of Thessaloniki.

Tadayonrad, Y., et al. (2023). A new key performance indicator model for demand forecasting in inventory management considering supply chain reliability and seasonality. *Procedia Computer Science*.

Tu, Q., Zhang, H., Li, W., Duan, J., & Kong, C. (2025). Demand forecasting and inventory optimization of distribution equipment: A fusion model based on genetic algorithm and machine learning. *Scientific Reports*.

Universidad Hispanoamericana. (2024). Guía 02: Presentación de proyectos de graduación. Escuela de Ingeniería Industrial.

ANEXOS

Anexo 1. Registros históricos de consumo utilizados para el diseño del sistema propuesto.

Contiene las tablas de consumo histórico registradas para los tres períodos analizados y utilizadas como base para la elaboración del pronóstico de demanda.

Anexo 2. Herramienta desarrollada en Microsoft Excel.

Presenta las capturas de pantalla de las hojas de cálculo diseñadas para el registro de consumos históricos, generación del pronóstico de demanda y control del punto de reposición.

Anexo 3. Manual de uso de la herramienta de control de inventario.

Contiene las instrucciones para el registro de información, actualización de datos históricos, interpretación de resultados y utilización de las alertas de compra generadas por la herramienta.

ANEXO 1 Registros históricos de consumo utilizados para el diseño del sistema propuesto

Figura A1. Registro histórico de ventas utilizado para la estimación del consumo de bolsas de papel.

A	B	C	D	E	F	G
Mes	Categoría	Producto	Precio unitario	Bolsa de papel	Unidades vendidas	Ingreso total
Mayo	☞ Panes salados	Baguette	800	Bolsa de papel media	224	179200
Mayo	☞ Panes salados	Baguette con queso, ajonjolí y orégano	850	Bolsa de papel media	258	219300
Mayo	☞ Panes salados	Manita	500	Bolsa de papel media	174	87000
Mayo	☞ Panes salados	Manita con queso	525	Bolsa de papel media	219	114975
Mayo	☞ Panes salados	Cuadrado integral	1700	Bolsa de papel media	195	331500
Mayo	☞ Panes salados	Cuadrado salado	1700	Bolsa de papel media	209	355300
Mayo	☞ Panes salados	Trenza de queso	1700	Bolsa de papel media	156	265200
Mayo	☞ Panes salados	Bollito salado	400	Bolsa de papel media	234	93600
Mayo	☞ Panes salados	Bonete salado	400	Bolsa de papel media	214	85600
Mayo	☞ Panes salados	Bonete integral	425	Bolsa de papel media	177	75225
Mayo	☞ Panes salados	Bollito integral	425	Bolsa de papel media	227	96475
Mayo	☞ Panes salados	Aliñado	1700	Bolsa de papel media	178	302600
Mayo	☞ Panes salados	Pan italiano	675	Bolsa de papel media	186	125550
Mayo	☞ Panes salados	Manita natillera	950	Bolsa de papel media	212	201400
Mayo	☞ Panes salados	Natillero grande	2500	Bolsa de papel media	238	595000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Pollo		1900	Bolsa de papel media	230	437000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Carne		1900	Bolsa de papel media	157	298300
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Jamón y queso		1900	Bolsa de papel media	172	326800
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Pizza		1900	Bolsa de papel media	186	353400
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Queso crema		1900	Bolsa de papel media	139	264100
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Dulce de leche		1900	Bolsa de papel media	162	307800
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Queso crema con piña		1900	Bolsa de papel media	154	292600
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Higos		1900	Bolsa de papel media	150	285000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Dulce de leche con crema pastelera		1900	Bolsa de papel media	141	267900
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Queso crema con fresa		1900	Bolsa de papel media	186	353400
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Queso crema con guayaba		1900	Bolsa de papel media	228	433200
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Crema pastelera con higos		1900	Bolsa de papel media	198	376200
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Crema pastelera		1900	Bolsa de papel media	176	334400
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Canela		1900	Bolsa de papel media	154	292600
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Manzana		1900	Bolsa de papel media	190	361000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Dulce de leche con canela		1900	Bolsa de papel media	230	437000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Dulce de leche con coco		1900	Bolsa de papel media	171	324900
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Guayaba		1900	Bolsa de papel media	160	304000
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Piña		1900	Bolsa de papel media	211	400900
Mayo	☞ Trenzas rellenas (Saladas y Dulces Dulce sin relleno		1250	Bolsa de papel media	181	226250
Mayo	☞ Repostería dulce	Berlin	900	Bolsa de papel peque	174	156600
Mayo	☞ Repostería dulce	Donas	900	Bolsa de papel peque	146	131400
Mayo	☞ Repostería dulce	Arrollado de chocolate	1100	Bolsa de papel peque	128	140800
Mayo	☞ Repostería dulce	Arrollado de vainilla	1100	Bolsa de papel peque	175	192500
Mayo	☞ Repostería dulce	Queque seco porción	600	Bolsa de papel peque	179	107400
Mayo	☞ Repostería dulce	Prusianos	850	Bolsa de papel peque	158	134300
Mayo	☞ Repostería dulce	Pañuelo	850	Bolsa de papel peque	147	124950
Mayo	☞ Repostería dulce	Cachos	850	Bolsa de papel peque	134	113900
Mayo	☞ Repostería dulce	Arrollado de canela	850	Bolsa de papel peque	203	172550
Mayo	☞ Repostería dulce	Costillas	850	Bolsa de papel peque	199	169150
Mayo	☞ Repostería dulce	Pupusa	850	Bolsa de papel peque	207	175950
Mayo	☞ Repostería dulce	Cuñas rosadas	1050	Bolsa de papel peque	162	170100
Mayo	☞ Repostería dulce	Pie	850	Bolsa de papel peque	205	174250
Mayo	☞ Repostería dulce	Alfajores	850	Bolsa de papel peque	154	130900
Mayo	☞ Repostería dulce	Tamal de elote	750	Bolsa de papel peque	170	127500
Mayo	☞ Repostería dulce	Tamal maicena	750	Bolsa de papel peque	220	165000
Mayo	☞ Repostería dulce	Tamal asado	750	Bolsa de papel peque	168	126000
Mayo	☞ Repostería dulce	Budín	750	Bolsa de papel peque	149	111750
Mayo	☞ Repostería dulce	Orejas	850	Bolsa de papel peque	174	147900
Mayo	☞ Repostería dulce	Flautas	850	Bolsa de papel peque	129	109650
Mayo	☞ Repostería salada	Enchilada	850	Bolsa de papel peque	161	136850
Mayo	☞ Repostería salada	Empanada de pollo	850	Bolsa de papel peque	195	165750
Mayo	☞ Repostería salada	Pastel de carne	850	Bolsa de papel peque	163	138550
Mayo	☞ Repostería salada	Tortuga	950	Bolsa de papel peque	110	104500
Mayo	☞ Repostería salada	Arrollado con carne	950	Bolsa de papel peque	169	160550
Mayo	☞ Repostería salada	Arrollado con pollo	950	Bolsa de papel peque	137	130150
Mayo	☞ Repostería salada	Arrollado de jamón y queso	950	Bolsa de papel peque	178	169100
Mayo	☞ Repostería salada	Calzone	1000	Bolsa de papel peque	122	122000
Mayo	☞ Repostería salada	Cangrejo de queso	850	Bolsa de papel peque	154	130900
Mayo	☞ Repostería salada	Tres quesos	950	Bolsa de papel peque	112	106400
Mayo	☞ Repostería salada	Pan de cebolla	950	Bolsa de papel peque	157	149150
Mayo	☞ Repostería salada	Lazo de carne con jalapeño o papa	950	Bolsa de papel peque	200	190000
Mayo	☞ Repostería salada	Lazo pollo/queso	950	Bolsa de papel peque	156	148200
Mayo	☞ Repostería salada	Pizza	1000	Bolsa de papel peque	111	111000
Mayo	☞ Repostería salada	Panito especié	950	Bolsa de papel peque	143	135850

Nota. Elaboración propia con base en los registros de ventas suministrados por la organización.

ANEXO 2. Herramienta desarrollada en Microsoft Excel

Figura A3. Hoja de cálculo del pronóstico mensual.

	A	B	C	D	E	
1	Tipo de bolsa	Consumo Mes 1	Consumo Mes 2	Consumo Mes 3	Pronóstico mensual	
2	Bolsa chica	5606	3814	4306	4575.333333	
3	Bolsa mediana	186	1361	390	645.6666667	
4	Bolsa grande	162	584	647	464.3333333	
5						

Figura A4. Hoja de control de inventario y punto de reposición.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Tipo de bolsa	Pronóstico mensual	Demanda diaria	Lead time (días)	Stock de seguridad	Punto de reposición	Inventario actual	¿Comprar?	
2	Bolsa chica	4575.333333	152.5111111	5	1143.833333	1906.388889	0	Sí	
3	Bolsa mediana	645.6666667	21.52222222	5	161.4166667	269.0277778	1	Sí	
4	Bolsa grande	464.3333333	15.47777778	5	116.0833333	193.4722222	35	Sí	
5									
6									
7									
8									
9									
10									

ANEXO 3 Manual de uso de la herramienta de control de inventario de bolsas

Objetivo

Este instructivo tiene como finalidad explicar el funcionamiento de la herramienta desarrollada en Microsoft Excel para apoyar el control del inventario de bolsas de papel tipo Kraft. La herramienta permite registrar consumos históricos, estimar la demanda futura y generar recomendaciones de compra basadas en parámetros de inventario de seguridad y punto de reposición.

Estructura de la herramienta

La herramienta está compuesta por tres hojas de trabajo:

Hoja 1. Registro de consumo histórico

Permite ingresar las ventas o consumos históricos de cada tipo de bolsa.

Hoja 2. Pronóstico de demanda

Calcula automáticamente el consumo promedio esperado para cada tipo de bolsa utilizando los registros históricos ingresados.

Hoja 3. Control de inventario y reposición

Determina el inventario de seguridad, el punto de reposición y genera una recomendación automática de compra.

Hoja 1. Registro de consumo histórico

Propósito

Registrar la cantidad de bolsas utilizadas durante cada período.

Información requerida

El usuario debe completar los siguientes campos:

Campo	Descripción
Fecha	Día de la venta o consumo
Producto	Producto vendido
Tamaño	Tipo de bolsa utilizada
Unidades vendidas	Cantidad utilizada

Procedimiento

1. Abrir la hoja "Registro de consumo histórico".
2. Ingresar diariamente las ventas registradas.
3. Verificar que el tamaño de bolsa corresponda al utilizado.
4. Guardar los cambios realizados.

Ejemplo

Ventas mes 1			
fecha	Producto	Tamaño	Unidades vendidas
18-Jan	Pan	Pequeño	19
19-Jan	Pan	Pequeño	19
20-Jan	Pan	Pequeño	22
21-Jan	Pan	Pequeño	22
22-Jan	Pan	Pequeño	12
23-Jan	Pan	Pequeño	8
24-Jan	Pan	Pequeño	7
25-Jan	Pan	Pequeño	9

Hoja 2. Pronóstico de demanda

Propósito

Calcular automáticamente el consumo promedio esperado para cada tipo de bolsa.

Funcionamiento

La herramienta toma los consumos registrados durante los tres períodos históricos y calcula el promedio mensual para cada tipo de bolsa.

Fórmula utilizada

Pronóstico mensual = (Consumo Mes 1 + Consumo Mes 2 + Consumo Mes 3) ÷ 3

Ejemplo

Consumo historico mes 1	Consumo historico mes 2	Consumo historico mes 3
Bolsa Chica 413	Bolsa Chica 226	Bolsa Chica 381
Bolsa mediana 14	Bolsa mediana 91	Bolsa mediana 10
Bolsa grande 9	Bolsa grande 46	Bolsa grande 83

Interpretación

El valor calculado representa la cantidad promedio esperada de bolsas que podrían consumirse durante el siguiente período.

Hoja 3. Control de inventario y reposición

Propósito

Determinar cuándo debe realizarse una compra de bolsas.

Información mostrada

Campo	Descripción
Pronóstico mensual	Consumo esperado
Demanda diaria	Consumo promedio diario
Lead Time	Tiempo de entrega del proveedor
Stock de seguridad	Inventario de protección
Punto de reposición	Nivel mínimo para emitir una compra
Inventario actual	Existencias disponibles
¿Comprar?	Recomendación automática

Cálculos utilizados

Demanda diaria

$$\text{Demanda diaria} = \text{Pronóstico mensual} \div 30$$

Stock de seguridad

$$\text{Stock de seguridad} = \text{Demanda diaria} \times \text{Lead Time} \times 1,5$$

Punto de reposición

$$\text{Punto de reposición} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Lead Time}) + \text{Stock de seguridad}$$

Interpretación de la recomendación de compra

Resultado: "SÍ"

Significa que el inventario actual es menor al punto de reposición calculado.

Acción recomendada:

- Realizar una orden de compra al proveedor.

Resultado: "NO"

Significa que el inventario disponible es suficiente para continuar operando.

Acción recomendada:

- Mantener seguimiento normal del inventario.

Ejemplo:

A	B	C	D	E	F	G	H
Tipo de bolsa	Pronóstico mensual	Demanda diaria	Lead time (días)	Stock de seguridad	Punto de reposición	Inventario actual	¿Comprar?
Bolsa chica	340	11.33333333	5	85	141.6666667	0	SÍ
Bolsa mediana	38.33333333	1.277777778	5	9.583333333	15.97222222	1	SÍ
Bolsa grande	46	1.533333333	5	11.5	19.16666667	35	NO

Responsables

Actividad	Responsable
Registro de consumos	Área administrativa
Actualización de inventario	Encargado de compras
Revisión de alertas	Área administrativa
Emisión de pedidos	Encargado de compras

Recomendaciones de uso

1. Actualizar los registros de consumo diariamente.

2. Revisar el inventario disponible al menos una vez por semana.
3. Mantener actualizado el lead time del proveedor.
4. Verificar la recomendación de compra antes de emitir una orden.
5. Conservar respaldo digital de la información histórica utilizada por la herramienta.