



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, MENCIÓN LOGÍSTICA Y CADENA DE
SUMINISTRO**

TEMA:

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS
EN UNA INDUSTRIA MOLINERA MEDIANTE METODOLOGÍAS LOGÍSTICAS
Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL.**

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Máster en Ingeniería Industrial
mención Logística y Cadena de Suministro.

Autor:

Nilo Israel Cabezas Oviedo

Tutor:

Ing. Israel Alejandro Pozo Espín Msc.

AMBATO – ECUADOR

2026

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Nilo Israel Cabezas Oviedo, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS EN UNA INDUSTRIA MOLINERA MEDIANTE METODOLOGÍAS LOGÍSTICAS Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL.”, como requisito para optar al postgrado de: Máster en Ingeniería Industrial, mención Logística y Cadena de Suministro, y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 22 días del mes de mayo de 2026, firmo conforme:

Autor: Nilo Israel Cabezas Oviedo

Firma:



Número de cédula: 0604241968

Dirección: Chimborazo, Riobamba, Lizarzaburu.

Correo Electrónico: nilosc93@gmail.com

Teléfono: 0987339550

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación: “OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS EN UNA INDUSTRIA MOLINERA MEDIANTE METODOLOGÍAS LOGÍSTICAS Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL” presentado por Nilo Israel Cabezas Oviedo, para optar por el Título en: Máster en Ingeniería Industrial, mención Logística y Cadena de Suministro.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte de los lectores que se designe.

Ambato, 22 de mayo del 2026



Ing. Israel Alejandro Pozo Espín Msc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación como requerimiento previo para la obtención del Título de Máster en Ingeniería Industrial, mención Logística y Cadena de Suministro, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Riobamba, 22 de mayo del 2026



Nilo Israel Cabezas Oviedo

0604241968

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS EN UNA INDUSTRIA MOLINERA MEDIANTE METODOLOGÍAS LOGÍSTICAS Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL” previo a la obtención del Título de Máster en Ingeniería Industrial, mención Logística y Cadena de Suministro, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 22 de mayo de 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARCELA ALEXANDRA
CACERES MIRANDA**

.....
Cáceres Miranda Marcela Alexandra

Examinadora 1

BLANCA	Firmado
LILIANA	digitalmente por
TOPON	BLANCA LILIANA
VISARREA	TOPON VISARREA
	Fecha: 2026.06.06
	11:59:59 -05'00'

.....
Topón Visarrea Blanca Liliana

Examinadora 2

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia: mi padre Nilo, mi madre Myrian que son el pilar indispensable en mi vida, gracias a ustedes tengo la motivación para lograr lo que me proponga. A mis hermanas: Nataly y Angélica por ser mi admiración, inspiración y orgullo, siempre están en mi mente. A Pepito, por su compañía en el hogar.

Dedico este esfuerzo también a Cristina Lafebre por su apoyo tan importante e incondicional en esta meta cumplida.

Con cariño, Nilo.

AGRADECIMIENTO

Agradecer al todo poderoso, Dios, por darme vida en todos estos años de estudio. A la Universidad Indoamérica por ser el alma mater, que me permite alcanzar mis metas. A mi tutor de tesis por el acompañamiento y orientación experta que me ha brindado.

Agradezco a la Ing. Diana Campoverde de la ESPOCH por todo su apoyo y conocimiento en estadística que ha fortalecido mi trabajo de titulación.

Gracias.

ÍNDICE

PORTADA	1
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
EXECUTIVE SUMMARY	xvii

CAPÍTULO I

Introducción

Antecedentes.....	19
Justificación	20
Objetivos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21

CAPÍTULO II

Ingeniería del proyecto

Diagnóstico de la situación actual de la empresa	22
Área de estudio	24
Sistema de almacenamiento	27
Flujo de trabajo.....	31
Tiempo de ciclo operativo mensual de despachos	33

Indicadores del sistema de almacenamiento.....	33
Índice de ocupación (%).....	33
Análisis de límites de control para MR en 2024	36
Análisis de límites de control para MR en 2025	40
Inventario en piso	43
Nivel de rotación de inventarios.....	45
Análisis de la fluctuación (cajas).....	46
Diagnóstico y análisis de las ventas correspondientes al año 2025.....	48
Diseño y <i>layout</i> actual de la industria.....	50
Modelo operativo.....	53
Desarrollo del modelo operativo	55

CAPÍTULO III

Propuesta y resultados esperados

Presentación de la propuesta	56
Análisis y mejora del sistema de almacenamiento de inventario	56
Propuesta de nuevo <i>layout</i> y simulación computacional.....	58
Cálculo de la nueva capacidad volumétrica	62
Cálculo de stock de seguridad	62
Resultados esperados.....	64
Cronograma de actividades de implementación.....	65
Análisis de costos	66
Análisis de inversión - Curva S	67
Componente ambiental.....	69

CAPÍTULO IV

Ejecución de la propuesta y resultados obtenidos

Proceso de ejecución	71
Justificación de la ejecución.....	71
Resultados obtenidos y presentación.....	72
Índice de Ocupación (%).....	72

Inventario en piso (Saturación de pallets)	73
Nivel de Rotación	74
Tiempo de ciclo operativo mensual de despachos	75
Evaluación de la ejecución (Análisis comparativo As-Is vs To-Be)	75
Evaluación Económica	76

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones.....	78
Recomendaciones	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de ocupación del área de almacenamiento en 2024.....	34
Tabla 2. Cálculo de rangos móviles para 2024.....	36
Tabla 3 Índice de ocupación del área de bodega en 2025	39
Tabla 4. Cálculo de rangos móviles para 2025.....	40
Tabla 5. Análisis del inventario en piso para 2024.....	44
Tabla 6. Análisis del inventario en piso para 2025.....	44
Tabla 7. Producción mensual de snacks extruidos de cereales sabor a queso 2024.....	47
Tabla 8. Producción mensual de snacks extruidos de cereales sabor a finas hierbas 2024..	47
Tabla 9. Cantidad de cajas despachadas de snack extruido de cereales sabor queso en 2025.	48
Tabla 10. Cantidad de cajas despachadas de snack extruido de cereales sabor a finas hierbas en 2025.	49
Tabla 11. Análisis de costos del estudio.....	66
Tabla 12. Distribución temporal de la inversión (Curva S) – Sistema Drive-In	68
Tabla 13. Comparación de capacidad de sistema de almacenamiento antiguo a simulado..	72
Tabla 14. Optimización del tiempo de ciclo operativo mensual de despachos.	75
Tabla 15. Comparación de datos obtenidos en los dos sistemas de almacenamiento simulados.....	75
Tabla 16. Matriz de costos de inversión de simulación (CAPEX).....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución actual de industria molinera.	24
Figura 2. Utilización de áreas no dedicadas a almacenamiento con producto final	26
Figura 3. Ubicación al azar de MP en área de almacenamiento de producto final.	26
Figura 4. Inventario en piso de producto terminado paletizado	27
Figura 5. Almacenamiento en pallets	28
Figura 6. Estantería drive-in típica	29
Figura 7. Pallet estándar	30
Figura 8. Características del pallet estándar	30
Figura 9. Almacenamiento de Pallets en área de bodega general	31
Figura 10. Consideraciones del ciclo de producción en cada pedido mensual.....	32
Figura 11. Ciclo de producción para un cliente de la empresa.....	32
Figura 12. Análisis de cajas enviadas en el año 2024	35
Figura 13. Gráfica I-MR para año 2024	37
Figura 14. Gráfica I-MR de observaciones individuales y rangos móviles para año 2024..	38
Figura 15. Gráfica I-MR de observaciones e informe de estabilidad para año 2024.	39
Figura 16. Gráfica I-MR de datos correspondientes a 2025.....	41
Figura 17. Gráfica I-MR de observaciones individuales y rangos móviles para año 2025..	42
Figura 18. Gráfica I-MR de observaciones e informe de estabilidad para año 2025.	43
Figura 19. Total de cajas almacenadas en bodega del producto 1 y 2 en 2024.....	46
Figura 20. Diseño vista superior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is)	50
Figura 21. Diseño vista superior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is)	51
Figura 22. Diseño de vista interior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is).....	51
Figura 23. Diseño vista lateral interior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is).....	52
Figura 24. Parámetros reportados por FlexSim 2025	53

Figura 25. Cadena de valor de la industria.	54
Figura 26. Propuesta de cambio de sistema de almacenamiento.....	57
Figura 27. Sistemas de almacenamiento as-is a To-Be	57
Figura 28. Diseño vista superior exterior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be)	58
Figura 29. Vista lateral interior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be).....	59
Figura 30. Vista lateral exterior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be).....	60
Figura 31. Parámetros reportados por FlexSim 2025	61
Figura 32. Diagrama de Grantt para actividades de simulación.....	66
Figura 33. Curva S de inversión del sistema de Racks tipo Drive-In CAPEX.....	69
Figura 34. Gráfica I-MR de pallets del sistema de racks tipo Drive-in.....	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reporte de extruido de cereales historial 2024 y 2025.	84
Anexo 2. Tabla de constantes para gráficas de control	94
Anexo 3. Zonas exteriores de industria	95
Anexo 4. Zona de almacenamiento de cajas para empaque	95
Anexo 5. Zona de almacenamiento de extruido de maíz.....	96
Anexo 6. Área de producción de extrusión de maíz.....	96
Anexo 7. Área de almacenamiento de producto terminado.....	97
Anexo 8. Montacargas utilizado para la logística interna de almacenamiento	97
Anexo 9. Supuestos y datos base para ROI	98
Anexo 10. ROI de inversión	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de ocupación	34
Ecuación 2. Media central	35
Ecuación 3. Media central 2024	36
Ecuación 4. Rangos móviles.....	36
Ecuación 5. Promedio MR 2024.....	36
Ecuación 6. Promedio MR 2025.....	40
Ecuación 7. Nivel de inventario en físico 2024.....	43
Ecuación 8. Rotación anual	45
Ecuación 9. Stock de seguridad.....	62
Ecuación 10. Ecuación para MC en propuesta	74
Ecuación 11. Ecuación desarrollada para MC en propuesta	74

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO E INVENTARIOS EN UNA INDUSTRIA MOLINERA MEDIANTE METODOLOGÍAS LOGÍSTICAS Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

AUTOR: Nilo Israel Cabezas Oviedo

TUTOR: Ing. Israel Alejandro Pozo Espín Msc.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación aborda la optimización logística validada mediante el software *FlexSim* para la bodega de producto terminado de una industria molinera. El modelo *As-Is* empleaba un sistema de apilado en bloque a ras de piso de un solo nivel, limitando la capacidad máxima instalada a solo 183 posiciones de pallets. Este sistema provocaba una saturación crónica, reflejada en picos de ocupación que en determinados meses alcanzaron el 165% en noviembre del 2024 y 159% en agosto de 2025 respecto a la capacidad física instalada, consecuentemente, la empresa debía paralizar sus extrusoras de producción por falta de espacio temporal, invadir zonas no destinadas al almacenamiento de alimentos y ejecutar ineficientes despachos fraccionados que consumían hasta 8 días al mes. Para solucionar estos cuellos de botella físicos y respaldar la producción bajo el sistema *Make to Order*, el modelado de la propuesta *To-Be* implementa una estructura de alta densidad con Racks tipo Drive-In configurados a dos niveles de altura. La simulación arrojó mejoras técnicas sustanciales: la capacidad volumétrica experimentó un incremento del 91.6% utilizando exactamente los mismos metros cuadrados disponibles, logrando un nuevo límite operativo de 320 pallets (13,440 cajas). Gracias a esto, el sistema propuesto logra absorber el 100% de la demanda pico histórica y estabiliza la ocupación operativa en una media del 57.1% bajo un estricto control logístico estadístico.

DESCRIPTORES: Almacenamiento, optimización, simulación, modelado, bodega

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Master's Degree in Industrial Engineering with major in Logistics and Supply Chain

AUTHOR: CABEZAS OVIEDO NILO ISRAEL

TUTOR: MSc. POZO ESPIN ISRAEL ALEJANDRO

THEME

OPTIMIZATION OF STORAGE AND INVENTORY MANAGEMENT IN A MILLING INDUSTRY THROUGH LOGISTICS METHODOLOGIES AND COMPUTER SIMULATION

ABSTRACT

This research addresses logistics optimization in response to chronic congestion in the warehouse area of a flour milling company. The problem stemmed from the empirical floor-level stacking system. This model limited the maximum capacity to 183 pallets. Historical data indicate that critical peaks will reach 165% in November 2024 and 159% in August 2025. This resulted in inefficient split shipments that consumed up to eight working days per month. The primary objective of the research was to design an optimization strategy for inventory management. The hypothesis posited that redesigning the logistics system would maximize space without the need to build new infrastructure from scratch. The methodology used analyzed the current operational model and compared it with a proposed improvement, using computer simulation in FlexSim. The new design incorporated a high-density structure with two-tier drive-in racking. The results showed a 91.6% increase in storage capacity while utilizing the same 287 square meters. The new operational capacity reached 320 pallets, equivalent to 13,440 boxes.

Additionally, the shipping cycle time was reduced by 50%, from 8 to 4 operating days. The simulation successfully accommodated 100% of the historical peak demand, which reached 13,000 boxes per month. Finally, the operational occupancy rate stabilized at a manageable average of 57.1%, and a strict safety stock of 4,954 boxes was established.

KEYWORDS: Modeling, optimization, simulation, storage, warehouse



CAPÍTULO I

Introducción

La gestión eficiente del almacenamiento para productos finales en inventario constituye un reto central para las industrias a nivel macro, dado que el uso de metodologías logísticas avanzadas y herramientas de simulación se ha convertido en un factor decisivo para enfrentar la creciente demanda global de alimentos y materias primas. (Balza Franco, 2020)

La optimización de bodegas y el rediseño de *layouts* han demostrado reducir costos, mejorar la productividad y garantizar la continuidad de las cadenas de suministro internacionales, lo que contribuye a la competitividad global y a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.

En el ámbito meso la industria molinera enfrenta limitaciones asociadas a métodos tradicionales de almacenamiento no siempre responden a la dinámica del mercado local Chopra & Meindl, (2019). Por esta razón, elegir un adecuado sistema de almacenamiento en bodega optimiza recursos y aumenta la eficiencia de espacio físico disponible. Sistemas como el de almacenamiento en bloque suele ser el de menor costo, pero no es eficiente ya que se limita cada pallet al peso máximo soportado en un solo nivel.

El dinamismo del mercado y la ampliación de la cartera de clientes requiere reorganizar áreas críticas en las industrias de producción que se encuentran en constante crecimiento, Ragàs Prat, I. (2024). El área de bodega necesita estar optimizada garantizando la eficiencia de los espacios en todas sus dimensiones. En este contexto, Ecuador tiene la posibilidad de alinearse a prácticas internacionales que priorizan la innovación logística en los sistemas de almacenamiento para bodegas y el uso de simulaciones computacionales como medio de validación de estrategias (Slack et al., 2020).

Respecto al nivel micro, el desafío en la industria en cuestión, radica en optimizar el área de bodega de almacenamiento debido a su crecimiento, ya que ahora ha complementado su cadena de valor al industrializar snacks como producto terminado y no únicamente griz o sémolas almacenadas en sacos. Este cambio en su oferta requiere readecuar el área de almacenamiento para garantizar eficiencia operativa y reducción de recursos.

Antecedentes

La industria objeto de estudio ha experimentado un cambio significativo al ampliar su cadena de valor hacia la industrialización de snacks extruidos, dejando de enfocarse únicamente en el almacenamiento tradicional de griz o sémolas en sacos. Sin embargo, este importante crecimiento productivo ha desencadenado un colapso estructural en el área de bodega general. El problema fundamental radica en que la industria mantiene un sistema empírico de almacenamiento de apilado en bloque a ras de piso. Este diseño restringe la capacidad máxima a un solo nivel de 183 pallets, condicionado por el peso máximo que puede soportar el producto base. Al tener que procesar pedidos mensuales que alcanzan las 13000 cajas, este sistema resulta completamente insuficiente, generando una severa desalineación entre el volumen de producción y su verdadera capacidad logística.

Como consecuencia directa de esta problemática de limitación física, la bodega sufre una saturación crónica que anula por completo los beneficios de su modelo operativo *Make to Order* (MTO). Los reportes evidencian que el sistema actual opera estadísticamente fuera de control, presentando picos críticos de ocupación que superaron ampliamente la capacidad física instalada. Al no poder gestionar el inventario temporal, se genera un cuello de botella logístico que obliga a la planta a incurrir en ineficientes paros de producción. La empresa se ve forzada a detener sus máquinas extrusoras exclusivamente para intentar liberar espacio de almacenamiento, interrumpiendo el flujo de suministro y asumiendo tiempos muertos que no añaden ningún valor. Además de las afectaciones productivas, esta falta crítica de capacidad genera problemas de inocuidad y sobrecostos en la distribución.

A consecuencia de esta situación de desbordamiento del inventario, la industria se ve obligada a improvisar, invadiendo pasillos y áreas no aptas para el almacenamiento de producto terminado, como la bodega de insumos o el área de empaque. Simultáneamente, la restricción de espacio imposibilita el envío de pedidos completos, forzando a la empresa a realizar despachos fraccionados. Estos ineficientes ciclos de entrega consumen hasta 8 días operativos al mes e implican 7 días de espera entre despachos parciales, lo que multiplica innecesariamente los viajes de los camiones transportadores y eleva significativamente los gastos operacionales de la industria.

Justificación

El presente trabajo de titulación justifica su importancia ya que corrige la grave desalineación logística que actualmente anula los beneficios de su sistema de producción *Make to Order* (MTO). El impacto principal es solucionar el cuello de botella físico de la bodega de almacenamiento (limitada en la situación as-is a 183 posiciones de pallets), evitando así los costosos paros de maquinaria y el riesgo de contaminación al invadir áreas no autorizadas para alimentos. Su impacto viabiliza una transición estructural hacia un modelo de alta densidad con Racks tipo Drive-In de dos niveles lo cual aumenta la capacidad volumétrica utilizando el mismo espacio físico de 287 m².

Logísticamente su utilidad reduce el tiempo del ciclo de despachos en un 50% (de 8 a 4 días unificados), eliminando gastos de transporte redundantes. La propuesta reemplaza la toma de decisiones empírica por un enfoque científico, dotando a la empresa de una política validada: un stock de seguridad de 4,954 cajas calculado mediante el Rango Móvil (MR) para blindar la operación ante externalidades. Asimismo, la utilidad de generar una propuesta mediante el uso de simulación en Flexsim permite validar el rediseño sin impactar de manera significativa recursos físicos.

Los beneficiarios y utilidad se vinculan favoreciendo de manera integral a la cadena de valor, específicamente al área de producción que erradica tiempos muertos; a los clientes estratégicos, que aseguran la recepción de sus pedidos completos sin interrupciones; y a los proveedores locales, ya que un flujo constante garantiza la compra continua de materias primas. (Bustamante Márquez, 2025).

Respecto a la factibilidad, se posee viabilidad técnica demostrada mediante Minitab y FlexSim, logrando estabilizar el sistema a un 0% de puntos fuera de control estadístico. Así mismo, es económicamente altamente factible, requiriendo un capital (CAPEX) estimado de \$19,150.00 USD para racks, protectores y obra civil, el cual es rápidamente justificable por la reducción de mermas y tiempos muertos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta de optimización para el almacenamiento y gestión de inventario de producto terminado en una industria molinera, mediante la aplicación de metodologías logísticas y la simulación computacional.

Objetivos Específicos

- Analizar el tipo de sistema de almacenamiento de inventario actual en la industria molinera, mediante el uso de metodologías de análisis logístico.
- Proponer estrategias de optimización para la gestión y almacenamiento de productos terminados, aplicando metodologías logísticas.
- Diseñar un *layout* optimizado del área de almacenamiento, basado en el análisis de flujo de productos terminados acorde al sistema de almacenamiento, con el objetivo de maximizar el uso del espacio y mejorar la eficiencia en los procesos de despacho.
- Evaluar la viabilidad del rediseño propuesto, mediante simulaciones computacionales, comparando el desempeño del sistema actual con la propuesta optimizada, determinando su impacto en la eficiencia del almacenamiento.

CAPÍTULO II

Ingeniería del proyecto

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La empresa objeto de estudio fue constituida en 2016, dedicada a la producción de alimentos mediante procesos de molienda, extrusión de maíz para producción de snacks saludables con participación en el mercado ecuatoriano. El cual, en su diagnóstico inicial se revela una severa desalineación estructural entre su volumen de producción y su capacidad logística, lo cual anula por completo las ventajas competitivas de su modelo operativo *Make to Order* (MTO).

Al haber ampliado su cadena de valor hacia la industrialización de snacks extruidos el sistema tradicional de almacenamiento de apilado en bloque colapsó. Este diseño empírico limita la capacidad máxima instalada a un solo nivel de 183 pallets, condicionado por la restricción de peso que puede soportar el producto apilado. En consecuencia, al tener que procesar pedidos mensuales que alcanzan las 13,000 cajas, la bodega sufre una saturación crónica; el sistema opera estadísticamente fuera de control, registrando índices de ocupación críticos que superan largamente la capacidad física real.

La improvisación al momento de absorber el inventario temporal obliga a la planta a incurrir en ineficientes paros de producción en las máquinas extrusoras exclusivamente para intentar liberar espacio. Como medida desesperada, la organización se ha visto forzada a invadir pasillos y áreas no aptas para el almacenamiento (Ver anexo 4) para el caso de producto terminado (como la bodega de insumos o el área de empaque), lo que incrementa drásticamente los riesgos de seguridad alimentaria y rompe la trazabilidad logística. Además, esta falta de capacidad obliga a fragmentar las entregas, ejecutando ciclos de despacho altamente ineficientes que consumen 8 días operativos al mes y elevan el gasto en transporte, evidenciando la urgencia de abandonar el empirismo y ejecutar una reingeniería estructural inmediata.

Para dar importancia técnica el presente estudio de trabajo de titulación toma como referencia el fundamento teórico de aplicación de varios documentos académicos relacionados que se presentan a continuación:

El estudio denominado *Special Optimization Process for Warehouse Layout Design*, Kovács (2021) considera que el número de probabilidades a ejecutar al momento de diseñar un *layout* es significativo por ende no es sencillo parametrizarlas todas. El *layout* “ideal” tiene relación con lo que se desea conseguir como output del proceso. El autor propone tres pasos para definir el *layout* “ideal”:

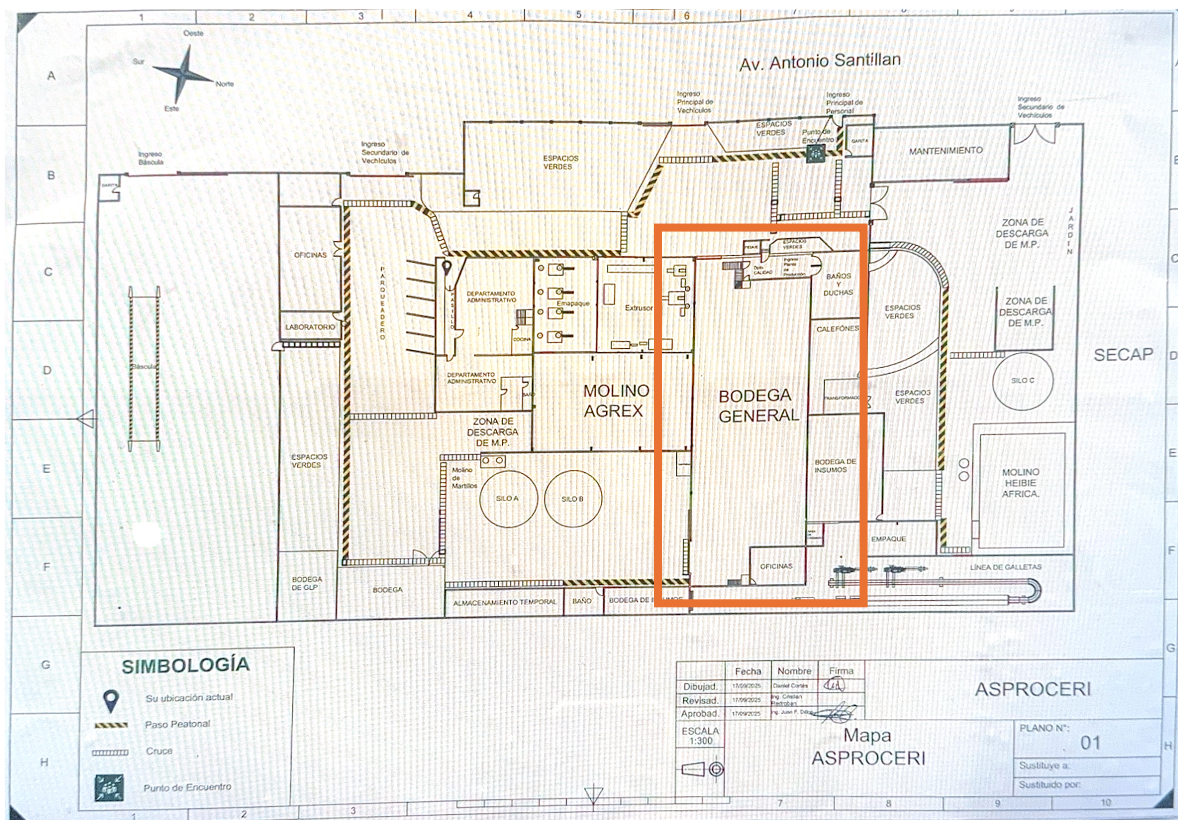
1. Crear diseños de *layout* alternativos, considerando las restricciones y limitaciones de la organización y el tipo de salida.
2. Reducir este número de propuestas de diseño mediante un método heurístico y una iteración continua.
3. Comparar el número reducido de propuestas diseñadas obtenidas del análisis y seleccionar la “ideal” con base en la función o variable objetivo más significativa definida en el modelo de búsqueda aplicado en el segundo paso.

Kovács (2021) indica que las necesidades del cliente interno como externo serán las que fundamenten el flujo para la realización de las alternativas de *layout*, considerando preguntas como: ¿Qué se quiere obtener?, ¿Qué se desea priorizar u optimizar? De esta manera este proyecto tomará como base la idea macro que aporta el autor.

Vázquez-González, M. A., & Sánchez-García, E. (2022) consideran también que la gestión de almacenamiento e inventarios conforma una etapa elemental en el análisis de la cadena de suministro, su eficiencia depende en gran forma la continuidad del proceso operativo, la reducción de recursos y la satisfacción de la demanda, por ende en el caso de empresas procesadoras y comercializadoras de alimentos, como es el caso de la industria a analizarse, la administración correcta de producto terminado no solo permite garantizar disponibilidad de productos terminados (snacks para programa de gobierno nacional), sino también evitar pérdidas económicas derivadas de la falta de capacidad de almacenamiento en bodega. (ver Anexo 6 y 7)

Área de estudio

Mediante observación directa y reuniones de trabajo, se ha recopilado información respecto a los inconvenientes actuales de la organización, siendo emergente la capacidad operativa del área de almacenamiento, para lo cual se observa en a continuación en la Figura 1 la distribución de planta, resaltándose el área de estudio.



*Figura 1. Distribución actual de industria molinera.
Elaborado por. Archivo industria (2025)*

Las áreas exteriores e interiores en diferentes ángulos se pueden observar en los anexos 3 al 8. El área específica de "Bodega general" es el área designada por infraestructura para el proceso de almacenamiento de producto terminado. Dispone de un espacio físico de 12.5 metros de ancho por 23 metros de largo, resultando 287 metros cuadrados. De acuerdo con Rojas, M., & Sánchez, D. (2021), en el ámbito logístico, el analizar estas áreas se considera crítico, ya que en su inicio se destinaba para almacenar griz y sémola de maíz, pero el nuevo enfoque de generar valor mediante productos alimenticios ha complicado su flujo operativo y distribución. Martínez-García, J. A., & Ramírez-Hernández, J. A. (2022)

señala que una mayor cantidad de producto en bodega requiere de nuevos estudios que garanticen metodologías para una eficiencia operativa, lo que fundamenta el proceder de este estudio. La presencia de este giro de negocio ha requerido hacer adecuaciones temporales en áreas cercanas como el área de empaque y bodega de insumos (Anexo 3) para dicho fin.

La industria y su cadena de suministro son gestionadas bajo el sistema *Make to Order* (MTO), sin embargo, y de acuerdo con Pérez-García, L. M., & López-Martínez, J. A. (2021). la complejidad operativa in situ se detecta en la sincronización de las etapas finales de cadena de suministro, lo cual anula los beneficios esenciales del sistema, desembocando en problemas técnicos correlacionados. El inconveniente urgente para solucionar constituye entre el volumen de producción requerido, la capacidad de almacenamiento, en consecuencia, la bodega de almacenamiento se satura y la producción sigue en curso. Ya que de acuerdo con el libro: Logística y cadena de suministro: aproximaciones teórico-prácticas, de la editorial CECAR. (2019) las empresas manufactureras realizan paros de producción para liberar espacio de almacenamiento temporal interfiriendo significativamente en el flujo de suministro, tal como ocurre en la industria de estudio.

A pesar que el producto tiene un comprador en espera, no se tiene una idónea gestión del espacio del área de bodega general, estableciéndose aquí un cuello de botella logístico, en consecuencia, y como se observa en la Figura 2 y 3 que se opta por utilizar áreas de la empresa no dedicadas o planificadas para el inventario de producto terminado, mediante acomodos con productos que no son de su mismo tipo, origen y propósito, generando a su vez riesgo de seguridad alimentaria y pérdida de trazabilidad logística. (ver Anexo 5)



*Figura 2. Utilización de áreas no dedicadas a almacenamiento con producto final.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*



*Figura 3. Ubicación al azar de MP en área de almacenamiento de producto final.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*

Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento utilizado actualmente es el sistema de apilado en bloque, que consiste en apilar sobre un pallet un número determinado de cajas, que se ubican directamente en el piso. En esta área la capacidad máxima de pallets en piso es de 183 y cada pallet americano contiene 42 cajas de producto terminado, ubicado así: 7 cajas de base por 6 cajas apiladas, (ver figura 9) lo cual indica una capacidad total en bodega de 7682 cajas de snacks.

Sin embargo, el requerimiento por la cantidad de pedidos que manejan actualmente es de 107 toneladas equivalentes a 13000 cajas, la solución temporal que utiliza cuando el área de bodega general de producto terminado se satura es ocupar espacios aledaños libres de la planta.

Vale mencionar, como se observa en la Figura 4, que actualmente en la industria el inventario en piso de producto terminado paletizado se complementa en zonas no dedicadas, fuera del área específica de almacenamiento.



*Figura 4. Inventario en piso de producto terminado paletizado
Elaborado por: Cabezas Nilo (2025)*

De acuerdo con Rojas, M., & Sánchez, D. (2021). El apilamiento de bloques es un método de almacenamiento simple y de bajo costo que apila directamente palets o

plataformas uno encima del otro sin implementar sistemas de soporte adicionales. (ver Figura 5) Esta técnica de apilamiento está restringida en una forma ideal solo donde la resistencia y el peso del producto, y las características estructurales del almacén (altura, capacidad de carga y otros factores relacionados con el peso) determinan que solo se utilicen cargas hasta una altura máxima en un almacén.

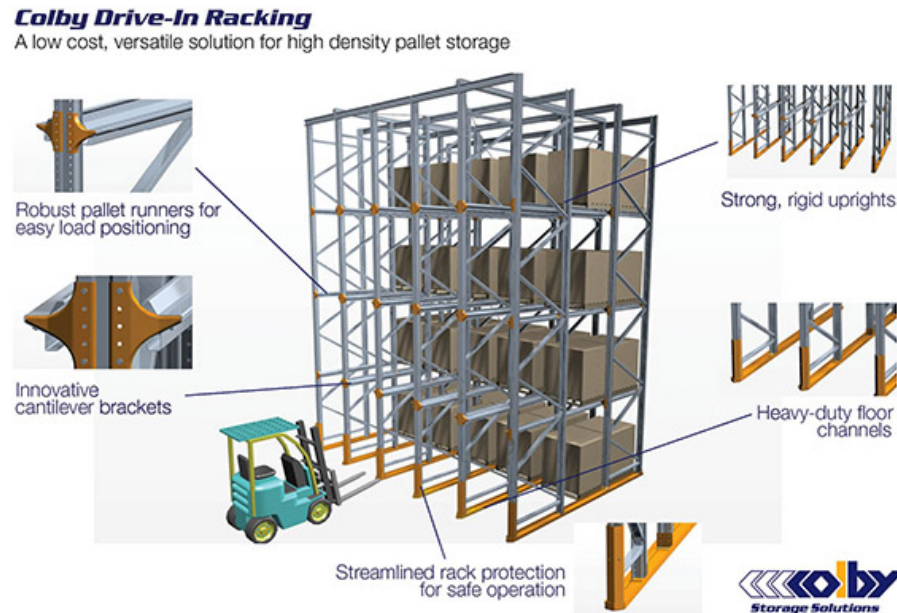


*Figura 5. Almacenamiento en pallets
Elaborado por: Cabezas Nilo (2025)*

Sin embargo, este enfoque tiene grandes limitaciones que afectan su rendimiento operativo. Casi siempre tiene una menor utilización del espacio y densidad de almacenamiento, y el producto será más difícil de alcanzar porque extraer unidades de los niveles inferiores requerirá primero retirar las cargas superiores. Esta baja rotación de inventario afecta tanto el tiempo como los costos involucrados en el manejo de mercancías, lo que lleva a altos costos (Campos Portugal, P. A., Cerrud Álvarez, F., González Tejedor, M. B., & Rodríguez, B. O. 2023).

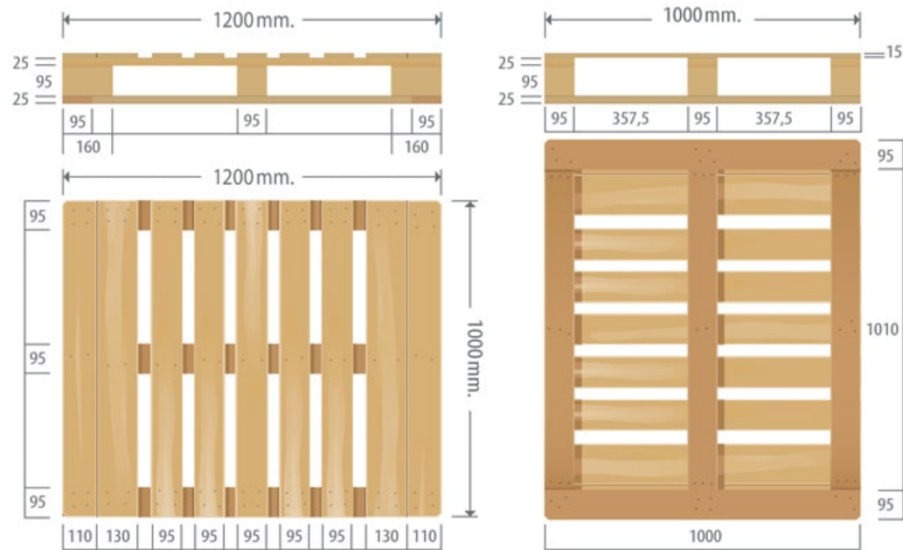
Los racks drive-in son un reemplazo que actualmente se propone a la alta dirección, siendo conveniente para los sistemas selectivos existentes y se utilizan cuando se necesita almacenar grandes cantidades del mismo producto. Estudios Gerenciales. (2020) señala que el sistema permite la colocación constante de palets en vigas de riel y la eliminación de espacios intermedios entre cargas, lo que aumenta considerablemente el volumen de almacenamiento disponible ya que el montacargas que presenta el Anexo 8, entra en el interior de la estructura para realizar la carga y descarga. Típicamente, estos racks (ver Figura

6) tienen profundidades que promedian entre tres y siete palets y pueden contener varios caminos de almacenamiento en la dirección transversal.



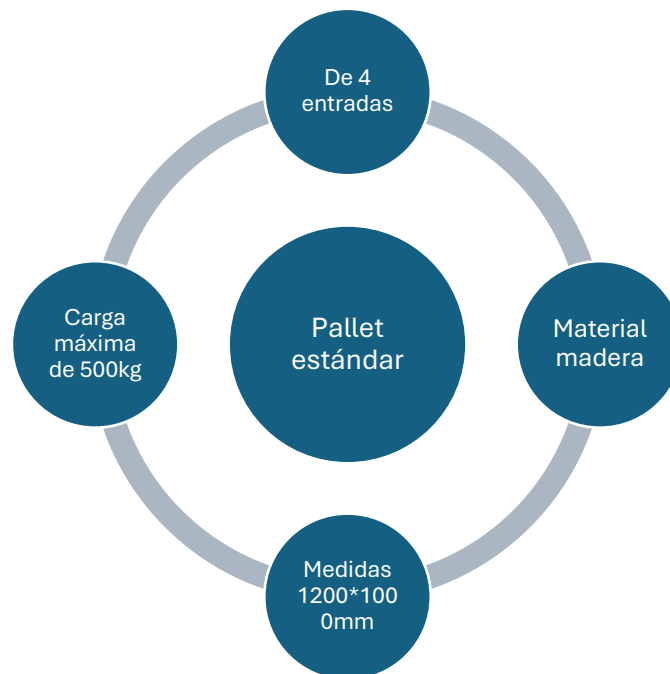
*Figura 6. Estantería drive-in típica
Elaborado por: Colby Storage Solutions, 2020*

Estas propiedades son un factor importante que permite determinar la estabilidad y el comportamiento estructural de dicho sistema. Del Castillo, S. (2023) También es preciso mencionar que la industria gestiona pallets para almacenamiento en bodega, utilizándolos con las características de la Figura 7:



*Figura 7. Pallet estándar
Elaborado por: Transeop, 2020*

Los pallets constituyen la base del sistema de almacenamiento en bloque. Las características que se han identificado en la visita in-situ se muestran en la Figura 8, constando las siguientes características:

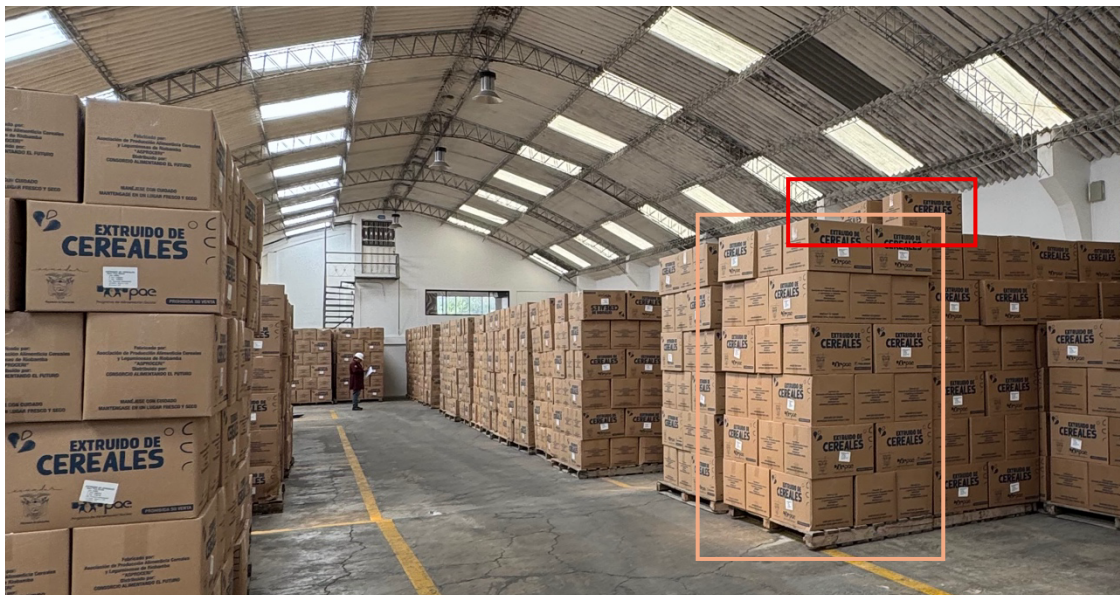


*Figura 8. Características del pallet estándar
Elaborado por: Cabezas Nilo, 2025*

Flujo de trabajo

La rotación de inventario en el flujo de trabajo para cada pedido considera el primer despacho parcial a los 25 días y el segundo despacho complementario final 5 días más tarde, realizando dos envíos mensuales para no saturar el espacio disponible en el área de bodega. Adicional, el área administrativa realiza la gestión de pedidos y registra los envíos mediante Microsoft Excel y un software contable básico para la gestión de ventas.

En el cronograma de despacho (salida de inventario) la rotación no ocurre en un solo evento al final del mes, sino que se gestiona en dos etapas escalonadas para liberar espacio en el área de bodega (ver Figura 9) por ende, los despachos físicos suelen iniciar 4 días antes de las fechas de corte para cumplir con los plazos establecidos, se considera también la disponibilidad de bodega de los clientes en donde se envía el producto terminado.



*Figura 9. Almacenamiento de Pallets en área de bodega general
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*

Un punto crítico débil identificado es que actualmente no tienen establecidos los stocks mínimos, complicando así la planificación cuando ocurren imprevistos (como paros o interrupciones), dejando producto terminado en bodega sin espacio donde ubicarlo. La Figura 10 muestra las consideraciones del ciclo de producción en cada pedido mensual.

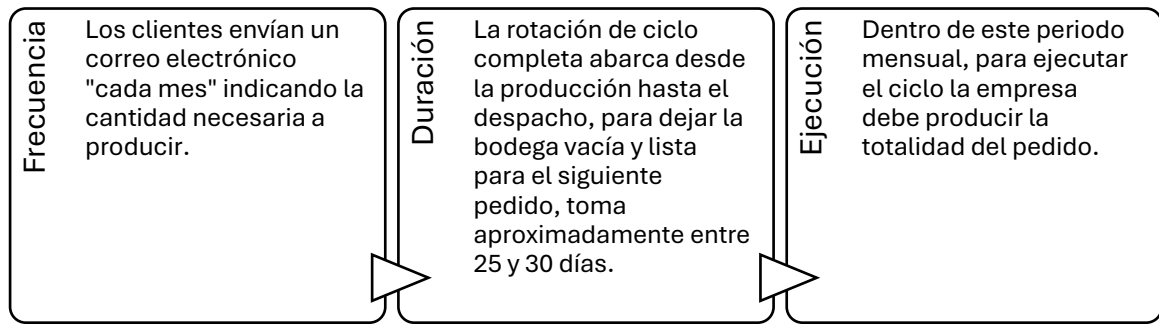


Figura 10. Consideraciones del ciclo de producción en cada pedido mensual.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Con base a las entrevistas realizadas con el jefe de producción, se pone a consideración la Figura 11, que detalla un ciclo de producción real para un cliente de la empresa solicitado en el mes octubre que solicita 120 toneladas de producto. Fíjese, que al tener el problema de almacenamiento se realizan entregas parciales.



Figura 11. Ciclo de producción para un cliente de la empresa.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Tiempo de ciclo operativo mensual de despachos

Corresponde a la etapa final del proceso productivo. Debido a la limitada capacidad de almacenamiento se establecen 2 despachos para cumplir el 100% de la entrega. Cada uno requiere 4 días de operaciones logísticas relacionadas. Se toma en consideración un pedido realizado en septiembre – octubre de 2024.

Duración de despacho 1:	Duración de despacho 2:
Producción del 27 de sept. al 1 de oct. 2024 = 4 días (preparación-despacho)	Producción del 4 de oct. al 8 de oct. 2024 = 4 días (preparación-despacho)

Entonces, el tiempo de ciclo operativo de actividades de despacho corresponde a 8 días/mes. Adicional, se calcula el Tiempo de ciclo de espera entre despachos: entre despacho 1 y el despacho 2 (1 de octubre y 8 de octubre) resultan 7 días de espera, implica más desplazamiento de camiones transportadores de producto y mayor gasto logístico.

Indicadores del sistema de almacenamiento

Mantener indicadores favorece la medición de resultados y la mejora continua propuesta en este documento investigativo. El Anexo 1 (documento base) permite identificar el reporte de los despachos realizados por la industria en los años 2024 – 2025. Para complementar el análisis del estudio, se consideran tres indicadores clave a evaluarse:



Índice de ocupación (%)

Autores Rojas, M., & Sánchez, D. (2021), afirman que en sistemas de tipo *Make to Order (MTO)* consideran la cantidad máxima simultánea al momento de almacenar entre

cada ciclo de despacho, jugando un rol importante la capacidad de almacenamiento de la bodega. Se calcula con la ecuación 1:

$$\text{Índice de ocupación (\%)} = \frac{\text{Cantidad almacenada (media o máxima)}}{\text{Capacidad total del almacén (o bodega)}} \times 100$$

Ecuación 1. Índice de ocupación

Para el reporte del año 2024 se analiza la información detallada en la Tabla 1, en donde se identifica que el índice de ocupación en gran parte sobrepasa la capacidad total en bodega.

Tabla 1. Índice de ocupación del área de almacenamiento en 2024

Mes	Cajas almacenadas	Capacidad total de bodega	Índice de ocupación
Agosto	4583	7682	60%
Septiembre	6780	7682	88%
Octubre	8874	7682	116%
Noviembre	12649	7682	165%
Diciembre	3211	7682	42%
	36097		

Elaborado por: *Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1*

Este análisis basado en la relación entre la cantidad almacenada, considerando exclusivamente el número de cajas, sobre la capacidad total del sistema actual en bloques, que por su manera de almacenar sólo permite un nivel, lo que limita a que el área de almacenamiento pueda crear varios niveles adicionales. Lo que aumentaría considerablemente la capacidad total.

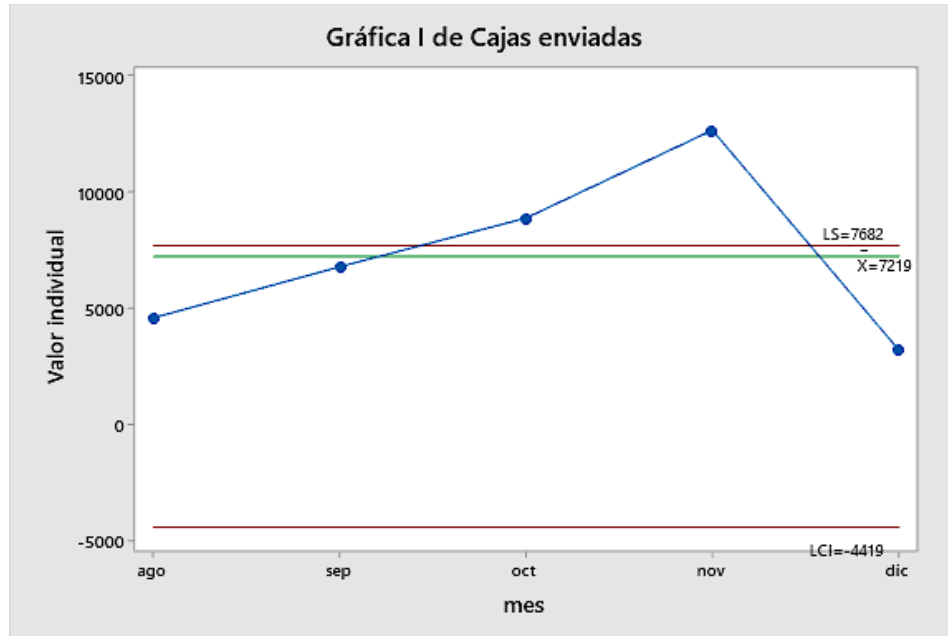


Figura 12. Análisis de cajas enviadas en el año de 2024 (minitab)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Como se observa en la Figura 12, el LS o límite superior presenta una línea roja, con 7682 cajas debido a la capacidad actual del área de bodega. La media o X, sin considerar la variación entre observaciones consecutivas es de 7219, correspondiente al promedio del conjunto de cajas totales enviadas. Esta herramienta visual ratifica la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento en el área de bodega.

Para la capacidad actual, y para fortalecer el estudio se evalúa un máximo del 85% de la capacidad en el área de bodega de almacenamiento, correspondiente a un estándar ampliamente utilizado en la ingeniería de procesos, la ecuación 2 corresponde a la media central, proporcionando la siguiente información:

$$\text{Media central} = \text{Capacidad máxima} \times (1 - 0.15)$$

Ecuación 2. Media central

El reporte emitido por la industria indica que la capacidad máxima de cajas a almacenar acorde al espacio disponible actualmente es de 7682, entonces, se realiza el siguiente cálculo de la ecuación 3:

$$Media\ central = 7682 \times (1 - 0,15) = 6530$$

Ecuación 3. Media central 2024

Esto significa que 6530 cajas, representa al 85% de capacidad que la industria actualmente posee. De esta manera se garantiza que el 15% aplicado en la fórmula se traduce también en un margen de seguridad, respecto a la capacidad máxima instalada para absorber los picos de demanda sin colapsar, que evidentemente no se ajusta a las necesidades actuales.

Análisis de límites de control para MR en 2024

Con los datos obtenidos se analiza la variación entre observaciones consecutivas, para medir en qué proporción cambia la cantidad de cajas enviadas de un mes al siguiente, calculando primero los rangos móviles del presente año mediante la ecuación 4:

$$MR = |valor\ actual - valor\ anterior|$$

Ecuación 4. Rangos móviles

La Tabla 2 calcula los rangos móviles para 2024:

Tabla 2. Cálculo de rangos móviles para 2024

Mes	Cajas almacenadas	Cálculo del rango móvil
Agosto	4583	
Septiembre	6780	2197
Octubre	8874	2094
Noviembre	12649	3775
Diciembre	3211	9438

• Elaborado por: Cabezas Nilo (2025), con base en Anexo 1.

$$Media\ MR = \frac{2197 + 2094 + 3775 + 9438}{4} = \frac{17504}{4} = 4376$$

Ecuación 5. Promedio MR 2024

Los resultados de la ecuación 5 indican que 4376 cajas representan la media de la variación entre observaciones consecutivas debido a la alta variabilidad entre despachos que

la empresa realiza actualmente. Para definir los límites de control para MR se considera pertinente utilizar la constante D_4 que es un valor tabulado utilizado en las cartas de control de rango (R) para establecer el límite de control superior. (Ver tabla de Anexo 2) Dicho factor considera para $n=2$, ya que los rangos son entre pares consecutivos (mes a mes), así, el factor a utilizarse es: $D_4 = 3.267$

- **Línea central MR:**

$$LC = 4376$$

- **Límite superior MR:**

$$LCS = 3.267 \times 4376 \approx 14309$$

- **Límite inferior MR:**

$$LCI = 0 \text{ (por definición, no puede ser negativo)}$$

Aplicando el software Minitab, y como muestra la Figura 13, en la gráfica I-MR se obtiene:

Gráfica I-MR

Datos del proceso

Columna de datos: 'Cajas enviadas'

Límites de control y línea central

¿Cómo determinará los límites de control y la línea central?

Utilizar valores conocidos

Valores conocidos:

Gráfica	Límite inferior	Línea central	Límite superior
I	0	6530	7682
MR	0	4376	14309

¿Se basan estos valores conocidos en los datos transformados de Box-Cox?

☒ No

☐ Sí

¿Cuál valor de λ se utilizó para transformar los datos?

Seleccionar Aceptar Cancelar

Figura 13. Gráfica I-MR para año 2024
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Con los límites establecidos en la Figura 14 se ejecutan obteniendo gráficas de observaciones individuales y rangos móviles:

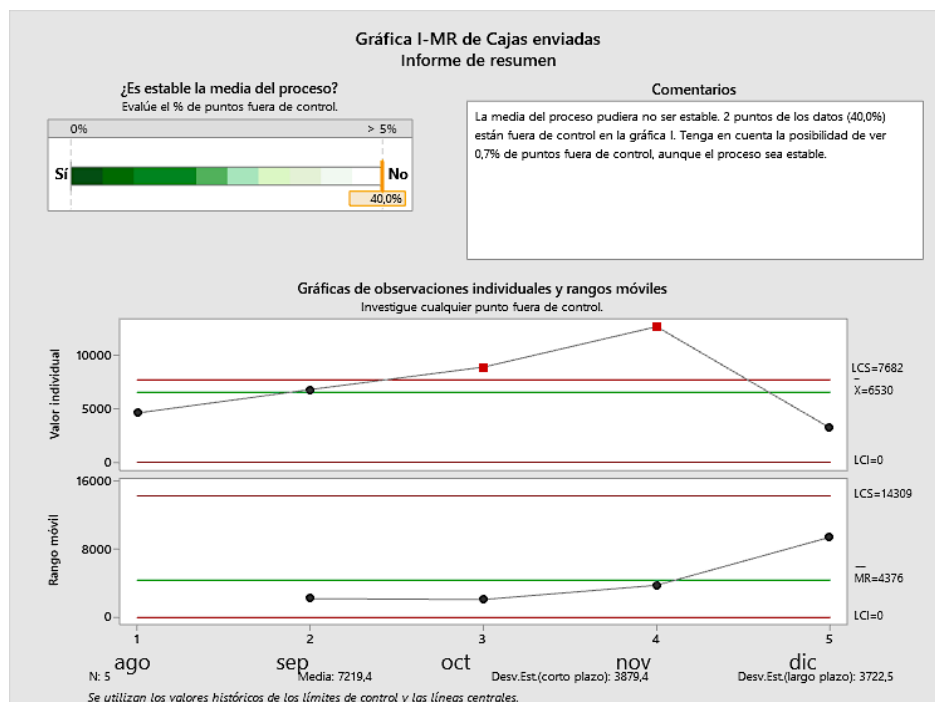


Figura 14. Gráfica I-MR de observaciones individuales y rangos móviles para año 2024
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Se identifica que en 2024 la lectura de los datos refleja que la variación del proceso es estable. No hay puntos fuera de control en la gráfica MR. Sin embargo, la media del proceso pudiera no ser estable. Se evidencian dos puntos (40,0%) están fuera de control en la gráfica primera, considerar que existe la posibilidad de que vea 0,7% de puntos fuera de control, aunque el proceso sea estable. (Ver Figura 15)

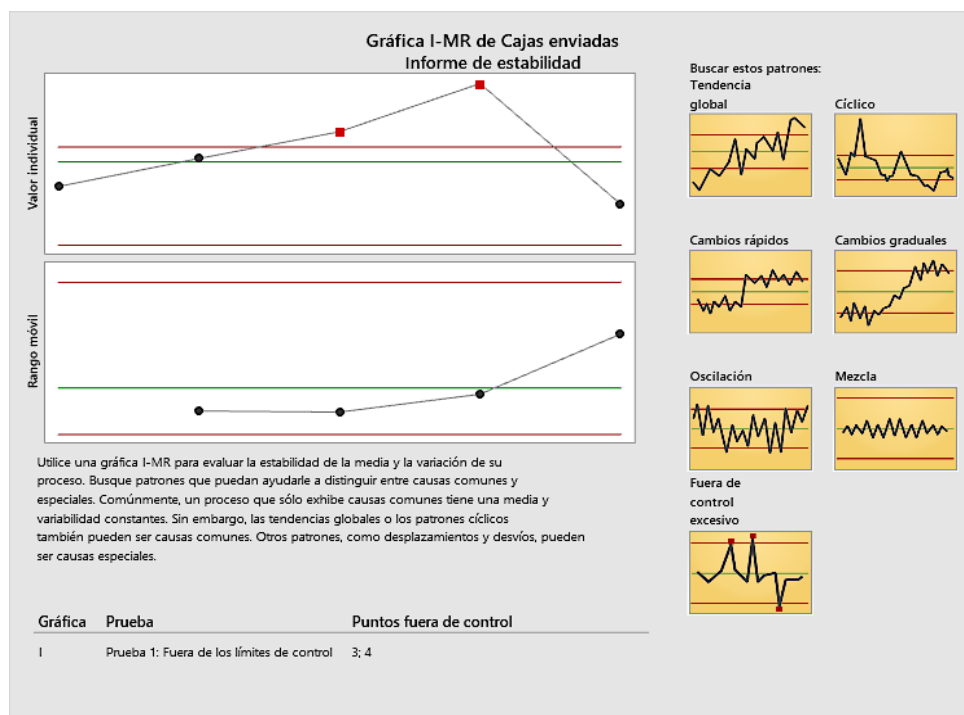


Figura 15. Gráfica I-MR de observaciones e informe de estabilidad para año 2024.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Para el reporte del año 2025 de la Tabla 3, se analiza la siguiente información:

Tabla 3 Índice de ocupación del área de bodega en 2025

Mes	Cajas almacenadas	Capacidad total de bodega	Índice de ocupación
Enero	5583	7682	73%
Febrero	1930	7682	25%
Marzo	6014	7682	78%
Abril	11117	7682	145%
Mayo	11362	7682	148%
Junio	7471	7682	97%
Julio	9350	7682	122%
Agosto	12185	7682	159%
Septiembre	6701	7682	87%
71713			

Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Es posible identificar en la tabla 3, que, de los siete meses trabajados y medidos hasta la fecha de corte, seis de ellos sobrepasan el 87% de ocupación, condición preocupante los porcentajes que sobrepasan al 100%. Se procede a realizar el mismo análisis de 2024 los datos reportados en 2025.

Análisis de límites de control para MR en 2025

Con los datos obtenidos se analiza la variación entre observaciones consecutivas, para medir en que proporción cambia la cantidad de cajas enviadas de un mes al siguiente, calculando primero los rangos móviles del presente año, mediante la fórmula 3, citada anteriormente. En la Tabla 4, calcula los rangos móviles para 2025:

Tabla 4. Cálculo de rangos móviles para 2025

Mes	Cajas almacenadas	Rango móvil
Enero	5583	
Febrero	1930	3653
Marzo	6014	4084
Abril	11117	5103
Mayo	11362	245
Junio	7471	3891
Julio	9350	1879
Agosto	12185	2835
Septiembre	6701	5484
		3397

Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

$$\text{Media MR} = \frac{365 + 4084 + 5103 + 245 + 3891 + 1879 + 2835 + 5484}{8} = \frac{27174}{8} = 3397$$

Ecuación 6. Promedio MR 2025

Los resultados indican en la ecuación 6 que 3397 cajas representan la media de la variación entre observaciones consecutivas debido a la alta variabilidad entre despachos que la empresa realiza actualmente. Para definir los límites de control para MR se considera de igual manera que en 2024 utilizar la constante D_4 que es un valor tabulado utilizado en las cartas de control de rango (R) para establecer el límite de control superior. (Ver tabla de

Anexo 2) Dicho factor considera para $n=2$, ya que los rangos son entre pares consecutivos (mes a mes), así, el factor a utilizarse es: $D_4 = 3.267$

- **Línea central MR:**

$$LC = 3397$$

- **Límite superior MR:**

$$LCS = 3.267 \times 3397 \approx 11097$$

- **Límite inferior MR:**

$$LCI = 0 \text{ (por definición, no puede ser negativo)}$$

Aplicando el software Minitab, en la gráfica I-MR de la Figura 16, para 2025 se obtiene:

Gráfica I-MR

Datos del proceso

Columna de datos: Cajas enviadas_1

Límites de control y línea central

¿Cómo determinará los límites de control y la línea central?

Utilizar valores conocidos

Valores conocidos:

Gráfica	Límite inferior	Línea central	Límite superior
I	0	6530	7682
MR	0	3397	11097

¿Se basan estos valores conocidos en los datos transformados de Box-Cox?

☒ No

☐ Sí

¿Cuál valor de λ se utilizó para transformar los datos?

Seleccionar Aceptar Cancelar

Figura 16. Gráfica I-MR de datos correspondientes a 2025.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Con los límites establecidos se ejecuta, obteniendo gráficas de observaciones individuales y rangos móviles de la Figura 17:

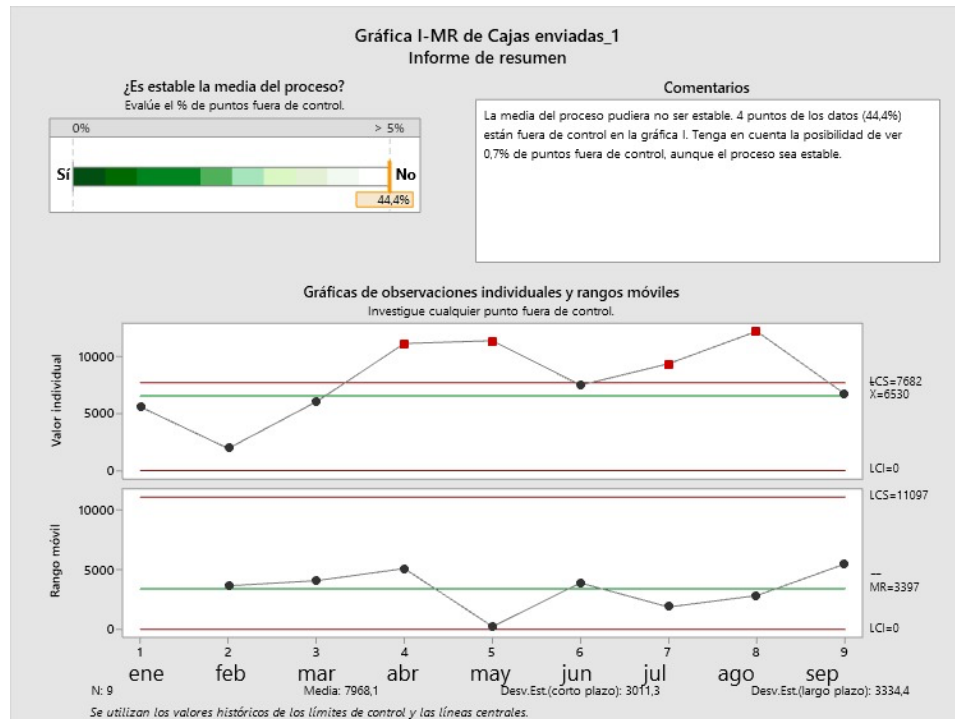


Figura 17. Gráfica I-MR de observaciones individuales y rangos móviles para año 2025
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Acorde a la figura descrita, la media del proceso pudiera no ser estable. Cuatro puntos de los datos 44,4% están fuera de control, ya que están más allá de tres desviaciones estándar de la media. Se debe considerar que al comparar los indicadores de nivel de inventario en piso y el índice de ocupación, los niveles de saturación son evidentes, lo que deriva a una toma de decisiones inmediata respecto a la eficiencia del actual sistema de bloques utilizado por la industria.

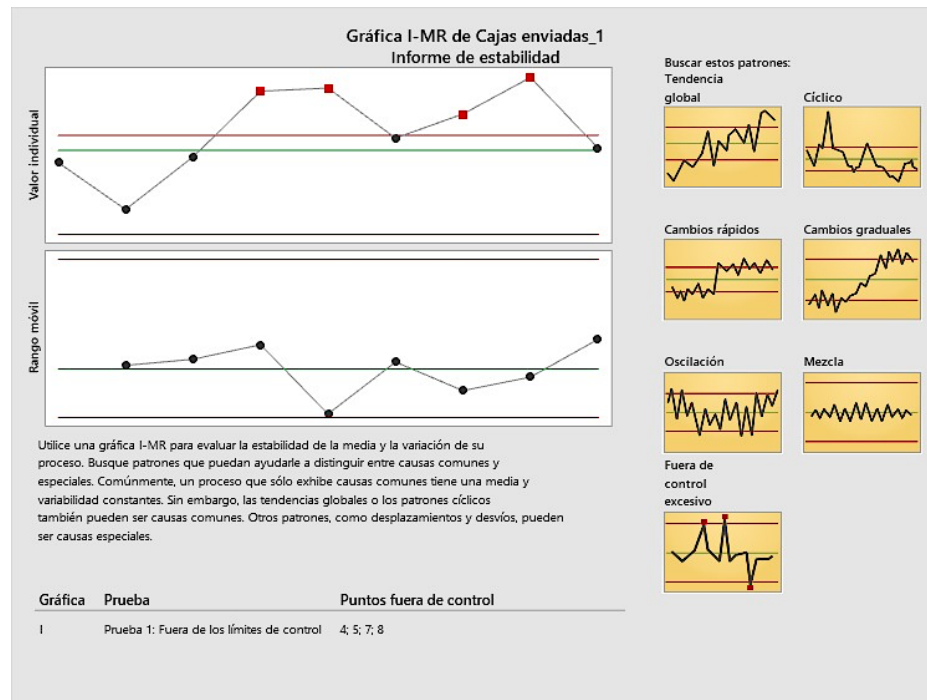


Figura 18. Gráfica I-MR de observaciones e informe de estabilidad para año 2025.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Analizando el patrón de tendencia de la Figura 18, se puede ver la relación con la figura de "Cambios rápidos", se constata una serie de puntos en un nivel bajo y posterior un salto repentino a un nivel superior donde se observa una etapa de un poco más estable. Acorde a los datos se interpreta que en el rango de enero a marzo el proceso oscilaba alrededor de las 5000 a 6000 cajas, en abril se identifica un pico a 11100 cajas. Sin embargo, en la etapa de mayo y agosto el proceso intenta mantenerse entre 9000 cajas.

Inventario en piso

La situación actual de la industria respecto al indicador de inventario en piso se determina sin racks, ni tarimas, únicamente sobre pallets americanos, evaluando así la eficiencia y seguridad del área de almacenamiento mediante la ecuación 7:

$$\text{Nivel de inventario en físico} = \frac{\text{Pallets requeridos en piso}}{\text{Capacidad max. pallets en piso}} \times 100$$

Ecuación 7. Nivel de inventario en físico 2024

Tabla 5. Análisis del inventario en piso para 2024

Mes	Pallets requeridos en piso	Capacidad máx. pallets en piso (bodega)	Nivel de inventario en físico	Total, cajas almacenadas
Noviembre	301	183	164%	12642
Octubre	211	183	115%	8862
Septiembre	161	183	88%	6762
Agosto	109	183	60%	4578
Diciembre	76	183	42%	3192
				36036

Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

Como indica la tabla 5, se ordena en orden porcentual descendente, en la columna de nivel de inventario en físico correspondiente al año 2024, los porcentajes superan el 100% de capacidad respecto al indicador de inventario en piso. Los pallets requeridos en piso para cumplir con la totalidad de los pedidos no son suficientes. Esto indica que la bodega no solamente se encuentra saturada en los meses de octubre y noviembre, sino que el producto se envía a áreas no diseñadas para el almacenamiento para cumplir y suplir esta necesidad.

Es importante ver que el mes de septiembre (ver Tabla 6) alcanza un porcentaje muy cercano al límite máximo lo que tampoco es adecuado.

A continuación, en la tabla cinco se plantea el análisis del inventario en piso para el año 2025.

Tabla 6. Análisis del inventario en piso para 2025

Mes	Pallets requeridos en piso	Capacidad máx. pallets en piso (bodega)	Nivel de inventario en físico	Total, cajas almacenadas
Enero	133	183	73%	5583
Febrero	46	183	25%	1930
Marzo	143	183	78%	6014
Abril	265	183	145%	11117
Mayo	271	183	148%	11362
Junio	178	183	97%	7471
Julio	223	183	122%	9350
Agosto	290	183	159%	12185

Septiembre	160	183	87%	6701
				71713

Elaborado por. *Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo I*

Se observa en la tabla 6, en la columna de nivel de inventario en físico correspondiente al año 2025, qué de los nueve meses en análisis, seis superan el 97% de capacidad de saturación, observándose preocupante los meses de abril mayo junio julio y agosto, debido a que sobrepasan el 100% de capacidad. En estos casos lo que la industria realiza como se en líneas anteriores, es parar la producción cuando la bodega se encuentra en su máxima nivel de saturación, proceder al despacho y envío, para nuevamente producir la cantidad restante. Este procedimiento anula las ventajas del sistema *Make to Order* ya que la producción no se detiene por fallas en el sistema de producción sino por el tipo de sistema de almacenamiento de inventario. (en bloques)

Nivel de rotación de inventarios

Este diagnóstico se realiza para medir cuántas veces el inventario total fabricado y almacenado en el área de bodega se entrega al cliente durante un periodo establecido. Considerando el sistema *Make to Order* que la organización ejecuta, los ciclos completos de producción y despacho son cada mes, pues se rige por la confirmación del pedido con la demanda específica en toneladas. Así, dado que la producción efectiva del proyecto inició en agosto de 2024, se identifican 5 meses de operación (de agosto a diciembre), es decir 5 rotaciones completas en ese año.

Por su parte, para periodos subsiguientes, la planificación se basa en una frecuencia de rotación de inventario de 9 rotaciones, considerando que se establecen tiempos de 25 a 30 días, lo que permitiría proyectar teóricamente hasta 12 rotaciones anuales si la demanda es continua, condicionada siempre a que la bodega quede vacía para el siguiente pedido. Se calcula con la ecuación 8.

$$\text{Rotación anual} = k \text{ veces / año}$$

Ecuación 8. Rotación anual

2024 (ago. – dic.): 5 meses con despacho; **k = 5** (reporte de año parcial).

2025 (ene. – sep.): 9 meses con despacho; **k = 9** (reporte hasta septiembre).

Siguiendo la tendencia de los datos y bajo las ventas registradas la proyección de la rotación de inventario en bodega por orden de producción es de 12 veces/año.

Análisis de la fluctuación (cajas)

De acuerdo con Martínez-García, J. A., & Ramírez-Hernández, J. A. (2022), se considera importante realizar el análisis de la fluctuación por tipo de producto, para justificar la necesidad del cambio de sistema de almacenamiento que actualmente se maneja “apilado en bloques a sistema de almacenamiento en racks tipo drive-in”. Este último sistema no requiere alta variedad de stocks, lo ideal permanece en tener pocas variedades manteniendo su enfoque en almacenar cantidades altas y no variedades de SKU de fácil acceso, que en esos casos el sistema favorece al sistema de racks selectivos.

En este contexto, se han organizado los meses dependiendo de la mayor cantidad de cajas almacenadas en el área de bodega y enviadas a los camiones de transporte. La figura a continuación diseñada muestra el total de cajas almacenadas y entregadas en la bodega de producto 1 y 2 en los dos períodos de análisis. (ver Figura 19)

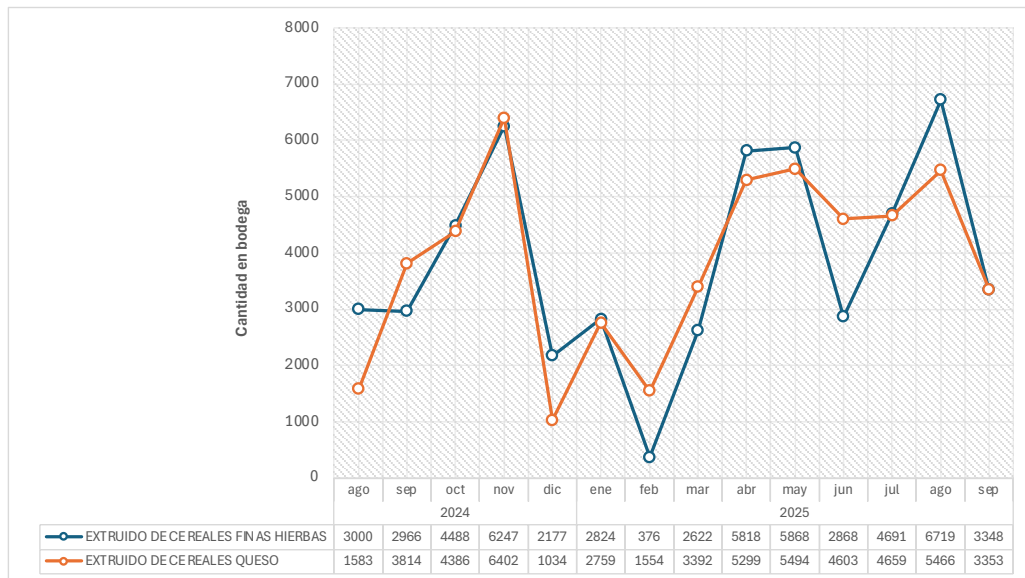


Figura 19. Total de cajas almacenadas en bodega del producto 1 y 2 en 2024.
Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025)

En 2024, los meses de noviembre y octubre representan el 50% de la producción total. Por su parte en 2025, agosto, mayo y abril representan más del 60% en consecuencia, son meses críticos para almacenar la totalidad del producto terminado, en determinado punto se satura y no se puede gestionar idóneamente el área de bodega.

Tabla 7. Producción mensual de snacks extruidos de cereales sabor a queso 2024

Mes	Cajas producidas	Cantidad de unidades por caja	Unidades producidas
Agosto	1583	270	427410
Septiembre	3814	270	1029780
Octubre	4386	270	1184220
Noviembre	6402	270	1728540
Diciembre	1034	270	279180
	17219		4649130

Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

El registro máximo en la Tabla 7, se observa en noviembre con 6402 cajas almacenadas, el mínimo se identifica en diciembre con 1034 cajas, lo que refleja una fluctuación significativa.

Tabla 8. Producción mensual de snacks extruidos de cereales sabor a finas hierbas 2024.

Mes	Cajas empaquetadas	Cantidad de unidades por caja	Unidades producidas
Agosto	3000	270	810000
Septiembre	2966	270	800820
Octubre	4488	270	1211760
Noviembre	6247	270	1686690
Diciembre	2177	270	587790
	18878		5097060

Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

El promedio mensual del período agosto - diciembre que se identifica en la Tabla 8, es de 3776 cajas almacenadas y despachadas por el área de bodega, lo que refleja una capacidad operativa superior a la del snack sabor a queso durante el mismo periodo 3444 cajas por mes.

Diagnóstico y análisis de las ventas correspondientes al año 2025

La Tabla 9, a continuación, está fundamentada en el Anexo A, el cual muestra la cantidad de unidades vendidas mensualmente durante el año 2025, con corte septiembre 2025, fecha que inicia el presente estudio. El interés de conocer frecuencias de despacho, evaluación del tiempo de permanencia y comportamiento de la demanda permite una adecuada gestión de inventarios respecto al uso y disponibilidad de la bodega. Los snacks a base de extruido de cereales sabor a queso y extruido de cereales sabor a finas hierbas, registran un total de 71263 cajas despachadas. Para el análisis por producto se interpretan las siguientes tablas.

Tabla 9. Cantidad de cajas despachadas de snack extruido de cereales sabor queso en 2025.

Mes	Cajas producidas	Cantidad de unidades por caja	Unidades producidas
Enero	2759	270	744930
Febrero	1554	270	419580
Marzo	3392	270	915840
Abril	5299	270	1430730
Mayo	5494	270	1483380
Junio	4603	270	1242810
Julio	4659	270	1257930
Agosto	5466	270	1475820
Septiembre	3353	270	905310
	36579		

Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo 1

En el período comprendido entre enero y septiembre, la producción del producto snack extruido de cereales sabor a queso se observa una variabilidad mensual significativa, acumulando 36579 cajas lo que se traduce en 9668430 unidades producidas. Se identifica que el límite máximo de producción se registra en el mes de mayo contemplando 5494 cajas, luego abril y posterior agosto con 5466 cajas respectivamente.

Esta diferencia se percibe debido a que la cantidad de pedidos no son fijos para cada snack, en consecuencia, se requiere de una eficiente planificación productiva, gestión de picos de demanda para optimizar el área de bodega en donde se identifica el problema controlando así el nivel de almacenamiento.

En el análisis del segundo producto “snack extruido de cereales con sabor a finas hierbas” de la cartera de productos (ver Tabla 10) se identifica que, durante el periodo de análisis, la producción acumulada en el área de bodega alcanzó un total de 35454 cajas empaquetadas, lo que representa una magnitud similar al snack sabor a queso, confirmando así que ambas líneas mantienen un comportamiento productivo similar y orientado a la demanda del cliente.

Tabla 10. Cantidad de cajas despachadas de snack extruido de cereales sabor a finas hierbas en 2025.

Mes	Cajas empaquetadas	Cantidad de unidades por caja	Unidades producidas
Enero	2824	270	762480
Febrero	376	270	101520
Marzo	2622	270	707940
Abril	5818	270	1570860
Mayo	5868	270	1584360
Junio	2868	270	774360
Julio	4691	270	1266570
Agosto	6719	270	1814130
Septiembre	3348	270	903960
	35134		

Elaborado por. Cabezas Nilo, (2025) basado en Anexo I

Identificando que el valor máximo corresponde al mes de agosto con 6719 cajas en bodega y el valor mínimo de 1476 cajas en febrero. Contextualizando a detalle, se observa que el pico de agosto representa el 18.3 % del total anual, los meses pico de ambas líneas de producto coinciden en abril, mayo y agosto, generando un cuello de botella o mayor carga sobre la bodega general. La similitud en tendencia de producto almacenado lo cual incrementa la complejidad operativa.

El presente trabajo se enfoca en la línea de investigación de la gestión de la cadena de suministro, que abarca exclusivamente la etapa de gestión de logística en almacenamiento, área de estudio delimitada al objetivo de estudio.

Diseño y *layout* actual de la industria

En concordancia con autores como Del Castillo, S. (2023). En su libro: Logística 4.0: innovación y eficiencia en la cadena de suministro. Para generar la propuesta, se requiere de una óptima simulación mediante software, para este caso de la bodega actual que consta de 287 metros cuadrados conformados en diseño del plano arquitectónico anteriormente descrito. (ver Figura 20)

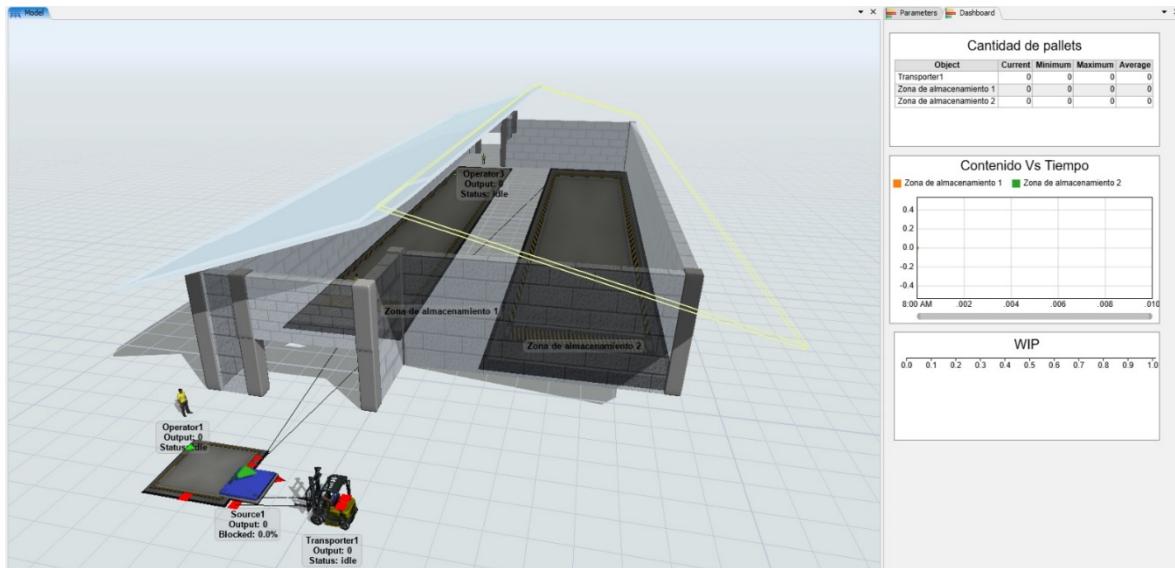


Figura 20. Diseño vista superior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (As-Is)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Se presenta la simulación *As-Is*, estableciendo dashboards referentes a indicadores de almacenamiento de la industria, mediante el programa *FlexSim* 2025:

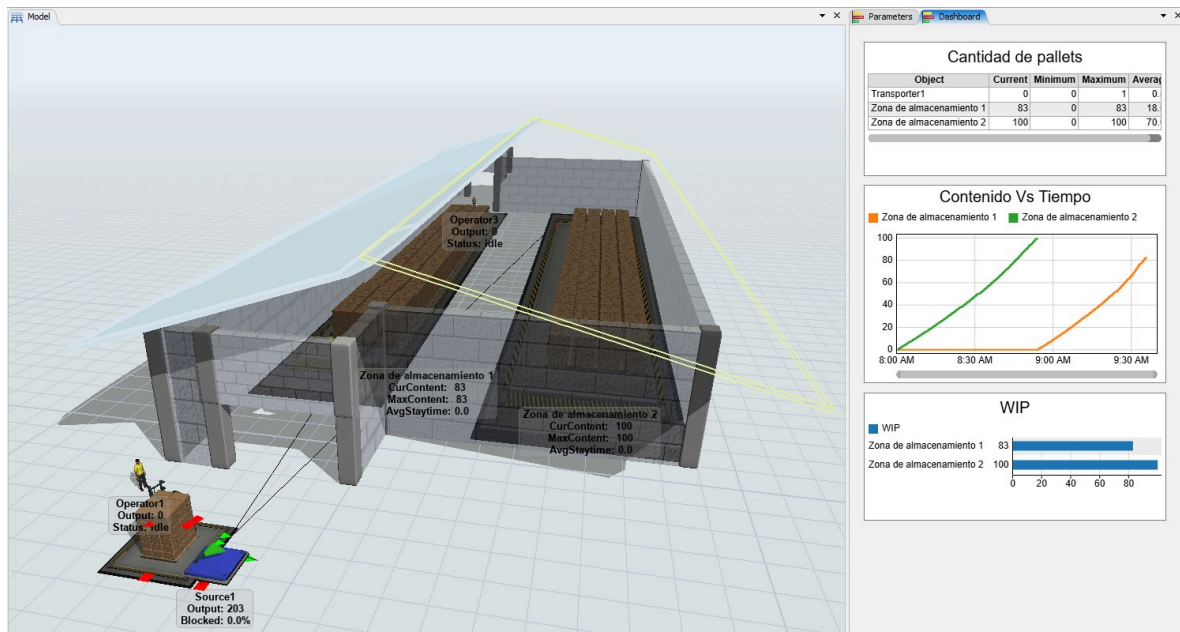


Figura 21. Diseño vista superior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

La propuesta transforma el sistema de almacenamiento antiguo de un solo nivel (ver Figura 21), ocupando las zonas laterales de la bodega de almacenamiento (ver Figura 22).

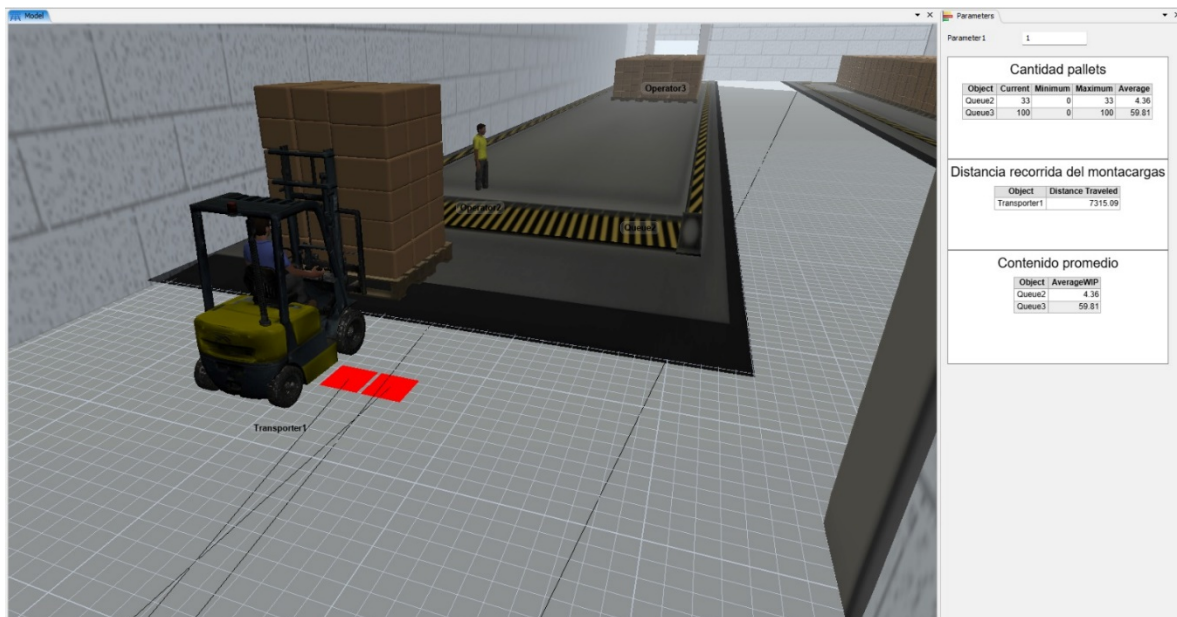


Figura 22. Diseño de vista interior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

El apilado en pallets de 42 cajas se almacena con un montacargas y un operario, adicional, (ver Figura 23) se suele vincular un segundo operario para guiar el trayecto y garantizar que el producto final se almacene adecuadamente con la finalidad de optimizar los espacios ya que deberán ser mínimos.

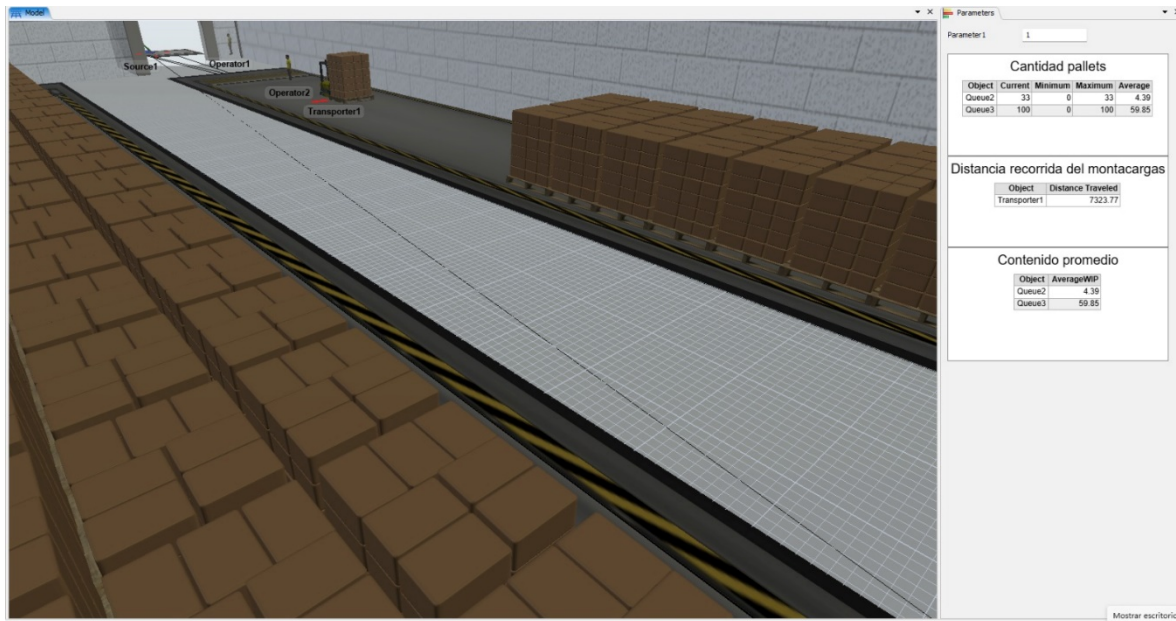


Figura 23. Diseño vista lateral interior de simulación de área de bodega de almacenamiento actual (as-is)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Mediante el montacargas se distribuyen y almacenan las cajas (se ha utilizado el objeto *Transporter 1* que muestra la Figura 23), alcanzado los límites de almacenamiento de un solo nivel, se procede al envío y paro en la producción por la disponibilidad de espacio, las métricas a mejorar en la simulación computacional se reflejan en los parámetros que se muestran a continuación:

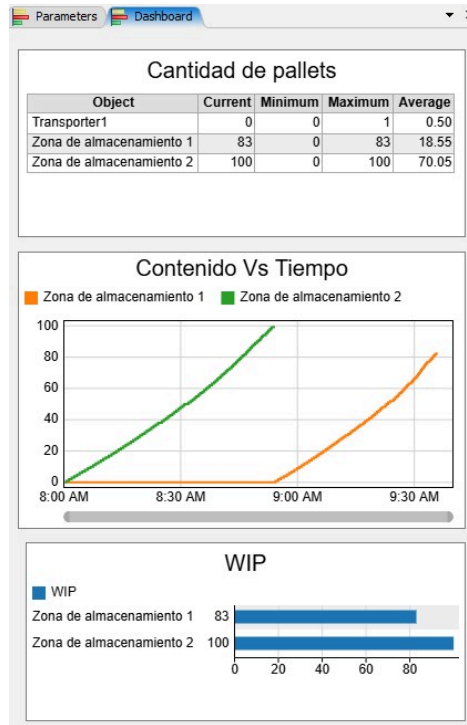


Figura 24. Parámetros reportados por FlexSim 2025
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Los datos reflejados en los parámetros de la simulación de la Figura 24, evidencian una limitada capacidad y ocupación poco eficiente, su comportamiento refleja una presión operativa sobre el sistema as-is que actualmente la industria sostiene. Se identifica que efectivamente la cantidad de pallets en piso es de 1 (reflejados en *Queue 2* y *3* de la simulación) y el espacio queda limitado para continuar almacenando, es necesario entonces realizar una optimización para mejorar la relación entre capacidad, ocupación, reduciendo saturación en piso y mejorando el aprovechamiento volumétrico de la bodega de almacenamiento.

Modelo operativo

El modelo operativo que rige a la industria molinera y su cadena de suministro es el sistema *Make to Order*, también conocido como fabricación bajo pedido. Este sistema se caracteriza porque la producción de los bienes se ejecuta de manera parcial (en el caso as-is detallado en el estudio) o total únicamente tras recibir el pedido de un cliente, diseñando productos adaptados a sus requerimientos específicos. Benítez López, G. Cruz Chávez, M.

& Valdez Pérez, M. D. L. Á. (2022). En la práctica, el ciclo operativo de este modelo dentro de la industria en análisis funciona de la siguiente manera:

1. **Inicio por solicitud:** El flujo es impulsado por la demanda real. El ciclo arranca mensualmente cuando el cliente o socio estratégico envía un requerimiento formal, como puede ser un pedido de 120 toneladas de snacks extruidos.
2. **Producción dedicada:** Inmediatamente después de recibir el pedido, la fábrica inicia la producción destinada exclusivamente a cubrir esa cuota.
3. **Rotación mensual:** El proceso de rotación completo, que abarca desde la primera etapa de producción hasta el despacho total del producto (dejando la bodega vacía y lista para el próximo pedido), tiene una duración estimada de 25 a 30 días.

El modelo operativo y la cadena de valor, cumple con un importante rol dentro del sector alimenticio en el contexto local, debido que el flujo de su cadena de suministro inicia con sus proveedores, (ver Figura 25) los cuales conforman productores de sectores rurales y economías populares y solidarias incidiendo así en la dinámica económica.

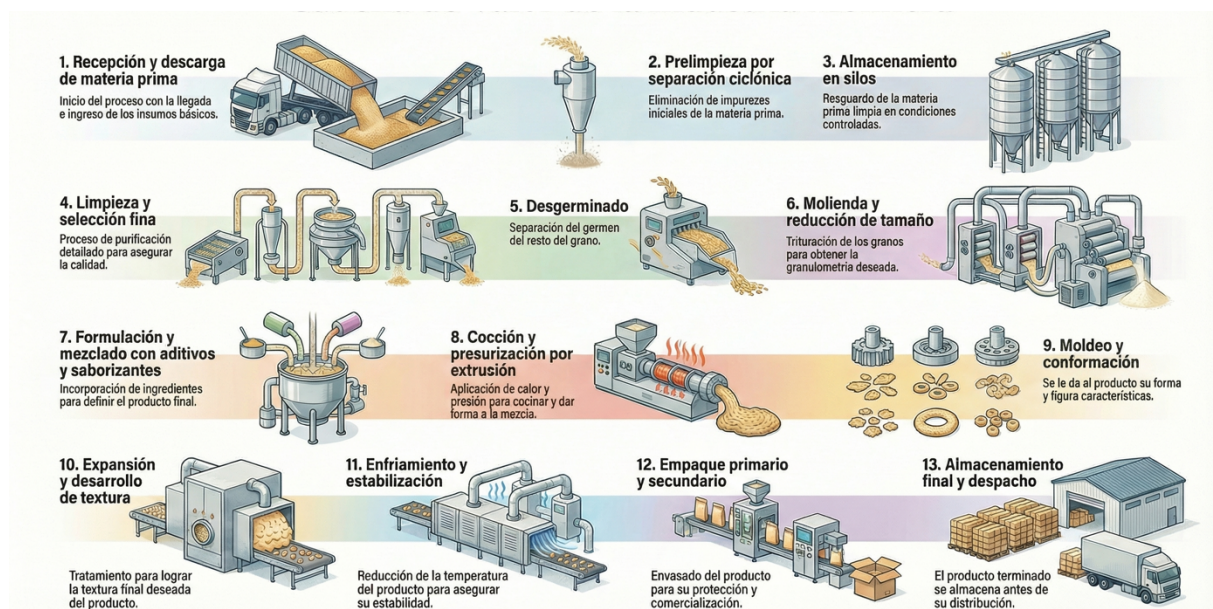


Figura 25. Cadena de valor de la industria.
Elaborado por: Cabezas Nilo (2025) y generado con Notebook LM (Google, 2025).

Desarrollo del modelo operativo

Para alcanzar una optimización de la cadena de suministro de la empresa, se requiere seguir el modelo operativo a continuación detallado.

Fase 1. Planificación del proyecto de mejora

En esta fase inicial se realiza la evaluación inicial de la empresa tomando en cuenta las políticas de almacenamiento e inventario que se manejan para el pedido de productos. Las actividades a ejecutarse comprenden:

- Análisis del estado actual del sistema de almacenamiento e inventario.
- Análisis de productos despachados en el año 2024 y 2025.
- Análisis de los indicadores en la propuesta To-Be.

Fase 2. Simulación del proyecto

Se busca realizar una simulación computacional en el software Flexsim 2025, del sistema de almacenamiento de producto terminado en el área de bodega (propuesta To-Be). Se consideran las siguientes actividades:

- Simular sistema de almacenamiento as-is (apilado en pallets)
- Evaluar los resultados de los dashboards del software, respecto a la capacidad máxima de almacenamiento as -is.
- Simular sistema de almacenamiento To-Be (mediante racks tipo Drive-in)
- Evaluar los resultados de los dashboards del software, respecto a la capacidad máxima de almacenamiento To-Be.

Fase 3. Análisis de resultados y mejora del sistema de almacenamiento

Se analiza los resultados de los indicadores previstos, así como la nueva capacidad de almacenamiento. Las actividades a ejecutarse son:

- Análisis resultados de indicadores de evaluación de desempeño as-is respecto a mejora To-Be mediante la simulación computacional.
- Análisis de nueva capacidad del sistema To-Be, respecto al sistema as-is.

CAPÍTULO III

Propuesta y resultados esperados

Presentación de la propuesta

El presente capítulo describe la propuesta de solución con criterio integral, que optimiza el sistema de almacenamiento y gestión de inventario de producto terminado, se ha considerado metodologías logísticas y simulación computacional. Para respaldar la propuesta, se han analizado profundamente los datos emitidos por la industria, y para fines óptimos se han agrupado en los tres principales indicadores: índice de ocupación, inventario en piso y nivel de rotación, los cuales se han optimizado. Así mismo, se han considerado dos puntos claves: la ingeniería y la gestión logística.



Ingeniería: Mediante la simulación logística del cambio de sistema de almacenamiento. De bloques a Racks tipo Drive - in, de varios niveles.



Gestión: Optimizando los ÍNDICES de ocupación, inventario en piso, análisis de fluctuación y rotación de inventarios.

Análisis y mejora del sistema de almacenamiento de inventario

El análisis de las tablas 2 y 3, correspondientes al índice de ocupación del área de almacenamiento en 2024 y 2025 evidencia que existen meses en donde el área de almacenamiento de producto terminado sobrepasa su capacidad máxima, registrándose valores mensuales que sobrepasan el 100% e inclusive llegan a porcentajes del 165% respecto al límite máximo de capacidad acorde al área física disponible, ocupando áreas no previstas para solventar el inconveniente. Este problema se relaciona directamente con el tipo de

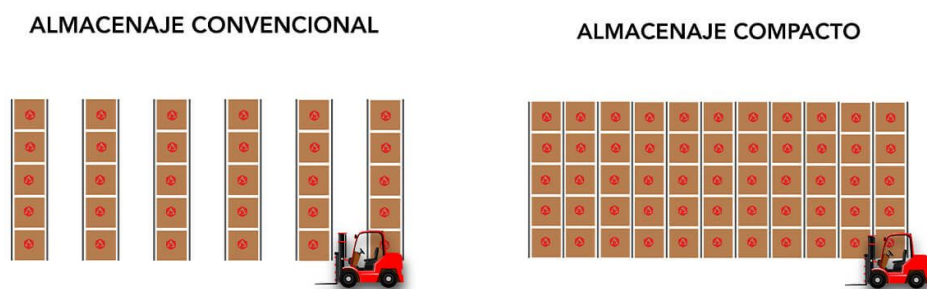
sistema que se ejecuta actualmente. El sistema actual se denomina sistema de apilado en bloque, que se evidencia en la figura 1 y requiere un cambio de modelo de sistema urgente.

Se propone como la Figura 26 indica, un cambio en la logística del sistema de almacenamiento de la siguiente manera:



*Figura 26. Propuesta de cambio de sistema de almacenamiento
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*

El cambio de sistema requiere que se optimice en su totalidad todas las áreas horizontales y verticales del espacio disponible. El sistema de bloques actual solamente soporta 7 cajas de base por 6 cajas apiladas de manera vertical, es decir cada pallet puede almacenar 42 cajas de snack en un solo nivel. La propuesta presenta una reestructura en su manera de almacenar y distribuir, los espacios intermedios en la bodega se optimizan significativamente, de acuerdo con lo visualizado en la Figura 27.



*Figura 27. Sistemas de almacenamiento As-Is a To-Be
Elaborado por: ar-racking.com (2024)*

Propuesta de nuevo *layout* y simulación computacional.

La nueva propuesta modifica el sistema, el *layout*, y el aprovechamiento de todas las áreas disponibles del espacio físico de bodega actual limitadas en 287 metros cuadrados, distribuidos en 12.5 metros de ancho por 23 metros de largo. A continuación, se muestra la simulación del nuevo diseño con el sistema de almacenamiento con Racks tipo Drive In.

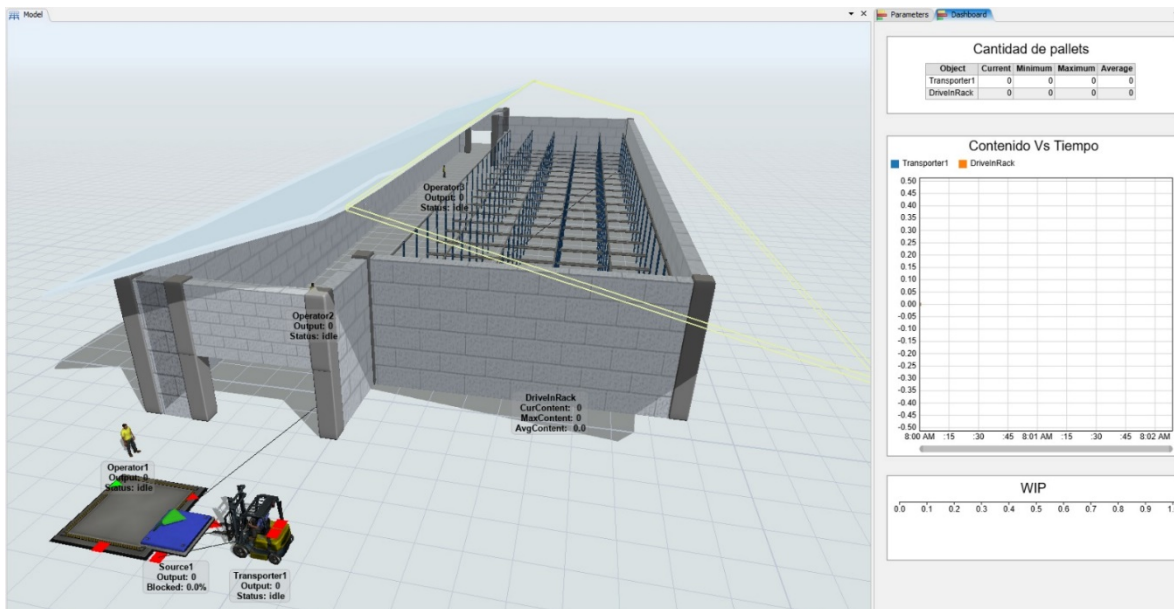
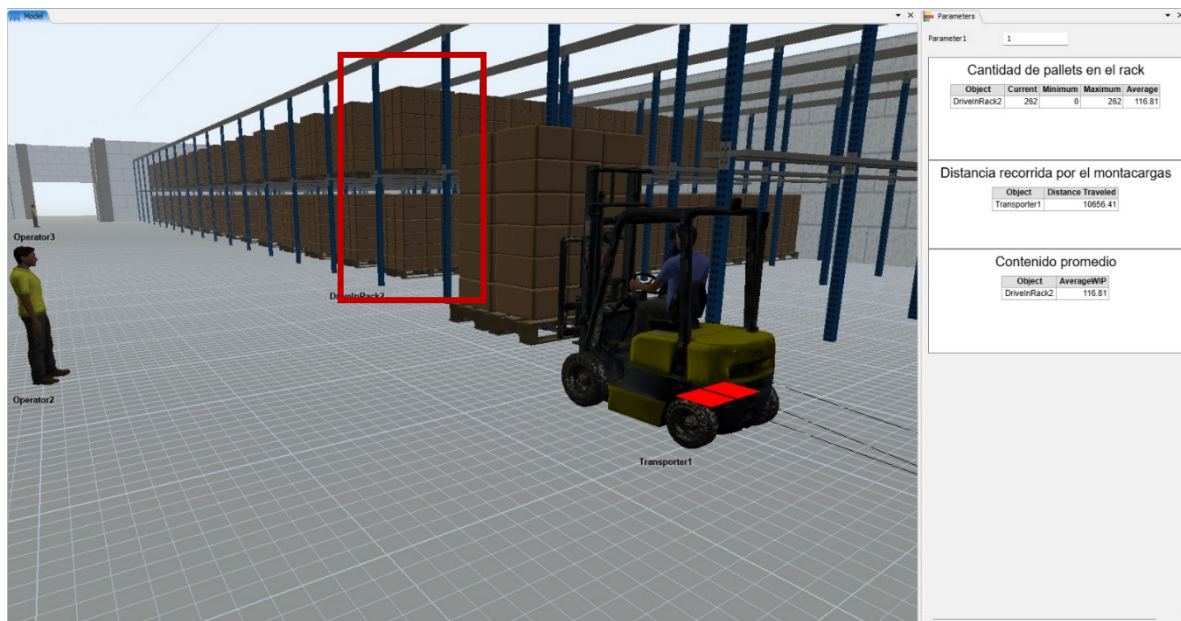


Figura 28. Diseño vista superior exterior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Como se observa en la Figura 28, el sistema de almacenamiento propuesto optimiza el espacio y la densidad, minimiza los pasillos entre pallets, permitiendo que el montacargas ingrese en la estructura de los racks tipo drive-in lo que resulta ideal para productos de alta rotación y pocas referencias.



*Figura 29. Vista lateral interior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*

El nuevo sistema que se observa en la Figura 29, aprovecha la verticalidad apilando 2 niveles de altura, duplicando la capacidad, con la misma cantidad de pallets en piso. Adicional, no es inconveniente el peso de las cajas superiores ya que el sistema de racks mantiene soportes y no topa a las cajas inferiores evitando pérdidas. De esta manera se soluciona la restricción de seis cajas de alto que actualmente se mantiene vigente.

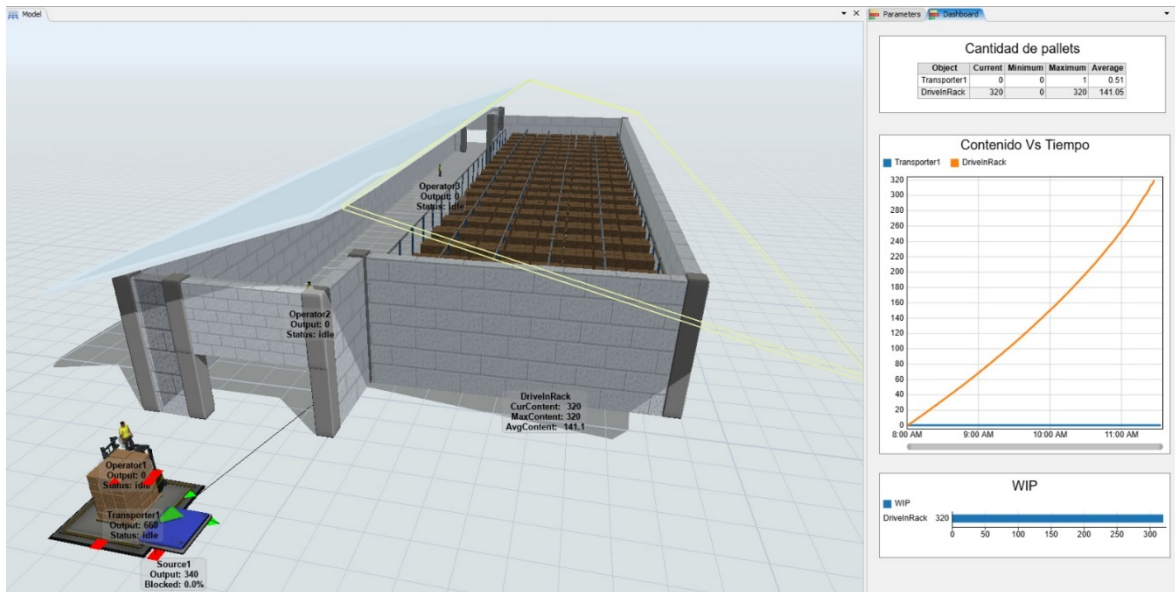


Figura 30. Vista lateral exterior de simulación de área de bodega de almacenamiento propuesto (To-Be)
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

La simulación de la Figura 30, muestra que el objeto *Queue* renombrado como *Drive in Rack 2* ocupa toda la parte lateral de la estructura, optimizando totalmente los espacios disponibles en bodega respecto a altitud y longitud, sin recurrir a paros innecesarios en el flujo de la producción.

Respecto a la gestión del sistema se establece un vaciado o despacho completamente en 30 días. De esta manera el sistema se no afecta el *layout* ni aspectos como la caducidad al ser gestionada con un vaciado por túnel completo al final del mes ya que el pedido se genera bajo criterios *Make to Order*.

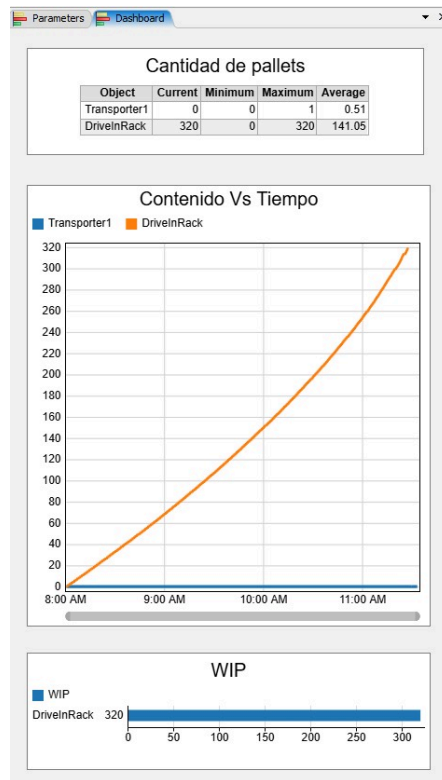


Figura 31. Parámetros reportados por FlexSim 2025
Elaborado por: Cabezas Nilo, 2025

Como se identifica en la Figura 31, en la simulación computacional se observa una mejora al aplicar el sistema Drive-In de doble nivel, la simulación ha demostrado una mejora sustantiva respecto a la capacidad y la densidad en el sistema de almacenamiento, que es el objetivo logístico en el presente estudio.

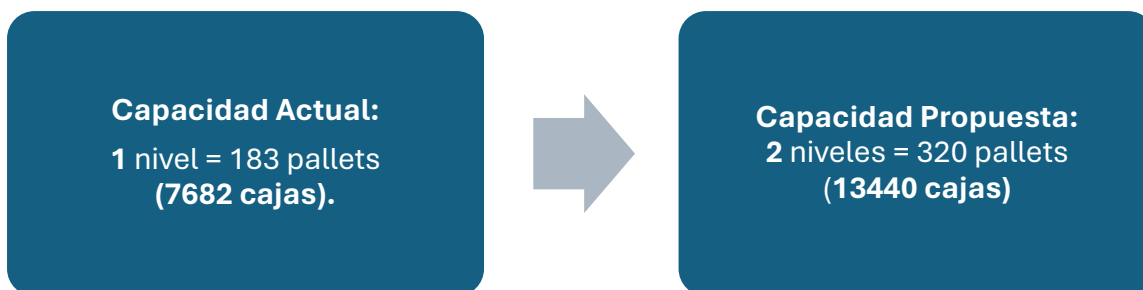
Los parámetros del *dashboard* reportan un máximo de 320 pallets, valor significativamente superior al sistema actual. Se confirma que la propuesta aprovecha de manera óptima los espacios principalmente la altura, almacenando más producto mantiene un nivel promedio de disponibilidad alto y funcional durante la simulación.

Cabe mencionar, que el incremento en distancia recorrida por el (*Transporter 1*) montacargas es esperable, ya que, en un sistema de mayor densidad, el equipo debe maniobrar, entrar, salir para ordenar los pallets con producto terminado. Sin embargo, este incremento del recorrido debe expresarse como un costo operativo razonable respecto al beneficio obtenido, debido a que el sistema ahorra espacio, con mucho más inventario y

reduce el riesgo de utilización de áreas no diseñadas para almacenamiento, tal como se ha identificado anteriormente.

Cálculo de la nueva capacidad volumétrica

La propuesta de capacidad de almacenamiento debido al cambio de sistema se calcula de la siguiente manera:



Respecto a la capacidad propuesta, se diseña un *layout* con distribución de túneles de fondo y dos niveles de altura. Se establece esta altura ya que no se puede ampliar más debido al limitante de la altura del techo del área de bodega. De esta manera, la nueva capacidad cubre holgadamente el pico histórico registrado en la industria respecto a la demanda de agosto de 2025 (12185 cajas), eliminando notablemente la necesidad de utilizar áreas que no corresponden a la bodega general y cubriendo un margen de seguridad de 10.3% en el mismo.

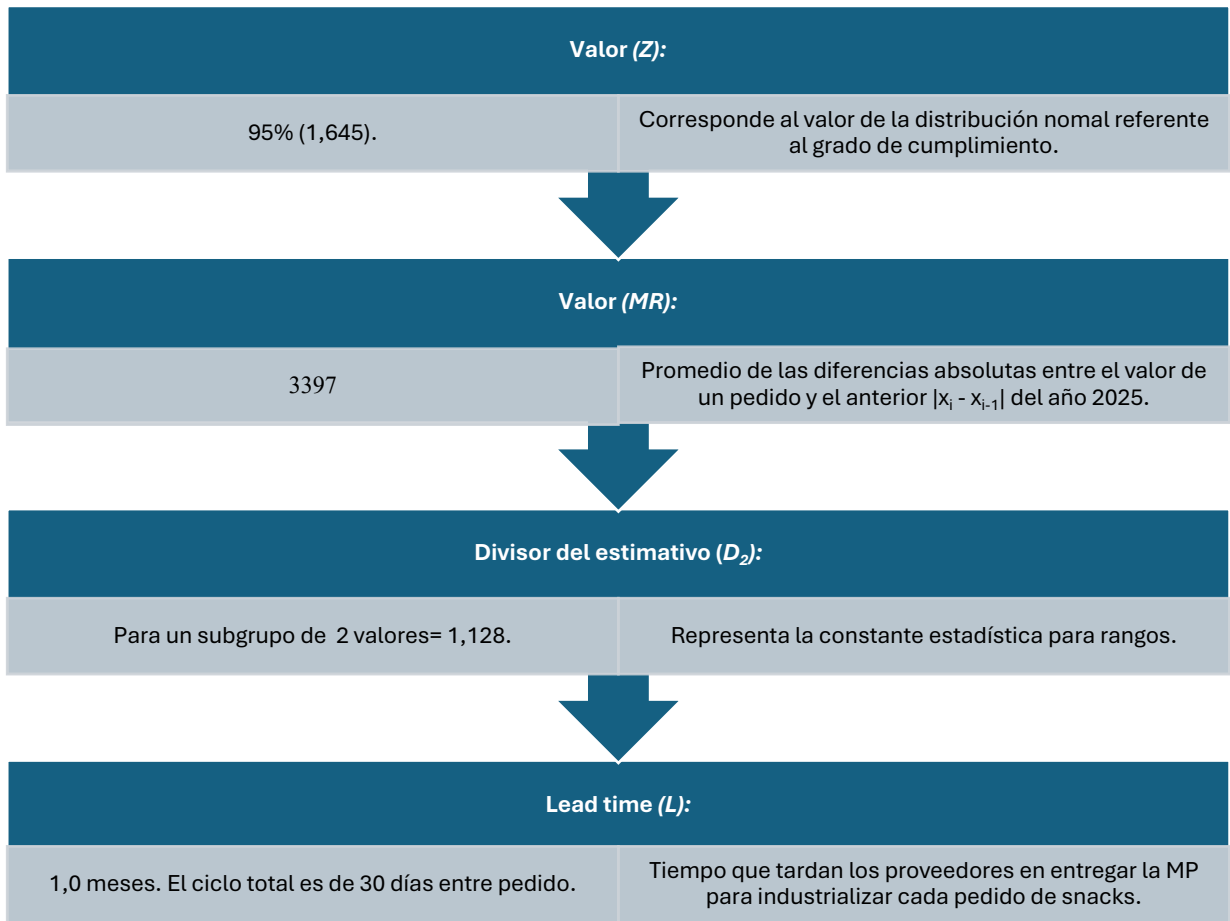
Cálculo de stock de seguridad

Para garantizar el nivel de servicio debido al riesgo de paros o imprevistos ajenos a la industria que se menciona en la etapa de diagnóstico, se propone aplicar como política el valor resultante del análisis de stock de seguridad, basado en la ecuación 9:

$$SS = Z * \left(\frac{MR}{d_2} \right) * \sqrt{L}$$

Ecuación 9. Stock de seguridad

Debido a que la industria opera con el sistema *MTO*, la fórmula no considera la desviación estándar directamente. Una desviación estándar resulta muy sensible a valores altamente fluctuantes, por ende, se reemplaza el valor con el cálculo del rango móvil y la constante estadística de las tablas de control de rango d_2 , que se ajusta adecuadamente a dichas fluctuaciones.



Reemplazando los valores se obtiene:

$$SS = 1,645 * \left(\frac{3397}{1,128} \right) * \sqrt{1}$$

$$SS = 1,645 * (3011,52) * \sqrt{1}$$

$$SS = 4954 \text{ cajas}$$

El valor obtenido corresponde a cajas en reserva ante emergencias o paros de producción por factores internos y externos a la industria. Dicho valor corresponde a una sugerencia de política a aplicarse.

Resultados esperados

Los resultados esperados del estudio se derivan del modelo operativo. Se numeran los siguientes:

1. Resultados derivados de la fase 1: Planificación del proyecto de mejora

- **Diagnóstico claro y cuantificado del sistema *As-Is*:** A partir del análisis del estado actual y del historial de productos despachados en 2024 y 2025, se espera obtener una línea base comprobable que evidencie matemáticamente las deficiencias del sistema de apilado en bloque, tales como las saturaciones crónicas que sobrepasaron la capacidad máxima instalada de 183 pallets.
- **Establecimiento de indicadores y políticas de inventario:** Tras evaluar el comportamiento de los despachos, se espera definir los parámetros de evaluación para la nueva propuesta (índice de ocupación, nivel de inventario en piso y rotación). Asimismo, se prevé generar una política de almacenamiento formal, definiendo un Stock de Seguridad científico (establecido en 4,954 cajas) que proteja la operatividad del modelo *Make to Order*.

2. Resultados derivados de la Fase 2: Simulación del proyecto

- **Validación técnica del modelo *As-Is*:** Mediante la ejecución de la simulación en el software *FlexSim 2025*, se espera comprobar visual y estadísticamente a través de *dashboards* el colapso del sistema de almacenamiento actual de un solo nivel, corroborando la incapacidad de absorber los picos de inventario.
- **Validación volumétrica del modelo *To-Be*:** Al simular el nuevo diseño con Racks tipo Drive-In de dos niveles, se espera demostrar un incremento sustancial y óptimo de la densidad de almacenamiento. El resultado principal de esta fase proyecta

alcanzar una nueva capacidad máxima instalada de 320 pallets, sin necesidad de modificar el espacio físico actual de 287 m².

3. Resultados derivados de la Fase 3: Análisis de resultados y mejora del sistema de almacenamiento

- **Absorción del 100% de la demanda pico y eliminación de mermas:** A través del análisis comparativo (*As-Is* vs *To-Be*), se espera confirmar que el nuevo sistema tiene la capacidad de absorber los máximos picos históricos de demanda sin invadir áreas externas ni pasillos, eliminando paralelamente los riesgos de daño por aplastamiento al ser la estructura metálica la que soporta las cargas.
- **Estabilización de los indicadores logísticos:** Finalmente, se espera que los resultados numéricos confirmen una mejora en el desempeño global de la bodega: una estabilización del índice de ocupación operativo en una media segura del 57.1% y una reducción del tiempo del ciclo de despachos en un 50% (pasando de 8 días de maniobras fragmentadas a solo 4 días de flujo continuo).

Cronograma de actividades de implementación

Al ser una documento investigativo y acorde a los objetivos del trabajo se ha desarrollado la simulación bajo el siguiente Figura 32 del diagrama de Gantt.

Actividad	Temporalidad	Recursos	Expectativa de descriptores/ ICD	Mes/año				
				11/2025	12/2025	01/2026	02/2026	03/2026
Análisis y medición de área de bodega.	Mensual	Tesista, jefe de producción, planos arquitectónicos.	1 análisis del plano físico requerido a formato .fms					
Construcción del modelo As-Is (in situ).	Mensual	Tesista, software de simulación FlexSim, datos históricos.	2 modelos digitales que reflejen el comportamiento real actual de la bodega.					

Modelado de la mejora (To-Be).	Mensual	Tesista, software de simulación FlexSim, datos históricos.	1 escenario optimizado con reducción de cuellos de botella.					
Interpretación de resultados de la propuesta de mejora.	Mensual	Tesista, software de simulación FlexSim, datos históricos.	1 documento de conclusiones con porcentaje de mejora proyectado.					

*Figura 32. Diagrama de Gantt para actividades de simulación
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)*

Análisis de costos

A continuación, la Tabla 11 presenta una matriz valorada para esta fase de estudio, en la cual se detallan los componentes y actividades que se requieren para su estudio de simulación computacional.

Tabla 11. Análisis de costos del estudio

No.	Actividades	Responsable	Costo USD
1	Revisión de literatura	Nilo Cabezas	\$ 100,00
2	Recolección de datos in-situ.	Nilo Cabezas, Jefe de producción	\$ 150,00
3	Creación base de datos	Nilo Cabezas	\$ 100,00
4	Análisis de datos	Nilo Cabezas	\$ 100,00
5	Diseño de simulaciones computacionales.	Nilo Cabezas	\$ 150,00
6	Validación del modelo	Nilo Cabezas, Jefe de producción	\$ 100,00
7	Evaluación de resultados	Nilo Cabezas	\$ 100,00
8	Impresión de trabajo de titulación.	Nilo Cabezas	\$ 40,00
Total			\$ 840,00

Elaborado por: Cabezas Nilo (2025)

Análisis de inversión - Curva S

El acumulado de inversión propuesto en este estudio tiene un inicio lento (adjudicación/diseño), luego aceleración pronunciada en la fase constructiva/fabricación y desaceleración al cierre, pero sostiene un ROI favorable (ver Anexo 9). Este comportamiento se replica con claridad: el mes 2 concentra el mayor desembolso individual (fabricación de la estructura metálica), mientras que el mes 3 acumula los trabajos de adecuación civil y montaje, alcanzando conjuntamente el 84.4% del CAPEX total en tan solo dos meses de ejecución.

Con el método de la Curva S detallado en la Tabla 12, se identifica tres zonas diferenciadas:

- **Zona 1.** Inicio lento (Mes 0 - 1): El gasto acumulado representa solo el 14.1% del presupuesto. Esta etapa corresponde a los trámites administrativos, comparación de proveedores y firma de contratos, actividades de bajo costo, pero de alta relevancia para el éxito del proyecto.
- **Zona 2.** Aceleración (Mes 2 - 3): Se ejecuta el 70.3% del CAPEX restante en dos meses. Esta fase concentra la fabricación de los racks Drive-In en taller (mes 2) y las obras de nivelación de piso, montaje y anclaje en la bodega de 287 m² (mes 3). Constituye el período crítico de control presupuestal y de avance físico.
- **Zona 3.** Desaceleración y cierre (Mes 4 - 5): El porcentaje acumulado asciende del 84.4% al 100%, con desembolsos menores destinados a la puesta en marcha operativa, capacitación del personal bajo el flujo LIFO y auditoría final de la instalación.

Tabla 12. Distribución temporal de la inversión (Curva S) – Sistema Drive-In

Período	Actividad / Hito	Ítem de Inversión	Costo (USD)	% Acumulado
Mes 0	Inicio del proyecto – firma de contrato	Aprobación presupuesto CAPEX	\$ 0	0 %
Mes 1	Licitación y contratación de proveedor (Reckless S.A.)	Protectores estructurales + anticipo racks	\$ 2,700	14.1 %
Mes 2	Fabricación de racks Drive-In (taller proveedor)	Estructura Drive-In – 2 niveles / 320 pallets	\$ 7,200	51.7 %
Mes 3	Adecuación de piso + montaje e instalación en bodega (287 m²)	Obra civil nivelación + ensamblaje y anclaje	\$ 6,250	84.4 %
Mes 4	Capacitación operarios + puesta en marcha	Entrenamiento flujo LIFO + simulación real	\$ 2,700	98.4 %
Mes 5	Auditoría, cierre y entrega formal	Revisión final de anclajes y documentación	\$ 300	100.0 %
TOTAL		CAPEX Total del proyecto	\$ 19,150	100.0 %

Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025) Referencia: Reckless S.A.

Tal como se ha mencionado, la distribución de la inversión sigue el patrón esperado: el mes 1 absorbe únicamente el 14.1% del CAPEX (trámites de contratación y anticipo de protectores), el mes 2 genera el mayor salto acumulado al ejecutarse el 37.6% adicional correspondiente a la fabricación de la estructura, y los meses 3 y 4 consolidan la ejecución física en planta. Al cierre del mes 5, el 100% del presupuesto habrá sido comprometido y la bodega operará bajo el nuevo sistema de alta densidad con capacidad de 320 pallets (ver Figura 33)

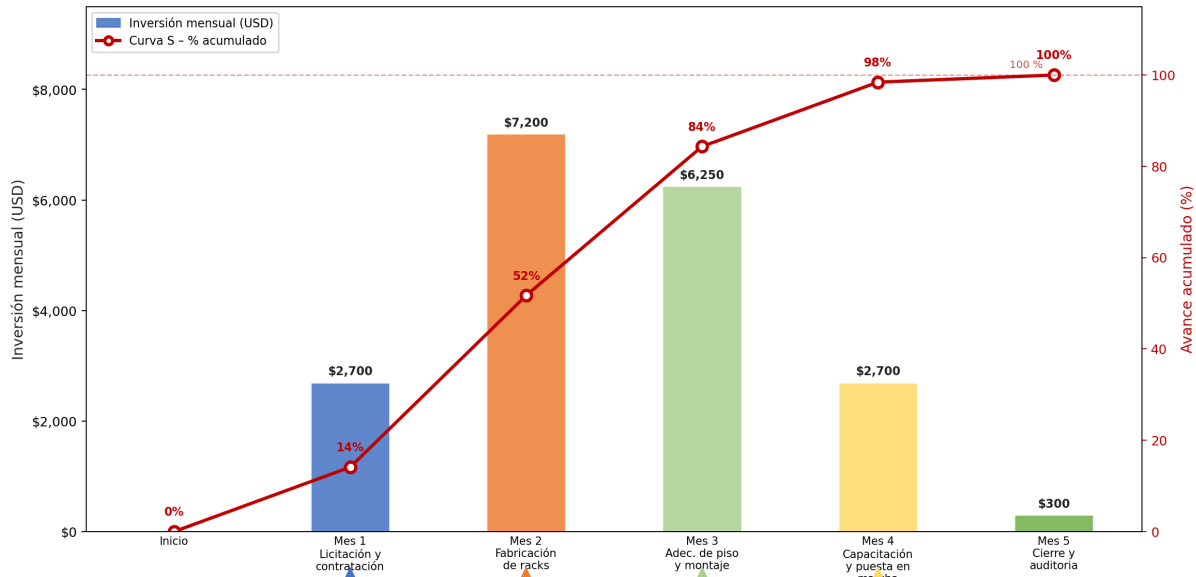


Figura 33. Curva S de inversión del sistema de Racks tipo Drive-In CAPEX.
Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Componente ambiental

Se identifican los aspectos ambientales a considerarse en la propuesta de estudio para la etapa de ejecución. Se detalla la situación actual y la mitigación supuesta al ejecutarse.

1. Eficiencia energética en los procesos de producción

Situación actual: La saturación del almacén obliga a la industria a realizar constantes e ineficientes paros de producción en las máquinas extrusoras exclusivamente para liberar espacio.

Impacto ambiental mitigado: El encendido y apagado constante de maquinaria industrial pesada (como las extrusoras) genera picos ineficientes de consumo eléctrico. Al solucionar el cuello de botella de la bodega, la producción ya no se detiene por falta de espacio, asegurando un flujo continuo. Esto favorece la eficiencia energética de la planta.

2. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por transporte

Situación actual: Debido a la saturación de la bodega, la empresa se ve obligada a fragmentar las entregas, ejecutando ineficientes ciclos de despacho que consumen 8 días

operativos al mes y generan 7 días de espera entre despachos parciales. Esto implica un mayor desplazamiento de camiones transportadores de producto.

Impacto ambiental mitigado: La propuesta de optimización reduce el tiempo del ciclo operativo de despachos en un 50% (de 8 a 4 días), consolidando los envíos y eliminando los gastos de transporte redundantes y los viajes adicionales. Esta disminución directa en el tráfico de vehículos pesados se traduce en una menor quema de combustibles fósiles y, por ende, en una reducción de emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes al aire.

3. Aspectos ambientales temporales por adecuación de infraestructura

En la fase de implementación del proyecto se requiere de una etapa de construcción que incluye el ensamblaje, anclaje de estructuras metálicas y una "adecuación de piso (obra civil menor)" para nivelar la superficie de la bodega de 287 m².

Aspectos asociados: Durante el mes tres del cronograma, estas actividades generarán aspectos ambientales temporales típicos de la construcción, tales como la generación de escombros/residuos de construcción, polvo (material particulado) y ruido por el uso de herramientas de anclaje, los cuales deben ser gestionados adecuadamente en la planta.

CAPÍTULO IV

Ejecución de la propuesta y resultados obtenidos

Proceso de ejecución

La ejecución de la propuesta se fundamenta en la validación virtual mediante la simulación computacional en el software *FlexSim* y el análisis estadístico de control. El proceso de ejecución consistió en someter la demanda histórica real (2024-2025) a las nuevas condiciones de ingeniería logística propuestas: un sistema de almacenamiento verticalizado mediante Racks tipo Drive-In de 2 niveles, con una capacidad instalada ampliada de 183 a 320 posiciones de pallets.

Adicionalmente, se integró la nueva política de gestión basada en un Stock de Seguridad de 4954 cajas, calculado a partir del Rango Móvil (MR), diseñado específicamente para absorber las fluctuaciones atípicas del sistema *Make to Order* sin detener la producción por actividades de disponibilidad de bodega para producto terminado.

Justificación de la ejecución

La ejecución de esta validación técnica mediante simulación se justifica por el colapso operativo evidenciado en el capítulo de diagnóstico. El sistema actual de la industria de "apilado en bloque mediante pallets" de un solo nivel demostró ser poco eficiente, alcanzando picos críticos de ocupación en 2024 y 2025.

Esta limitación física obligaba a la empresa a detener las extrusoras de producción por falta de espacio temporal, incurriendo en costos de actividades que no añaden valor y a utilizar pasillos o áreas no diseñadas para el almacenamiento de alimentos, lo cual afecta las garantías de una adecuada logística de la cadena de suministro e incremento en los riesgos de inocuidad alimentaria.

Resultados obtenidos y presentación

Al aplicar la demanda real a la nueva infraestructura propuesta, los resultados obtenidos impactan directamente de forma positiva en los tres indicadores críticos definidos en el estudio:

Índice de Ocupación (%)

El sistema pasó de un estado de saturación crónica mayor al 150% a un estado óptimo y manejable. Al incrementar significativamente la capacidad vertical, el índice de ocupación se estabilizó. La tabla 13 compara los valores antiguos y los simulados, se identifica que en todos los meses analizados el volumen almacenado se mantiene dentro del límite de capacidad del sistema de racks tipo drive-in.

Tabla 13. Comparación de capacidad de sistema de almacenamiento antiguo a simulado.

Año	Mes	Cajas almacenadas	Capacidad bodega sistema antiguo	% de ocupación (As-Is)	Capacidad bodega sistema Racks Drive-in	% de ocupación (To-Be)
2024	Agosto	4583	7682	60%	13440	34%
2024	Septiembre	6780	7682	88%	13440	50%
2024	Octubre	8874	7682	116%	13440	66%
2024	Noviembre	12649	7682	165%	13440	94%
2024	Diciembre	3211	7682	42%	13440	24%
2025	Enero	5583	7682	73%	13440	42%
2025	Febrero	1930	7682	25%	13440	14%
2025	Marzo	6014	7682	78%	13440	45%
2025	Abril	11117	7682	145%	13440	83%
2025	Mayo	11362	7682	148%	13440	85%
2025	Junio	7471	7682	97%	13440	56%
2025	Julio	9350	7682	122%	13440	70%
2025	Agosto	12185	7682	159%	13440	91%
2025	Septiembre	6701	7682	87%	13440	50%

Elaborado por: Cabezas Nilo, 2025

Entonces, el índice de ocupación se incrementa, la nueva capacidad con el sistema de racks tipo drive-in en el mismo espacio disponible es 1,75 veces la capacidad al sistema antiguo.

Inventario en piso (Saturación de pallets)

La nueva capacidad simulada logra absorber el 100% de la demanda pico histórica de los meses de análisis en 2024 y 2025, manteniéndolos en estanterías sin invadir áreas externas ni pasillos no destinados para almacenar producto terminado. La siguiente gráfica muestra la estabilidad respecto a la cantidad de pallets almacenados sobre la estantería en sus dos niveles verticales.

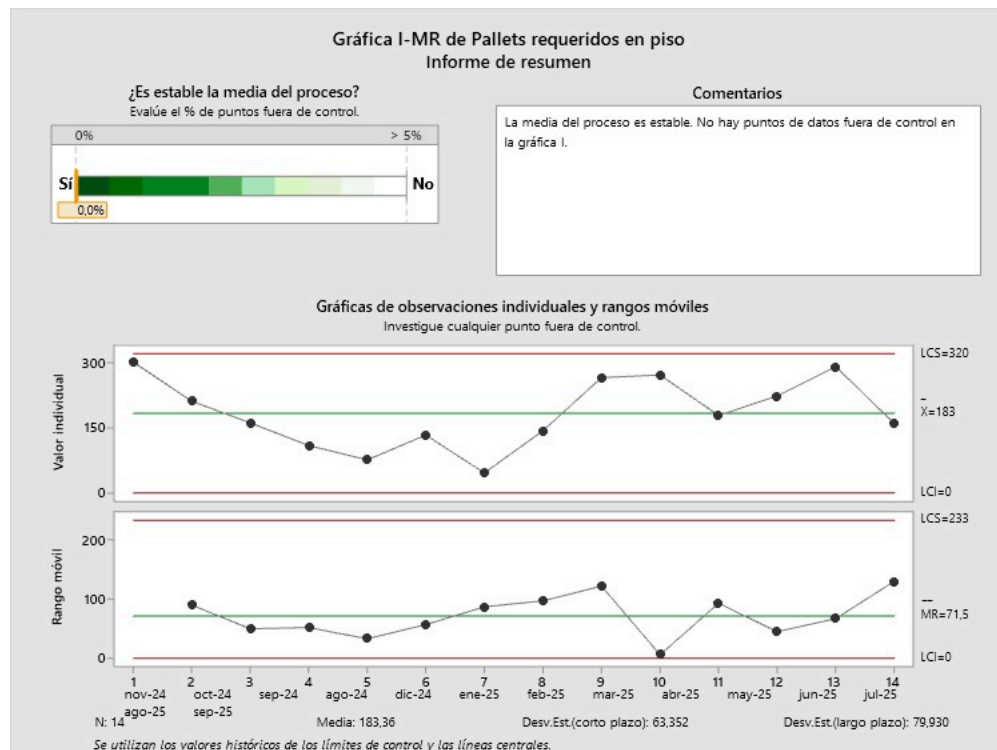


Figura 34. Gráfica I-MR de pallets en nueva capacidad del sistema de racks tipo Drive-in.

Elaborado por: Cabeza Nilo, 2025

La carta I-MR que se observa en la Figura 34 de pallets requeridos en piso o en este caso sobre racks tipo drive-in, presenta una media del proceso estable, no existe ningún punto fuera de control, por su parte, los valores individuales se ubican en los límites, con una media $X = 183$ pallets y un $LCS = 320$ pallets. Prácticamente, esto indica que, a pesar de que el requerimiento mensual de pallets evidencia alta estacionalidad, la propuesta simulada está dimensionada para absorber esos máximos sin llegar a la saturación de pasillos ni forzar almacenamiento en áreas no previstas.

En términos de capacidad instalada en el área de almacenamiento, el tope controlado de 320 pallets implica una holgura positiva aproximada de 75% respecto al umbral inicial, que como muestra la simulación y sus dashboards se puede operar con margen para continuidad del flujo, así como un proceso de despacho adecuado.

El reporte emitido por la simulación con el sistema de almacenamiento propuesto, indica que la capacidad máxima de cajas a almacenar acorde al espacio disponible actualmente es de 13440. Para fortalecer la propuesta se evalúa un máximo del 85% de la capacidad en el área de bodega de almacenamiento, correspondiente a un estándar ampliamente utilizado en la ingeniería de procesos, la fórmula corresponde a la media central indicada en capítulos anteriores, proporcionando la siguiente información de las ecuaciones 10 y 11:

$$\text{Media central} = \text{Capacidad máxima} \times (1 - 0.15)$$

Ecuación 10. Ecuación para MC en propuesta

$$\text{Media central} = 13440 \times (1 - 0.15) = 11424$$

Ecuación 11. Ecuación desarrollada para MC en propuesta

Esto significa que 11424 cajas, representa al 85% de capacidad que la industria actualmente posee. De esta manera se garantiza que el 15% aplicado en la fórmula se traduce también en un margen de seguridad, respecto a la capacidad máxima instalada para absorber los picos de demanda sin colapsar.

Nivel de Rotación

Considerando el sistema *Make to Order* que la organización ejecuta, los ciclos completos de producción y despacho son cada mes. Este indicador se mantiene estandarizado a una rotación mensual, sin embargo, podría incrementarse a varias rotaciones cuando existan más pedidos al mes, en este contexto la capacidad incrementada permite almacenar sin inconvenientes.

Tiempo de ciclo operativo mensual de despachos

La simulación indica que al tener el espacio suficiente en bodega y no llegar a falta de espacio únicamente se realizaría un despacho para cumplir el 100% de la entrega. Como indica la Tabla 14, el proceso requiere 4 días de operaciones logísticas relacionadas.

Tabla 14. Optimización del tiempo de ciclo operativo mensual de despachos.

Sistema de almacenamiento antiguo (caso de año 2024, duración por mes)	Sistema de almacenamiento en Racks tipo In-drive simulado (duración por mes en 2025)
Despacho 1: Producción del 27 de sept. al 1 de oct. = 4 días (preparación-despacho)	Despacho 1 (único): Producción del 4 de oct. al 8 de oct. = 4 días (preparación-despacho)
Despacho 2: Producción del 4 de oct. al 8 de oct. = 4 días (preparación-despacho)	

Elaborado por: Cabezas Nilo, 2025

Entonces, el tiempo de ciclo operativo de actividades de despacho corresponde al sistema antiguo suman 8 días/mes. El sistema propuesto actual reduce al 50% los días mes en actividades operativas a 4 días. Se eliminan los 7 días de espera, implicando menos desplazamiento de camiones transportadores de producto y gasto logístico.

Evaluación de la ejecución (Análisis comparativo As-Is vs To-Be)

La comparación que se identifica en la Tabla 15, entre la situación inicial y la optimizada demuestra la viabilidad técnica del rediseño:

Tabla 15. Comparación de datos obtenidos en los dos sistemas de almacenamiento simulados.

Indicador	Situación Inicial (As-Is)	Situación Optimizada (To-Be)	Mejora
Sistema de Almacenamiento	Apilado en bloque a nivel de piso (1 nivel).	Racks Drive-In compactos (2 niveles).	Eliminación de daños por aplastamiento (peso soportado por estructura).
Capacidad Instalada	167 pallets (7,014 cajas).	320 pallets (13,440 cajas).	Incremento del 91.6% en la capacidad volumétrica

Estado del Proceso (Estadístico)	Fuera de control (Puntos >100% de la capacidad).	Bajo Control Estadístico (0% puntos fuera de capacidad).	utilizando la misma huella (m²).
Política de Inventarios	Empírica (Carencia de stocks mínimos).	Científica (Stock de seguridad = 4,954 cajas basado en MR).	Fluidez logística garantizada. Alternativa de mejora contra imprevistos externos e internos.

Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

Evaluación Económica

Para fundamentar esta etapa, se detalla al proveedor de referencia (Reckless S.A.), así como la capacidad requerida (320 pallets). Sin embargo, la Tabla 16 indica los valores monetarios exactos presentados en esta matriz deben confirmarse con la visita de los proveedores in situ.

Tabla 16. Matriz de costos de inversión de simulación (CAPEX)

Ítem de Inversión	Descripción Técnica (Basado en la propuesta)	Costo Estimado (USD)	Referencia
Estructura de Racks Drive-In	Sistema compacto para 2 niveles de altura, configurado para alcanzar una capacidad de 320 pallets.	\$13.000,00	Reckless S.A. (Especialistas en Racks Drive In).
Protectores Estructurales	Protectores esquineros y protectores frontales para salvaguardar las bases de los racks contra impactos del montacargas contrabalanceado.	\$2.700	Reckless S.A. (Catálogo de productos destacados).
Instalación y Montaje	Ensamblaje técnico, arriostramientos superiores y traseros, y anclaje al piso de la bodega de 287 m².	\$2.000	Reckless S.A. o empresa instaladora
Adecuación de Piso (Obra Civil Menor)	Revisión y nivelación puntual del piso para soportar el incremento de densidad de carga y anclajes seguros.	\$1.250	Reckless S.A y contratista de obra civil local.
Capacitación del Personal	Entrenamiento a los operarios (1 responsable y 3-4 asistentes) para operar bajo flujo continuo por túnel y maniobrar dentro de la estructura.	\$200	Reckless S.A o proveedor del rack.

Total estimado de inversión.	Acondicionamiento total para llevar la bodega a 13,440 cajas de capacidad.	\$19.150,00
-------------------------------------	--	--------------------

Elaborado por: Cabezas Nilo, (2025)

La inversión se justifica, ya que de acuerdo con Martínez-García, J. A., & Ramírez-Hernández, J. A. (2022) los beneficios que se obtendrán tal como se identifican las simulaciones computacionales diseñadas con *dashboards* interpretativos, optimizando así en su totalidad el espacio disponible e incrementando significativamente la capacidad de almacenar inventario temporal. El “cuello de botella” conforma la etapa crítica del estudio, que al considerar este estudio se verán beneficiados por los ahorros generados en el aspecto logístico de almacenamiento. Por su parte, el impacto operativo se ve reflejado en la reducción de paros de producción, la industria ya no detiene las máquinas extrusoras por "límite de espacio de almacenamiento".

Importante considerar que se asegura un flujo continuo de las 120 toneladas mensuales, también, la eficiencia en los tiempos de ciclo mensual, ubicaciones definidas en planta y una nueva capacidad que soporta el 100% de la demanda acorde a los reportes emitidos hasta la fecha de corte, así mismo, se reducen las actividades que no añaden valor u horas pagadas por realizar "despachos urgentes" o mover material a áreas no dedicadas.

Para complementar el análisis se utiliza herramientas financieras como el retorno sobre la inversión, los supuestos y los datos base del sistema *As-Is* y *To-Be* se estiman en el Anexo 10.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El estudio de diagnóstico logístico determinó que el sistema de almacenamiento de “apilación en bloques” de la industria molinera, a nivel de piso colapsó de manera estructural y operativa. El uso de software estadístico en Minitab (Gráficas I-RM), demostró que el proceso carecía de control, registrando un índice de ocupación crítico, alcanzando el 165% en noviembre de 2024 y 159% en agosto de 2025, utilizando áreas no dedicadas para almacenar y realizar paros de producción que no añaden valor, anulando las ventajas competitivas de su modelo *Make to Order*.
- La nueva política de gestión de inventarios se ha adaptado a la alta fluctuación, mediante la metodología de rango móvil (RM) y constantes estadísticas (D_2 , Z), se determinó un stock de seguridad exacto de 4954 cajas en reserva. Esta métrica actúa como blindaje logístico para absorber los picos de demanda y las variaciones exógenas reportadas en el diagnóstico, sin interrumpir el flujo productivo ni el nivel de servicio al cliente.
- Para la reingeniería del *layout*, se han estudiado las restricciones y limitaciones de la industria que han considerado en el almacenamiento tradicional en piso, a un sistema de alta densidad con Racks tipo Drive-in de 2 niveles, se resolvió la restricción espacial de 287 m². Esta solución simulada de ingeniería maximizó el uso del espacio, logrando un incremento del 91,6% en la capacidad volumétrica instalada de 167 a 320 posiciones de pallets, equivalentes a 13440 cajas, eliminando por completo el riesgo de mermas por aplastamiento al suprimir la estiba vertical de las cajas de producto final.

- La simulación computacional diseñada y ejecutada en el software *FlexSim* 2025 validó de manera concluyente la viabilidad técnica y operativa del rediseño *To-Be* propuesto. Este escenario demostró que el índice de ocupación se estabilice en una media de 57,1% o 183 pallets promedio, brindando un pulmón operativo de 43% para maniobras seguras del montacargas. Además, las cartas de control I-MR evidenciaron un progreso 100% estable, ya que ningún punto se encontró fuera de los límites de control, por su parte el tiempo de ciclo operativo de despachos se redujo en un 50% de dos etapas (8 días de actividades logísticas) a una etapa (4 días de actividades logísticas) de despacho.
- La evaluación mediante simulación computacional permitió determinar un impacto altamente positivo en la eficiencia del almacenamiento. El rediseño *To-Be* demostró que el uso eficiente del espacio físico disponible (287 m²) se maximizó al aprovechar la verticalidad, logrando un incremento del 91.6% en la capacidad volumétrica (de 167 a 320 posiciones de pallets). Asimismo, la simulación comprobó una mejora sustancial en la eficiencia operativa de los tiempos logísticos, reduciendo el tiempo de ciclo de despachos en un 50%, pasando de 8 días fraccionados a solo 4 días continuos y estabilizando la ocupación de la bodega en una media manejable del 57.1%, lo que elimina el uso ineficiente de pasillos y los paros de producción

Recomendaciones

- Las recomendaciones se basan en el análisis de conclusiones y plantear posibles optimizaciones en base al problema planteado o estrategias que garanticen la mejora continua.
- A la alta dirección se recomienda planificar la inversión para una adecuada adjudicación y ejecución del presupuesto estimado en \$19150,00 para la adquisición e instalación del sistema Drive-in, a través de proveedores como Reckless S.A. Es imperativo incluir en la compra los protectores estructurales dado que el radio de giro de montacargas contrabalanceado actual representaría un riesgo de impacto sobre los perfiles de la estantería compacta.

- Se aconseja al jefe de producción adoptar el volumen de 4954 cajas como el límite base del nuevo sistema. Así también, utilizar Minitab de forma semestral para ajustar el stock de seguridad ante nuevas tendencias de demanda.
- Se recomienda estandarizar en la empresa el modelado en *FlexSim* antes de realizar cualquier adecuación física adicional antes de la implementación del nuevo sistema de almacenamiento, establecer dashboards adecuados que reflejen la medición de los indicadores a evaluarse.

BIBLIOGRAFÍA

Balza Franco, V. Henríquez Fuentes, G. & Mercado Cervera, H. J. (2020). *Cadenas de suministro, logística y prácticas colaborativas en el Caribe colombiano*: (ed.). Editorial Unimagdalena. <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/210922>

Benítez López, G. Cruz Chávez, M. & Valdez Pérez, M. D. L. Á. (2022). *Herramientas y técnicas de aplicación logística para áreas estratégicas de la cadena de suministro (casos prácticos)*: (1 ed.). Editorial ITACA. <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/286324>

Bustamante Márquez, M. M. (2025). *Logística y gestión moderna de la cadena de suministro*: (1 ed.). RA-MA Editorial. <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/289377>

Campos Portugal, P. A., Cerrud Álvarez, F., González Tejedor, M. B., & Rodríguez, B. O. (2023). La administración de la cadena de suministro y su importancia en las empresas, como parte de la estrategia en los nuevos modelos de negocios. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 7203–7219. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6709

Carreño Solís, A. J. (2025). *Cadena de suministro y logística*: (2 ed.). Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/286009>

Castillo, S. (2023). *Logística 4.0: Innovación y eficiencia en la cadena de suministro*. Editorial ITQ (Instituto Superior Tecnológico Quito). https://itq.edu.ec/wp-content/uploads/2023/10/2023-09-29_logistica_4.0_innovacion_y_eficiencia_en_la_cadena_de_suministro.pdf

Estudios Gerenciales. (2020). *Evaluación del desempeño de la cadena de suministro sostenible enfocada en procesos*. Estudios Gerenciales, 36(156), 234–245.

https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/download/3699/40

32

Kovács, G. (2021). Special Optimization Process for Warehouse Layout Design. En K. Jármai & K. Voith (Eds.), *Vehicle and Automotive Engineering 3. Proceedings of the 3rd VAE2020, Miskolc, Hungary* (pp. 194–205). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9529-5_17

Levitin, G., Xing, L., & Dai, Y. (2022). Optimal loading of repairable system with perfect product storage. *Reliability Engineering & System Safety*, 220, 108293. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108293>

Martínez-García, J. A., & Ramírez-Hernández, J. A. (2022). *Lean Six Sigma para solución de problemas logísticos: caso real terminal de contenedores en Michoacán*. Ciencialatina, 5(1), 1–15. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/1515/2113>

Pérez-García, L. M., & López-Martínez, J. A. (2021). *Análisis de RSE y el impacto de la cadena de suministro en prácticas de desempeño sostenible: un estudio de caso de empresa exportadora mexicana*. Revista Investigación – Universidad del Norte, 38(1), 1–18. <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/investigacion/article/download/13862/214421445475/214421458563>

Ragàs Prat, I. (2024). *Logística urbana: la ciudad en la cadena de suministro*: (1 ed.). Marge Books. <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/268232>

Revillot-Narváez, D., Pérez-Galarce, F., & Álvarez-Miranda, E. (2020). *Optimising the storage assignment and order-picking for the compact drive-in storage system*. *International Journal of Production Research*, 58(22), 6949-6969. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1687951>

Editorial CECAR. (2019). *Logística y cadena de suministro: aproximaciones teórico-prácticas*. Editorial CECAR.

Rojas, M., & Sánchez, D. (2021). *Análisis de integración de la cadena de suministros en la industria textil en Ecuador: un caso de estudio*. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 29(1), 94–105. <https://scielo.cl/pdf/ingeniare/v29n1/0718-3305-ingeniare-29-01-94.pdf>

Vázquez-González, M. A., & Sánchez-García, E. (2022). *Estrategias de distribución, sectores minorista y de logística en el ámbito del comercio electrónico*. Vinculategica, 1(1), 1–21. <https://vinculategica.uanl.mx/index.php/v/article/download/73/73>

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de extruido de cereales historial 2024 y 2025.

FECHAS	DESCRIPCION	TOTAL CAJAS ENVIADAS	DE LUGAR DESTINO/ DE DESTINARIO
11/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	306	GUAYAQUIL
11/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	134	GUAYAQUIL
12/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	162	GUAYAQUIL
12/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	168	
13/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	220	MACHALA
14/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	232	
17/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	119	LOJA
17/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	181	
15/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	264	GUAYAQUIL
17/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	7	
18/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	130	MACHALA
18/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	50	GUAYAQUIL
19/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	261	
20/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	112	MACHALA
20/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	140	GUAYAQUIL
21/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	210	GUAYAQUIL
21/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	130	MACHALA
22/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	175	GUAYAQUIL
24/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	272	GUAYAQUIL
25/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	191	MACHALA
26/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	27	GUAYAQUIL
26/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	210	
27/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	352	GUAYAQUIL
27/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	106	GUAYAQUIL
27/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	24	
31/8/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	400	LOJA
2/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	377	
2/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	362	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	316	MACHALA
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	7	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	

4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	9	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	10	
4/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	10	
5/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	344	LOJA
5/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	88	
5/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	134	
5/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	306	MACHALA
9/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	440	
11/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAQUIL
12/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	226	GUAYAQUIL 1
12/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	226	LOJA
13/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	320	MACHALA
14/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	330	GUAYAS 1
15/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	315	GUAYAS 2
16/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	360	GUAYAS 2
17/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	315	GUAYAS 2
5/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	10	
19/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	85	MACHALA
19/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	240	
18/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	269	GUAYAS 2
19/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	185	
21/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	302	GUAYAQUIL
21/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	147	
22/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	45	GUAYAS 2
22/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	363	
24/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	227	GUAYAS 2
24/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	100	GUAYAS 1
25/9/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	49	GUAYAS 1
3/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	140	GUAYAS 1
3/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	314	
5/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	178	GUAYAS 2
5/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	262	

6/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	175	GUAYAS 1
6/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	279	
7/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	283	GUAYAS 2
7/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	59	
9/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS
10/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	376	GUAYAS 2
10/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	10	
10/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	60	
10/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	8	
13/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	490	GUAYAS 2
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	GUAYAS 1
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	8	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	294	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	13	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	5	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	4	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	120	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	1	GUAYAS 1
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	312	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	13	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	5	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	4	
15/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	120	
18/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	39	GUAYAS 2
18/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	398	
18/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	4	
18/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
18/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	8	
19/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	384	GUAYAS 1
20/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	350	GUAYAS 2
21/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	266	GUAYAS 1
21/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	229	GUAYAS 1
21/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	164	GUAYAS 2
22/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	268	GUAYAS 1
29/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAQUIL 1

29/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	454	GUAYAQUIL 2
30/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 2
30/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS 2
31/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS 2
31/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	154	GUAYAS 2
31/10/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	342	
4/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	70	GUAYAS 1
4/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	384	
4/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	256	GUYAS 1
4/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	194	
6/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUYAS 2
6/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUYAS 2
8/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	496	GUAYAS 1
8/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	447	GUAYAS 1
8/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	7	
9/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	496	GUAYAS 2
9/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	496	GUAYAS 2
11/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 1
11/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	108	GUAYAS 1
11/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	346	
13/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	381	GUAYAS 2
13/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	69	
13/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUYAS 2
15/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	496	GUYAS 1
15/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GYAYAS 2
18/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	49	GUAYAS 1
18/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	405	
18/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	452	GUAYAS 1
20/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	486	GUAYAS 1
20/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	496	GUAYAS 2
21/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	9	GUAYAS 2
21/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	439	
24/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	GUAYAS 1
24/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	434	GUAYAS 2
24/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	88	
26/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	223	LOJA

26/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	223	
27/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	223	MACHALA
27/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	223	
28/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	454	GUAYAS 1
28/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	491	GUYAS 2
30/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	228	GUAYAS 1
30/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	226	
30/11/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	542	GUAYAS 2
2/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	202	GUAYAS 1
2/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	168	
2/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	84	
5/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	378	GUAYAS 1
5/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	473	GUAYAS 2
6/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	454	GUAYAS 2
5/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	500	GUAYAS 2
5/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS 1
5/12/24	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 2
7/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	541	GUAYAS 1
7/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	559	GUAYAS 1
7/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	454	GUAYAS 1
7/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	GUAYAS 1
8/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	321	GUAYAS 1
8/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	215	
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	442	GUAYAS 1
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	120	
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	272	GUAYAS 1
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	178	
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	497	GUAYAS 1
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	540	GUAYAS 2
26/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	540	GUAYAS 2
27/1/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS 2
3/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	454	GUAYAS 2
3/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	458	GUAYAS 1
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	117	GUAYAS 2
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	113	
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	203	GUAYAS 1

4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	72	
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	118	GUAYAS 2
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	118	
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	204	GUAYAS 1
4/2/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	73	
10/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	123	
11/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	426	
11/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	531	
11/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	460	
12/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	567	
17/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	422	
18/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	368	
18/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	248	
19/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	504	
18/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	320	
18/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	
19/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	500	
19/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	536	
20/3/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	547	
6/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 1
6/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	460	GUAYAS 1
6/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	542	GUAYAS 1
7/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	378	GUAYAS 2
7/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	72	
7/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	GUAYAS 2
7/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	496	GUAYAS 2
9/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	462	GUAYAS 2
9/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	540	GUAYAS 2
9/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 2
10/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	496	GUAYAS 1
14/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	371	MACHALA
14/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	185	MACHALA
14/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	186	
14/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 1
16/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	GUAYAS 2
16/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	160	GUAYAS 2

16/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	133	
16/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	205	
16/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	542	
27/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	LOJA
27/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	540	LOJA
27/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	445	LOJA
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 1
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	500	GUAYAS 1
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	454	GUAYAS 2
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	84	GUAYAS 1
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	208	
29/4/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	292	GUAYAS 1
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	59	GUAYAS 2
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	439	
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	460	GUAYAS 2
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	503	GUAYAS 2
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	247	GUAYAS 2
15/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	271	
17/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	436	MACHALA
17/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	184	MACHALA
17/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	42	
17/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	174	
17/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	400	MACHALA
18/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	460	GUAYAS 2
18/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	60	GUAYAS 2
18/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	413	
19/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 1
19/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 1
19/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 1
19/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	GUAYAS 1
21/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	432	LOJA
21/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	317	LOJA
21/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	155	
21/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	451	LOJA
23/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	462	GUAYAS 2
23/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	217	GUAYAS 2

23/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	162	
23/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	119	
25/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	353	GUAYAS 1
25/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	109	
25/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 1
28/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 2
28/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	193	GUAYAS 2
28/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	295	
29/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	462	GUAYAS 1
31/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	166	GUAYAS 1
31/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	39	
31/5/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	426	GUAYAS 1
1/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	430	GUAYAS 1
1/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	316	GUAYAS 1
20/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	474	GUAYAS 2
20/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	24	
20/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	GUAYAS 2
20/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	485	GUAYAS 2
22/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 2
22/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	72	GUAYAS 2
22/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	390	
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	275	GUAYAS 1
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	175	
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	504	GUAYAQUIL 1
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 1
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	150	GUAYAS 1
23/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	312	
25/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	MACHALA
25/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 2
25/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	338	MACHALA
25/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	124	
25/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 2
27/6/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 2
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	320	GUAYAS 1
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	126	
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	16	

4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	76	GUAYAQUIL
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	422	
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	504	
4/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	241	GUAYAQUIL
14/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	292	GUAYAS 2
14/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	206	
14/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	
15/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	510	GUAYAS 2
15/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	528	GUAYAS 2
15/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	346	GUAYAS 2
15/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	150	
16/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	288	
16/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	288	GUAYAS 2
19/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	316	MACHALA
19/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	66	MACHALA
19/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	250	
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	50	
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	448	GUAYAS 2
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	176	GUAYAS 2
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	324	
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	504	
28/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	500	GUAYAS 2
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	GUAYAS 2
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	72	GUAYAS 2
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	427	
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	504	
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	195	GUAYAS 2
30/7/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	305	
1/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	462	
1/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	497	MACHALA
3/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	530	GUAYAS 1
3/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	450	GUAYAS 1
3/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	179	GUAYAS 1
3/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	321	
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	224	
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	274	LOJA

4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	46	LOJA
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	416	
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	493	LOJA
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	328	GUAYAS 1
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	176	
4/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	500	GUAYAS 1
5/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	354	GUAYAS 2
5/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	81	GUAYAS 1
5/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	182	
5/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	97	
5/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	357	GUAYAS 2
7/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	384	GUAYAS 1
7/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	384	GUAYAS 1
7/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	363	GUAYAS 1
7/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	363	GUAYAS 1
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	110	GUAYAS 2
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	352	
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	504	GUAYAS 2
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	121	GUAYAS 2
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	75	
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	254	
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	542	GUAYAS 2
27/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 2
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	462	MACHALA
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	234	EL ORO
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	150	
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	40	MACHALA
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	343	
29/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	5	
31/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	530	GUAYAS 1
31/8/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	504	GUAYAS 1
1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	342	LOJA
1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	84	
1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	315	LOJA
1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	203	
1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	395	LOJA

1/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 2
2/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	185	GUAYAS 2
2/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	313	
2/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	255	GUAYAS 2
2/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	277	
4/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	498	GUAYAS 2
5/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	444	GUAYAS 2
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	498	GUAYAS 1
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	450	GUAYAS 1
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	106	GUAYAS 1
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	342	
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	49	GUAYAS 1
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	455	
7/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES FINAS HIERBAS	542	GUAYAS 1
11/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	2	GUAYAS 1
11/9/25	EXTRUIDO DE CEREALES QUESO	496	

Anexo 2. Tabla de constantes para gráficas de control

Tabla de Contantes para Gráficas de Control								
	Gráficas $\bar{X}$ y R				Gráficas X' y s			
	Gráfica para Promedios	Gráfica para Rangos (R)			Gráfica para Promedios	Gráfica para Rangos (R)		
	Factor para Límites de Control	Divisores del Estimativo σ_x	Factores para Límites de Control		Factor para Límites de Control	Divisores del Estimativo σ_x	Factores para Límites de Control	
Tamaño de Subgrupo	A_2	d_2	D_3	D_4	A_3	C_4	B_3	B_4
2	1.88	1.128	-	3.267	2.659	0.7979	-	3.267
3	1.023	1.693	-	2.574	1.954	0.8862	-	2.568
4	0.729	2.059	-	2.282	1.628	0.9213	-	2.266
5	0.577	2.326	-	2.114	1.427	0.94	-	2.089
6	0.483	2.534	-	2.004	1.287	0.9515	0.03	1.97
7	0.419	2.704	0.076	1.924	1.182	0.9594	0.118	1.882
8	0.373	2.847	0.136	1.864	1.099	0.965	0.185	1.815
9	0.337	2.97	0.184	1.816	1.032	0.9693	0.239	1.761
10	0.308	3.078	0.223	1.777	0.975	0.9727	0.284	1.716
11	0.285	3.173	0.256	1.744	0.927	0.9754	0.321	1.679
12	0.266	3.258	0.283	1.717	0.886	0.9776	0.354	1.646
13	0.249	3.336	0.307	1.693	0.85	0.9794	0.382	1.618
14	0.235	3.407	0.328	1.672	0.817	0.981	0.406	1.594
15	0.223	3.472	0.347	1.653	0.789	0.9823	0.428	1.572
16	0.212	3.532	0.363	1.637	0.763	0.9835	0.448	1.552
17	0.203	3.588	0.378	1.622	0.739	0.9845	0.466	1.534
18	0.194	3.64	0.391	1.608	0.718	0.9854	0.482	1.518
19	0.187	3.689	0.403	1.597	0.698	0.9862	0.497	1.503
20	0.18	3.735	0.415	1.585	0.68	0.9869	0.51	1.49
21	0.173	3.778	0.425	1.575	0.663	0.9876	0.523	1.477
22	0.167	3.819	0.434	1.566	0.647	0.9882	0.534	1.466
23	0.162	3.858	0.443	1.557	0.633	0.9887	0.545	1.455
24	0.157	3.895	0.451	1.548	0.619	0.9892	0.555	1.445
25	0.153	3.931	0.459	1.541	0.606	0.9896	0.565	1.435

Anexo 3. Zonas exteriores de industria



Anexo 4. Zona de almacenamiento de cajas para empaque



Anexo 5. Zona de almacenamiento de extruido de maíz



Anexo 6. Área de producción de extrusión de maíz



Anexo 7. Área de almacenamiento de producto terminado



Anexo 8. Montacargas utilizado para la logística interna de almacenamiento



Anexo 9. Supuestos y datos base para ROI

Supuestos y datos base para ROI		
A. Datos operativos — sistema actual (as-is)		
Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad máxima bodega (pallets)	183	pallets
Cajas por pallet	42	cajas/pallet
Capacidad máxima bodega (cajas)	7686	cajas
Índice de ocupación máximo histórico 2024	165,0%	%
Índice de ocupación máximo histórico 2025	159,0%	%
Despachos por mes (sistema actual)	2	despachos/mes
Días de actividad logística por despacho	4	días/despacho
Total días logísticos/mes (As-Is)		días/mes
Días de espera entre despachos	7	días
Meses con saturación >100% (2024-2025)	6	meses/periodo
Producción mensual requerida	120	toneladas/mes
Total cajas promedio despachadas/mes	5.122	cajas/mes
B. Datos operativos — sistema propuesto (To-Be)		
Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad nueva bodega (pallets)	320,0	pallets
Cajas por pallet (sin cambio)	42,0	cajas/pallet
Capacidad nueva bodega (cajas)	13.440,0	cajas
Incremento capacidad volumétrica (%)	74,9%	%
Despachos por mes (sistema To-Be)	1,0	despachos/mes
Total días logísticos/mes (To-Be)		días/mes
Índice de ocupación promedio (To-Be)	57,1%	%
Índice de ocupación máximo (To-Be)	94,0%	%
Stock de seguridad calculado	4.954,0	cajas
Stock de seguridad en pallets	118,0	pallets
C. Costos unitarios (inputs para cálculo de ahorros)		
Parámetro de Costo	Valor Asumido	Unidad

Costo mano de obra logística	\$15,00	USD/hora
Horas logísticas por día de despacho	\$8,00	horas/día
Costo por día de actividad logística	\$120,00	USD/día
Días de despacho ahorrados/mes		días/mes
Ahorro logístico mensual (mano de obra)		USD/mes
Ahorro logístico anual (mano de obra)		USD/año
Costo por hora de paro de producción	\$125,00	USD/hora
Horas promedio de paro por evento	\$6,00	horas/paro
Paros anuales estimados (As-Is)	\$12,00	paros/año
Paros anuales (To-Be)	-	paros/año
Ahorro por eliminación de paros (anual)	\$9.000,00	USD/año
Costo viaje adicional transporte	\$765,00	USD/viaje
Viajes adicionales eliminados/mes	\$1,00	viajes/mes
Ahorro transporte anual	\$9.180,00	USD/año
Costo arriendo externo por saturación	\$450,00	USD/mes
Meses con necesidad histórica	\$6,00	meses/año
Ahorro almacenamiento externo anual	\$2.700,00	USD/año

Anexo 10. ROI de inversión

ROI — análisis de retorno sobre la inversión y flujo de caja (5 años)			
Proyección a 5 años CAPEX = \$19,150 Ahorro anual base = \$26,640 Tasa de descuento = 12%			
Supuestos del modelo financiero			
Inversión inicial (CAPEX)	19.150	USD	Tabla detallada en documento
Ahorro anual (conservador — sin paros)	26.640	USD/año	Despacho + Transporte + Almac. externo
Ahorro anual (optimista — con paros)	35.640	USD/año	Incluye ahorro por eliminación de paros
Ahorro anual (completo — todos beneficios)	43.980	USD/año	Suma total categorías 1-4 + overhead
Tasa de descuento (WACC referencial)	12,0%	%	Referencia sector industrial Ecuador
Vida útil racks Drive-In (años)	10	años	Estándar industria metalmecánica
Incremento anual del ahorro (inflación)	3,0%	%	Inflación proyectada Ecuador 2026
Costo mantenimiento anual racks	300	USD/año	Estimado 1.6% del CAPEX
Flujo de caja proyectado - escenario base (Ahorro Conservador \$26,640/año)			

Período	Ahorro Bruto	Mant. Anual	Flujo Neto	Flujo Acumulado	VPN del Flujo
Año 0 (Inversión)	-	-	(\$19.150)	(\$19.150)	(\$19.150)
Año 1	\$26.640	\$300	\$26.340	\$7.190	\$23.518
Año 2	\$27.439	\$300	\$27.139	\$34.329	\$21.635
Año 3	\$28.262	\$300	\$27.962	\$62.291	\$19.903
Año 4	\$29.110	\$300	\$28.810	\$91.101	\$18.309
Año 5	\$29.984	\$300	\$29.684	\$120.785	\$16.843
Indicadores financieros calculados					
Indicador	Escenario Conservador	Escenario Optimista	Escenario Completo	Fórmula	Interpretación
ROI Año 1 (%)	39.1%	86.1%	129.7%	$ROI = (Ahorro\ Anual - CAPEX) / CAPEX$	Retorno en el primer año de operación
Período de Recuperación	8.6 meses	6.4 meses	5.2 meses	$Payback = CAPEX / Ahorro\ Anual \times 12$	Meses para recuperar inversión total
VPN a 5 años (12%)	\$66,410	\$95,890	\$125,370	$VPN = \sum [Flujo_t / (1+r)^t] - CAPEX$	Valor presente neto — siempre positivo
TIR (5 años)	138.4%	185.2%	228.7%	TIR = tasa que hace VPN = 0	Muy superior al WACC (12%)
Beneficio / Costo (B/C)	4.47	5.01	5.53	$B/C = VPN\ Beneficios / CAPEX$	Por cada \$1 invertido, retorna >\$4
Ahorro acumulado a 5 años	\$133,200	\$178,200	\$219,900	$Ahorro\ anual \times 5$ (aprox.)	Sin descontar — efecto total bruto
Análisis del período de recuperación (retorno mensual — escenario conservador)					
Mes	Ahorro Acumulado	CAPEX Pendiente	Saldo	Estado	% Recuperado
Mes 1	\$2.220	\$19.150	(\$16.930)	Estaría en proceso	11,6%
Mes 2	\$4.440	\$19.150	(\$14.710)	Estaría en proceso	23,2%
Mes 3	\$6.660	\$19.150	(\$12.490)	Estaría en proceso	34,8%
Mes 4	\$8.880	\$19.150	(\$10.270)	Estaría en proceso	46,4%
Mes 5	\$11.100	\$19.150	(\$8.050)	Estaría en proceso	58,0%
Mes 6	\$13.320	\$19.150	(\$5.830)	Estaría en proceso	69,6%
Mes 7	\$15.540	\$19.150	(\$3.610)	Estaría en proceso	81,1%
Mes 8	\$17.760	\$19.150	(\$1.390)	Estaría en proceso	92,7%
Mes 9	\$19.980	\$19.150	\$830	Recuperado	104,3%