

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL LAYOUT DE
ARTICULOS EN EL AREA DE BODEGA DE LA
EMPRESA INTERPLAY S.R.L DURANTE EL TERCER
CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025**

Proyecto de graduación para optar por la licenciatura en
Ingeniería Industrial.

CAROLINE MARIANA VALVERDE HERRERA

ANA CATALINA LEANDRO SANDÍ, MGA

HEREDIA, 2026

DECLARACIÓN JURADA

Yo **Caroline Mariana Valverde Herrera**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **702670344** egresado de la carrera de **Ingeniería Industrial** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Licenciatura de Ingeniería Industrial**, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Propuesta de mejora del layout de artículos en el área de bodega de la empresa Interplay S.R.L Durante el tercer cuatrimestre del año 2025**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los **14** días del mes de **mayo** del año dos mil **veintiséis**.

Caroline
Valverde Herrera

Firmado digitalmente por
Caroline Valverde Herrera
Fecha: 2026.05.14
18:40:24 -06'00'

Firma del estudiante Cédula: 702670344

CARTA DEL TUTOR

San José, 11 de mayo de 2026.

Señores

Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Caroline Mariana Valverde Herrera, cédula de identidad número 7-0267-0344, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado “Propuesta de mejora del layout de artículos en el área de bogeda de la empresa Interplay S.R.L durante el tercer cuatrimestre del año 2025”, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura.

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	12%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	27%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	20%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	17%
	TOTAL		86

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

Atentamente,

Ana Catalina

Firmado digitalmente por
Ana Catalina Leandro Sandi
Fecha: 2026.05.11.20:42:52

Leandro Sandi



Ing. Ana Catalina Leandro Sandí

Cédula identidad: 3-0398-0478

Carné Colegio Profesional: IPI-22762

San José, 15 de julio de 2026

Señores

Departamento de Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante **Caroline Mariana Valverde Herrera**, titulado "**PROPUESTA DE MEJORA DEL LAYOUT DE ARTICULOS EN EL AREA DE BODEGA DE LA EMPRESA INTERPLAY S.R.L DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025**" para optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería Industrial**, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Es por esta razón que considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,

NAHUM
MONTIEL
SALAS

Digitally signed by
NAHUM MONTIEL
SALAS
Date: 2026.07.15
09:49:42 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas, MBA.



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

San José, sábado, 25 de julio de 2026.

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Caroline Mariana Valverde Herrera, con número de identificación 702670344, autor (a) del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE MEJORA DEL LAYOUT DE ARTICULOS EN EL AREA DE BODEGA DE LA EMPRESA INTERPLAY S.R.L DURANTE EL TERCER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2025**, presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Licenciatura de Ingeniería Industrial, ☒ SÍ / ☐ NO autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

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

Cordialmente,

Caroline
Valverde
Herrera

Firmado
digitalmente por
Caroline Valverde
Herrera
Fecha: 2026.07.25
16:34:44 -06'00'

Insertar nombre

Insertar documento de Identidad

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	12
AGRADECIMIENTOS.....	13
EPÍGRAFES.....	14
RESUMEN EJECUTIVO	15
Acrónimos y siglas.....	17
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	18
1.1 Descripción general del proyecto.....	18
1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto	20
1.2.1 Descripción general de la organización.....	20
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa.....	23
1.3 Planteamiento del problema	24
1.3.1 Definición y medición del problema.....	26
1.3.2 Justificación del problema	27
1.4 Objetivos del proyecto	28
1.4.1 Objetivo general.....	28
1.4.2 Objetivos específicos	28
1.5 Alcances y limitaciones.....	29
1.5.1 Alcances	29
1.5.2 Limitaciones.....	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	31
2.1.1 Distribución de planta (layout)	31
2.1.2 Tipos de layout	32
2.1.3 Layout de almacenes.....	33

2.1.4 Criterios de diseño y metodología SLP	33
2.1.5 Clasificación ABC de inventarios	34
2.1.6 Manejo de materiales	35
2.1.7 Métricas relevantes en bodegas	35
2.1.8 Gestión de inventario obsoleto	36
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	37
2.2.1 Metodología DMAIC	37
2.2.2 Articulación de herramientas con las fases del DMAIC	38
2.2.3 Diagrama de flujo	39
2.2.4 Diagrama de Ishikawa	39
2.2.5 Diagrama de Pareto	40
2.2.6 Método de los cinco porqués	40
2.2.7 Herramienta 5W2H	40
2.2.8 Gestión del cambio organizacional	41
2.2.9 Marco legal y normativo aplicable	41
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	41
2.3.1 Impacto económico	42
2.3.2 Impacto operativo	42
2.3.3 Impacto en el servicio al cliente	42
2.3.4 Impacto en la gestión del inventario	43
2.3.5 Costos asociados a la mala distribución	43
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	43
2.4.1 Antecedentes nacionales	44
2.4.2 Antecedentes internacionales	44
2.4.3 Síntesis de los antecedentes	45

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	46
3.1.2 Preguntas orientadoras de la investigación	47
3.1.3 Métodos de recolección de datos.....	47
3.1.4 Respaldo metodológico del problema.....	48
3.2 Metodología para la definición del problema.....	48
3.3 Metodología para la medición y respaldo cuantitativo del proyecto	49
3.3.1 Definición del sistema de medición.....	50
3.3.2 Diseño de la muestra y recolección de datos.....	50
3.3.3 Análisis de variabilidad y brechas.....	50
3.4 Metodología para el análisis del problema	51
3.4.1 Identificación de causas raíz	51
3.4.2 Evaluación de alternativas y criterios de decisión	52
3.5 Metodología para la propuesta e implementación del proyecto	53
3.5.1 Diseño del nuevo layout	53
3.5.2 Etapas de implementación, responsables, recursos y cronograma	54
3.6 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	54
3.6.1 Indicadores y frecuencia.....	55
3.6.2 Responsables y herramientas.....	55
3.6.3 Identificación de riesgos	55
3.7 Limitaciones del enfoque metodológico	56
3.8 Consideraciones éticas	57
3.6 Detalle ampliado de los instrumentos de recolección	58
3.6.1 Guía de observación directa.....	58
3.6.2 Cuestionario al personal operativo.....	59

3.6.3 Entrevista semiestructurada a la jefatura	59
3.6.4 Análisis documental del sistema de información	59
3.7 Plan de codificación y procesamiento de datos	60
3.8 Criterios de validez y confiabilidad.....	60
3.9 Consideraciones éticas	61
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	62
4.1 Situación actual de la empresa.....	62
4.2 Análisis e interpretación de los datos de inventario	63
4.3 Diagrama del proceso de control de inventarios	66
4.4 Estudio de tiempos y movimientos	69
4.5 Análisis de la utilización del espacio físico.....	71
4.6 Análisis de costos asociados al problema	72
4.7 Análisis de causas mediante el diagrama de Ishikawa	73
4.7.1 Causas relacionadas con los métodos.....	74
4.7.2 Causas relacionadas con la mano de obra	75
4.7.3 Causas relacionadas con los materiales	75
4.7.4 Causas relacionadas con la maquinaria e infraestructura.....	75
4.7.5 Causas relacionadas con el medio ambiente.....	75
4.7.6 Causas relacionadas con las mediciones	75
4.8 Priorización de causas mediante el diagrama de Pareto	76
4.9 Profundización mediante el método de los cinco porqués.....	78
4.10 Conclusiones de la situación actual	80
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	81
5.1 Descripción general de la propuesta y trazabilidad.....	82
5.2 Diseño detallado del nuevo layout	84

5.2.1 Criterios de diseño aplicados	84
5.2.2 Distribución de zonas funcionales	85
5.2.3 Diagrama de relación de actividades (REL).....	87
5.2.4 Croquis del nuevo layout.....	87
5.2.5 Comparación del layout actual versus el layout propuesto	88
5.3 Plan de depuración de mercadería obsoleta	89
5.4 Plan de capacitación del personal.....	90
5.5 Plan de implementación	92
5.5.1 Cronograma semanal detallado.....	94
5.5.2 Recursos requeridos.....	95
5.6 Análisis costo-beneficio.....	95
5.6.1 Comparación de indicadores antes y después	95
5.6.2 Monetización de los beneficios.....	97
5.6.3 Retorno sobre la inversión y período de recuperación.....	98
5.6.4 Proyección de beneficios a tres años.....	98
5.6.5 Análisis de sensibilidad.....	99
5.6.6 Beneficios cualitativos no monetizados	100
5.7 Mecanismos de control y sostenibilidad.....	100
5.7.1 Dashboard de indicadores clave de desempeño (KPI).....	101
5.7.2 Programa de auditorías de inventario	101
5.7.3 Revisión periódica de la clasificación ABC	101
5.7.4 Sostenibilidad del cambio organizacional.....	102
5.8 Análisis de riesgos de la implementación.....	102
5.9 Plan de comunicación	103
5.10 Impacto esperado en los estados financieros	104

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
6.1 Conclusiones	105
6.1.1 Conclusiones del diagnóstico	105
6.1.2 Conclusiones de la propuesta	106
6.1.3 Validación del cumplimiento de los objetivos	108
6.2 Recomendaciones	109
6.2.1 Recomendaciones para la implementación	109
6.2.2 Recomendaciones para la empresa	110
6.2.3 Recomendaciones para futuras investigaciones	110
6.3 Análisis económico del proyecto	111
6.4 Reflexión final	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

DEDICATORIA

A mi familia, principal motor de este recorrido académico, por su apoyo incondicional, su paciencia inagotable y por ser fuente constante de motivación durante los años de formación. Su ejemplo de perseverancia, esfuerzo y compromiso con la educación marcó cada decisión tomada en el camino hacia esta meta.

A mis padres, por enseñarme con su vida que el conocimiento es la herramienta más poderosa para construir un futuro digno y por confiar en mí incluso en aquellos momentos en que las dudas amenazaban con detener el avance del proyecto. Sin su acompañamiento emocional y material este trabajo no habría sido posible.

A mis hermanos y seres queridos, por su comprensión durante las largas jornadas de estudio, por las conversaciones que aliviaron la presión y por celebrar conmigo cada pequeño logro alcanzado en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, dedico este esfuerzo a quienes, dentro y fuera del aula, sembraron en mí la inquietud por mejorar los procesos productivos y por aportar valor a las organizaciones desde el ejercicio responsable de la ingeniería industrial.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Hispanoamericana y al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Industrial por la formación académica recibida durante todos los años de la carrera. Cada curso, cada laboratorio y cada experiencia compartida con los profesores aportaron las bases teóricas y prácticas que hicieron posible el desarrollo del presente proyecto.

Un especial agradecimiento a la Ing. Ana Catalina Leandro Sandí, tutora del presente proyecto, por su guía rigurosa, su retroalimentación constructiva y su acompañamiento durante todas las fases de la investigación. Sus observaciones técnicas y metodológicas elevaron sustancialmente la calidad del trabajo y enriquecieron mi formación profesional.

A la empresa Interplay S.R.L expreso mi gratitud por la apertura, la confianza y la disponibilidad para que el presente proyecto se desarrollara en sus instalaciones. Agradezco particularmente al personal de bodega, al departamento de ventas y a la gerencia general por brindar la información, el tiempo y el acceso necesarios para la recolección de datos en campo.

Agradezco también a mis compañeros y compañeras de carrera, con quienes compartí discusiones enriquecedoras sobre los temas abordados y cuyos comentarios contribuyeron a precisar el enfoque de la investigación.

Finalmente, agradezco a Dios y a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, fueron parte de este proceso. Cada aporte, por pequeño que pareciera, contribuyó a la culminación de esta etapa académica.

EPÍGRAFES

"La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado del esfuerzo inteligente."

— John Ruskin

"Lo que se mide se mejora; lo que se mejora se sostiene; lo que se sostiene se convierte
en cultura."

— Adaptado de Peter Drucker

"Un buen layout no se diseña: se piensa, se prueba, se mide y se mejora."

— Richard Muther

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto trata sobre el diseño de una propuesta de mejora del layout de artículos en el área de bodega, mediante la aplicación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) y la clasificación ABC de inventarios. El trabajo se enmarca en la línea de investigación de Optimización de Procesos y Gestión de Operaciones de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, y aborda una problemática operativa concreta que afecta la rentabilidad y la eficiencia logística de la empresa estudiada.

Fue desarrollado en la empresa Interplay S.R.L, localizada en Barrio La California, San José, Costa Rica, 375 metros norte de la iglesia La Merced, frente a Importaciones Macao. La empresa se dedica a la importación y distribución a nivel nacional de productos de entretenimiento electrónico, principalmente videojuegos y consolas de las principales marcas internacionales (PlayStation, Xbox, Nintendo, entre otras), pantallas, televisores, tablets, accesorios para celulares y bicicletas. Su catálogo activo asciende a aproximadamente dos mil referencias, gestionadas en una bodega de mil metros cuadrados distribuida en dos pisos, con un volumen promedio de cuarenta a sesenta pedidos despachados por día.

El proyecto se realiza con el fin de reducir las pérdidas económicas asociadas al inventario obsoleto, agilizar los tiempos de entrega, aprovechar de manera técnica el espacio disponible en bodega y minimizar la acumulación de mercadería estancada. La razón por la cual el problema se aborda desde el layout y no desde otra perspectiva radica en que los principales síntomas observados (recorridos extensos del personal, congestión en pasillos, tiempos elevados de búsqueda de producto y daños durante la manipulación) se originan en la distribución física actual del almacén y en la ausencia de criterios técnicos de ubicación. Por lo tanto, la intervención sobre el layout, soportada por la clasificación ABC y la metodología DMAIC, constituye la respuesta directa a esos síntomas.

En el desarrollo de la línea base se pudo determinar que la empresa registró pérdidas cercanas a cincuenta mil dólares estadounidenses durante el segundo semestre del año 2025 por concepto de inventario obsoleto, que cerca del veinticinco por ciento del área útil de la bodega se encontraba ocupado por mercadería sin rotación y que la exactitud entre el inventario físico y el registrado en sistema era inferior al ochenta por ciento. Asimismo, se constató que el veinte por

ciento de las referencias concentraba el ochenta por ciento de los ingresos, en línea con el principio de Pareto, pero sin que esa concentración se reflejara en una ubicación física privilegiada para esos productos.

Algunas de las soluciones se refieren al rediseño completo del layout bajo criterios de clasificación ABC, a la depuración planificada de mercadería obsoleta, a la categorización de los productos por nivel de fragilidad, a la implementación de un programa de capacitación para el personal de bodega y al establecimiento de auditorías mensuales de inventario. Estas soluciones pretenden disminuir los tiempos de búsqueda y picking, liberar espacio operativo, reducir las mermas por daño durante la manipulación, mejorar la exactitud del inventario y, en consecuencia, reducir las pérdidas anuales por obsolescencia.

Al analizar los beneficios de las propuestas se obtiene que, con una inversión total estimada en un millón ciento noventa y ocho mil colones costarricenses (aproximadamente dos mil trescientos dólares), la empresa puede alcanzar un ahorro anual conservador de treinta mil dólares por la sola reducción del inventario obsoleto, lo que se traduce en un período de recuperación de la inversión inferior a un mes y un retorno sobre la inversión superior a mil doscientos por ciento durante el primer año. Adicionalmente, se proyectan beneficios cualitativos en satisfacción del cliente, productividad del personal y aprovechamiento del espacio.

En cuanto a la implementación se tiene que la propuesta contempla un cronograma de seis meses y medio, organizado en ocho etapas que abarcan desde la sensibilización del personal hasta la auditoría posterior a la ejecución. La empresa será la responsable directa de la ejecución física, mientras que el alcance del presente trabajo se concentra en el diseño detallado de la propuesta, el plan de implementación y los mecanismos de control posteriores.

En conclusión, se puede decir que la propuesta integral de reacomodo del layout, soportada en la clasificación ABC y articulada bajo la metodología DMAIC, ofrece a Interplay S.R.L una solución técnica y económicamente viable para enfrentar las pérdidas por inventario obsoleto, agilizar la atención al cliente y profesionalizar la gestión de su almacén. La sostenibilidad de la mejora dependerá, no obstante, de la disciplina con la que se ejecuten las auditorías mensuales y de la consolidación de una cultura organizacional de mejora continua.

Acrónimos y siglas

- ABC: clasificación de inventarios por importancia (Always Better Control).
- CIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme.
- DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
- EOQ: cantidad económica de pedido (Economic Order Quantity).
- FIFO: primero en entrar, primero en salir (First In, First Out).
- KPI: indicador clave de desempeño (Key Performance Indicator).
- LIFO: último en entrar, primero en salir (Last In, First Out).
- REL: diagrama de relación de actividades.
- ROI: retorno sobre la inversión (Return on Investment).
- ROP: punto de reorden (Reorder Point).
- SLP: planeación sistemática del layout (Systematic Layout Planning).
- WMS: sistema de gestión de almacenes (Warehouse Management System).
- 5W2H: herramienta de planificación basada en siete preguntas guía (What, Why, When, Where, Who, How y How much).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

El presente capítulo expone el planteamiento general del proyecto de graduación. Se presenta la descripción del proyecto, la identificación de la organización en la que se desarrolla, el planteamiento del problema con su definición y justificación, los objetivos generales y específicos, así como los alcances y limitaciones.

1.1 Descripción general del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una propuesta de mejora del layout de artículos del área de bodega de la empresa Interplay S.R.L, mediante la aplicación de la metodología DMAIC y la clasificación ABC de inventarios. La intervención tiene como propósito reducir las pérdidas económicas asociadas al inventario obsoleto, optimizar el aprovechamiento del espacio disponible y mejorar los tiempos de respuesta en la atención de los pedidos.

La empresa opera con un catálogo activo de aproximadamente dos mil referencias, las cuales se gestionan en una bodega de mil metros cuadrados distribuida en dos pisos. El volumen promedio de operaciones se sitúa entre cuarenta y sesenta pedidos despachados por día, con una distribución mixta entre clientes minoristas y mayoristas a lo largo de Costa Rica. Esta combinación de un catálogo amplio con un volumen operativo significativo hace que la distribución física del almacén tenga un impacto directo sobre los costos operativos y sobre la calidad del servicio entregado al cliente final.

La razón principal por la que el problema se aborda desde el layout y no desde otra dimensión de la gestión empresarial radica en la naturaleza de los síntomas observados. Los problemas de flujo dentro del almacén, los tiempos elevados de búsqueda de producto, la congestión en los pasillos y los daños frecuentes durante la manipulación apuntan, en su origen, a una distribución física que no responde a criterios técnicos de rotación, fragilidad o popularidad. En consecuencia, una intervención sobre el layout, soportada en la clasificación ABC, ataca la causa raíz de manera directa y permite, a su vez, generar efectos positivos sobre el control de inventarios, la productividad del personal y la satisfacción del cliente.

Adicionalmente, la propuesta incorpora la depuración planificada de mercadería obsoleta, la categorización de los productos por nivel de fragilidad, la capacitación del personal de bodega

y el diseño de un sistema de auditorías mensuales para asegurar la sostenibilidad de la mejora. De este modo, la intervención no se limita a un reacomodo físico, sino que se convierte en un proyecto de mejora integral del proceso de almacenamiento y despacho.

El presente proyecto se enmarca en la línea de investigación de Operaciones Industriales de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, la cual agrupa los trabajos orientados a la optimización de operaciones y procesos, la gestión de almacenamiento, inventario y distribución, y la mejora de la productividad y efectividad en los procesos de servicios e industria, mediante la aplicación sistemática de herramientas propias de la disciplina. La pertinencia del proyecto dentro de esta línea se sustenta en la estructura metodológica adoptada, alineada al ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), recomendado por la Escuela de Ingeniería Industrial como marco de abordaje para proyectos de esta naturaleza. En correspondencia con cada fase de dicho ciclo, se emplean herramientas reconocidas en la disciplina: el diagrama de Ishikawa y el método de los cinco porqués para la identificación de causas raíz, el diagrama de Pareto y la clasificación ABC para la medición y priorización del problema, y el diseño de propuestas de mejora orientadas a variables cuantificables del proceso de almacenamiento y despacho. Este conjunto de instrumentos, articulados de forma coherente con los objetivos del proyecto, confirma su alineación con los fines académicos y prácticos que define la línea de Operaciones Industriales para los proyectos de graduación de la carrera.

La implementación de la propuesta permitirá mejorar la competitividad de Interplay S.R.L. en el mercado mayorista costarricense de productos de entretenimiento electrónico, dado que su impacto se reflejará en menores costos operativos, mayor exactitud de inventarios, tiempos de entrega más cortos y un uso más racional del espacio físico. Estos elementos, en conjunto, fortalecen la propuesta de valor de la empresa frente a sus clientes y le otorgan margen de maniobra financiera para la inversión en mercadería de alta rotación.

1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto

A continuación, se presenta la identificación de la organización en la cual se desarrolla el presente proyecto de graduación. Se describen los datos generales de la empresa, sus antecedentes históricos, misión, visión, estructura organizativa y las características generales de su operación comercial y logística, con el propósito de contextualizar al lector sobre el entorno en el que se identificó el problema y se propone la intervención de mejora.

1.2.1 Descripción general de la organización

Interplay S.R.L es una empresa costarricense del sector comercial e importador, inscrita ante el Registro Nacional bajo la cédula jurídica número tres-ciento dos-ochocientos noventa y siete mil setecientos cuarenta y cinco. Su domicilio social se ubica en Barrio La California, San José, Costa Rica, específicamente trescientos setenta y cinco metros norte de la iglesia La Merced, frente a Importaciones Macao. La empresa cuenta además con una oficina de enlace en China, lo que facilita la negociación con proveedores asiáticos y el monitoreo logístico de las importaciones desde origen.

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, la actividad principal de la empresa corresponde al comercio al por mayor de productos electrónicos y de entretenimiento, complementada con la importación directa desde proveedores ubicados en Estados Unidos, Panamá, China, Taiwán y algunos países de Suramérica.

El personal total de la empresa está conformado por diecisiete colaboradores, distribuidos en cuatro grandes áreas funcionales. El área de gerencia general y administrativa concentra cuatro colaboradores: el gerente general, el subgerente administrativo, el contador y un asistente administrativo, y es responsable de la dirección estratégica, las decisiones financieras y la representación legal de la empresa. El área de comercialización y ventas, integrada por cuatro colaboradores, atiende a los clientes mayoristas y minoristas, procesa las órdenes y coordina con la bodega los despachos correspondientes. El área de operación logística y de bodega, conformada por seis colaboradores, cubre las funciones de recepción, almacenamiento, picking, empaque y despacho, y constituye el área directamente involucrada en el presente proyecto. Finalmente, el área de servicios complementarios aporta tres colaboradores que se distribuyen entre los servicios

de entrega a domicilio en el Gran Área Metropolitana y los servicios generales internos. Esta estructura se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Organigrama de la empresa Interplay S.R.L Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Interplay S.R.L (2025).

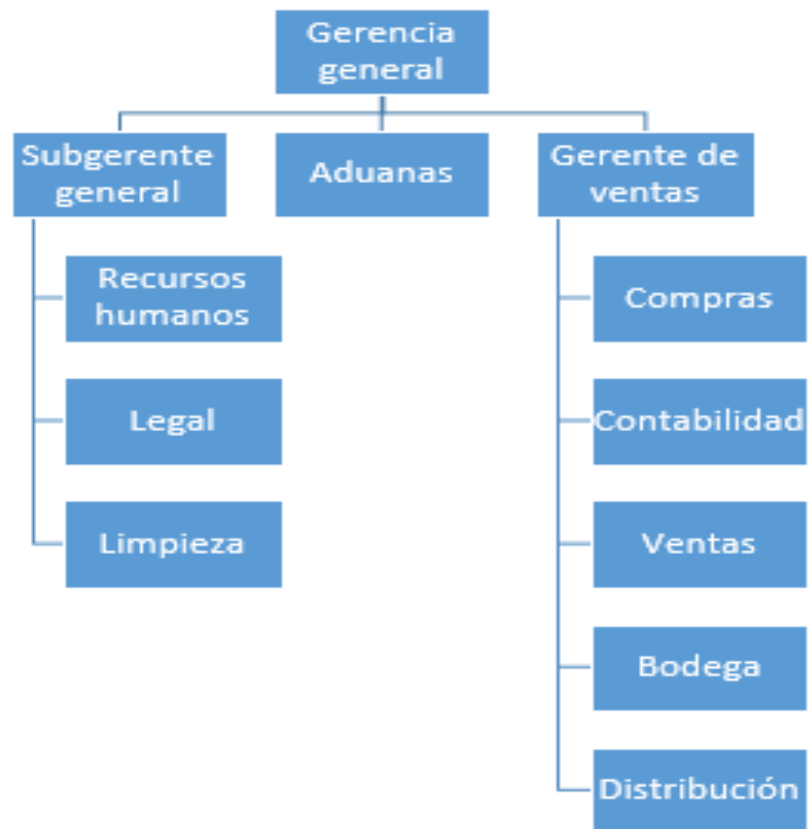


Figura 2. Instalaciones de Interplay S.R.L Fuente: Elaboración propia, levantamiento fotográfico autorizado por la empresa (2025).



La empresa ha declarado su misión y visión como se presenta a continuación.

Misión

Desarrollar un grupo empresarial que satisfaga las necesidades de bienestar, confort, comunicación y diversión del público meta en el territorio nacional, a través del uso y consumo de productos novedosos y competitivos. Interplay S.R.L busca consolidarse como una organización financieramente sólida y altamente productiva, optimizando costos y promoviendo el desarrollo de sus colaboradores, garantizando así la rentabilidad de los accionistas y la excelencia en los bienes y servicios ofrecidos.

Visión

Posicionarse como uno de los principales canales de productos de entretenimiento en Costa Rica, ampliando la cartera de clientes y consolidándose como una de las opciones favoritas para la venta de consolas y artículos relacionados, mediante el compromiso con la calidad, el servicio y la garantía.

Valores institucionales

Compromiso con el cliente: orientación constante a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes minoristas y mayoristas. Integridad: cumplimiento estricto de las obligaciones contractuales, fiscales y aduanales. Trabajo en equipo: coordinación entre las áreas comerciales, logísticas y administrativas como pilar de la operación. Innovación: incorporación continua de nuevas líneas de producto y nuevas prácticas de gestión. Mejora continua: disposición a revisar y optimizar los procesos internos.

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa

Desde sus inicios, Interplay S.R.L estableció relaciones comerciales con proveedores ubicados en Estados Unidos, Panamá, China, Taiwán y algunos países de Suramérica. Esta diversificación geográfica le permitió ofrecer a sus clientes una amplia variedad de productos y mantener una continuidad de abastecimiento incluso ante eventos puntuales que afectaban a un origen específico. La cadena de suministro se sustenta en aproximadamente quince proveedores principales distribuidos en cinco países, con plazos de aprovisionamiento que varían entre cuatro y diez semanas según el proveedor, el medio de transporte y los trámites aduaneros. La mayor parte de la mercadería ingresa por vía marítima a través de los puertos de Caldera y Limón, con tiempos adicionales de desalmacenaje de entre cinco y quince días hábiles, mientras que una proporción menor de mercadería urgente ingresa por vía aérea por el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

Con el paso de los años, la empresa logró posicionarse en el mercado mayorista costarricense como uno de los principales proveedores locales de videojuegos y consolas. Su catálogo activo asciende a aproximadamente dos mil referencias, agrupadas en cinco familias: consolas de videojuegos de las principales marcas internacionales, videojuegos físicos y digitales, accesorios para consolas y dispositivos electrónicos, equipos de mayor formato como pantallas y televisores, y otros productos complementarios como bicicletas urbanas y artículos coleccionables. El catálogo histórico acumulado supera las tres mil referencias, reflejo de la rotación natural del mercado tecnológico y de la incorporación sostenida de nuevas líneas. Esta diversidad es especialmente relevante para el presente proyecto, ya que cada familia de productos presenta

características particulares de rotación, volumen, fragilidad y exigencias de almacenamiento, lo que refuerza la pertinencia de aplicar una clasificación ABC complementada con criterios de fragilidad.

El volumen operativo de la empresa es significativo en relación con el tamaño físico de su bodega. Durante el segundo semestre del año 2025 se procesaron aproximadamente cuatro mil quinientos pedidos, con un promedio de cuarenta a sesenta despachos por día hábil. El patrón de operaciones presenta una estacionalidad marcada: los meses de noviembre y diciembre concentran cerca del veinticinco por ciento de las ventas anuales, con repuntes adicionales en los meses de mayo a julio asociados a celebraciones como el Día del Padre y el Día del Niño.

El crecimiento sostenido del catálogo, sin embargo, no estuvo acompañado de una evolución equivalente en los procesos de almacenamiento. La bodega original fue diseñada para una operación de menor escala y fue absorbiendo, sin un rediseño formal, el aumento del inventario activo y la acumulación de líneas discontinuadas. Esta situación constituye el contexto histórico inmediato del problema que motiva el presente proyecto.

Desde el punto de vista legal y normativo, la operación de Interplay S.R.L se rige por el Código de Comercio, la Ley del Impuesto sobre la Renta, la Ley del Impuesto al Valor Agregado y la Ley General de Aduanas, canalizando sus operaciones de importación a través de agentes aduanales autorizados mediante el Sistema Integrado Nacional Electrónico de Aduanas. En materia de seguridad ocupacional, la empresa debe cumplir con la Ley sobre Riesgos del Trabajo y con los lineamientos del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, aspectos que resultan directamente relevantes para la propuesta de reorganización del layout, la cual debe respetar las normas de altura máxima de carga, ancho de pasillos, señalización y rutas de evacuación.

1.3 Planteamiento del problema

Interplay S.R.L gestiona aproximadamente dos mil referencias activas en una bodega de mil metros cuadrados. Durante el segundo semestre del año 2025, la empresa registró pérdidas por inventario obsoleto cercanas a cincuenta mil dólares estadounidenses. Este monto fue confirmado

mediante una sesión de lluvia de ideas con la administración y mediante el análisis de los registros contables aportados por la empresa.

Para entender la magnitud y la naturaleza del problema es necesario diferenciar con claridad los síntomas observables, las causas operativas inmediatas y las causas estructurales que originan la situación. Esta diferenciación es relevante porque permite orientar la intervención hacia las causas raíz y no únicamente hacia las manifestaciones visibles del problema.

Tabla 1. Diferenciación entre síntomas y causas detectadas

Categoría	Manifestación	Tipo
Síntoma	Recorridos extensos del personal en pasillos estrechos.	Manifestación operativa visible.
Síntoma	Tiempo promedio de búsqueda de un producto entre ocho y doce minutos.	Manifestación operativa visible.
Síntoma	Atrasos reportados por clientes en aproximadamente el dieciocho por ciento de los despachos.	Manifestación operativa visible.
Síntoma	Roturas y daños en mercadería durante el traslado interno.	Manifestación operativa visible.
Síntoma	Pérdida documentada de cincuenta mil dólares por inventario obsoleto.	Manifestación financiera visible.
Causa	Compras inadecuadas no alineadas con el ritmo real de ventas.	Causa operativa inmediata.
Causa	Falta de seguimiento entre las áreas de compras, ventas y bodega.	Causa operativa inmediata.
Causa	Ausencia de un método formal de clasificación y ubicación de los productos.	Causa estructural.
Causa	Falta de capacitación técnica del personal en gestión de bodega.	Causa estructural.
Causa	Inexistencia de auditorías periódicas de inventario.	Causa estructural.

Fuente: Elaboración propia con base en el diagnóstico inicial (2025).

Como se observa en la Tabla 1, los síntomas operativos y financieros son consecuencia directa de las causas estructurales. Las compras inadecuadas y la falta de seguimiento son causas

operativas que, a su vez, se ven amplificadas por la ausencia de una clasificación técnica del inventario y por la falta de capacitación del personal. Esta diferenciación es crítica para evitar que la propuesta de mejora se concentre únicamente en los síntomas visibles, lo que generaría soluciones temporales sin modificar las condiciones que originan el problema.

El proceso específico afectado por la problemática es la gestión de almacenamiento y despacho dentro del área de bodega. Aun cuando los síntomas se manifiestan también en la atención al cliente y en los resultados financieros, el origen del problema reside en la operación física del almacén. Por esta razón, el proyecto enfoca sus esfuerzos en intervenir el layout y los procesos asociados, sin dejar de considerar las interfaces que la bodega tiene con compras y con ventas.

Tabla 2. Cuantificación de los principales síntomas detectados (segundo semestre 2025)

Indicador	Magnitud o valor observado
Pérdida por inventario obsoleto	USD 50.000 (segundo semestre 2025).
Tiempo promedio de búsqueda de un producto	Entre 8 y 12 minutos por pedido.
Atrasos en entregas reportados por clientes	Aproximadamente 18 % de los despachos.
Espacio de bodega ocupado por mercadería obsoleta	Aproximadamente 25 % del área útil.
Exactitud de inventario (físico vs. sistema)	Inferior al 80 %.
Productos categoría A ubicados en zonas alejadas del despacho	Más del 60 % de las referencias A.
Pasillos con obstrucciones por cajas o mercadería suelta	Cerca del 40 % del recorrido principal.

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por Interplay S.R.L (2025).

La Tabla 2 sintetiza la línea base cuantitativa con la cual se compararán los resultados esperados de la propuesta. Los indicadores fueron seleccionados de manera que reflejen tanto el impacto financiero (pérdida por obsoletos), como el impacto operativo (tiempos y atrasos), el impacto sobre la calidad del proceso (exactitud) y el impacto sobre el aprovechamiento del espacio.

1.3.1 Definición y medición del problema

El problema se define como la ineficiencia en la gestión del layout de bodega de Interplay S.R.L, manifestada en pérdidas económicas por inventario obsoleto, retrasos en los despachos, baja exactitud del inventario y subutilización del espacio. Esta definición integra los componentes financieros, operativo y de calidad, lo que permite abordar el problema desde una perspectiva sistémica.

La medición del problema se realiza mediante un conjunto de indicadores cuantitativos. El primero corresponde al porcentaje de productos obsoletos sobre el inventario total, calculado como la relación entre el valor monetario del inventario obsoleto y el valor total del inventario disponible. El segundo es el tiempo promedio de búsqueda y preparación de pedido, medido en minutos por pedido completo. El tercero es el porcentaje de espacio aprovechado en bodega, definido como la proporción del área total destinada a mercadería de rotación activa. El cuarto es la exactitud del inventario, calculada como el cociente entre las referencias correctamente registradas y el total de referencias auditadas. El quinto es el porcentaje de pedidos entregados a tiempo, definido como la proporción de pedidos completados en el plazo comprometido con el cliente.

Estos cinco indicadores se complementan, durante la fase de Análisis del DMAIC, con indicadores derivados como el costo promedio por línea de pedido, el porcentaje de mermas y la productividad por hora de bodega. La selección sigue las recomendaciones de Heizer y Render (2017) y de Rushton et al. (2017) para sistemas de almacenamiento de mediana escala.

1.3.2 Justificación del problema

La presente investigación aborda una problemática que afecta directamente la operación y la rentabilidad de Interplay S.R.L. Las pérdidas por inventario obsoleto cercanas a cincuenta mil dólares en el último semestre, sumadas a los retrasos en despachos, los daños en mercadería y la subutilización del espacio en una bodega de mil metros cuadrados, configuran un escenario que justifica una intervención técnica.

La implementación de un nuevo layout, soportado en la clasificación ABC e identificada mediante DMAIC como la solución más adecuada, contribuirá a optimizar la ubicación de los productos según su rotación, reducir los recorridos y los tiempos de preparación de pedidos, minimizar el riesgo de daño durante el traslado interno y liberar espacio útil para mercadería activa. Estos beneficios se traducirán en menores costos operativos, mayor exactitud de inventarios y

mejores tiempos de entrega, con un impacto positivo sobre la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa.

Adicionalmente, el proyecto se justifica desde una perspectiva académica, ya que aplica de manera integrada un conjunto de herramientas de ingeniería industrial sobre un caso real, articulándolas bajo una metodología reconocida internacionalmente. El trabajo aporta evidencia empírica sobre la pertinencia de la metodología DMAIC en proyectos de mejora de almacenes y enriquece el repositorio académico de la Universidad Hispanoamericana con un caso aplicable a otras empresas del mismo sector.

Desde la perspectiva social, la mejora del proceso de almacenamiento contribuye a generar mejores condiciones laborales para el personal de bodega, al reducir los recorridos innecesarios, mejorar la visibilidad de los productos y disminuir los riesgos asociados a la manipulación de mercadería en pasillos congestionados.

1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de layout para la reorganización de los artículos en el área de bodega de Interplay S.R.L., mediante el análisis del proceso actual y la aplicación de criterios de rotación y popularidad de productos, con el fin de optimizar el espacio, reducir los inventarios obsoletos y mejorar la eficiencia operativa durante el tercer cuatrimestre del año 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de almacenamiento y distribución de artículos en el área de bodega de Interplay S.R.L., para identificar las causas que provocan ineficiencias y la acumulación de inventario obsoleto.
- Diagnosticar el nivel de obsolescencia y los principales factores que afectan la exactitud del inventario, con el fin de establecer acciones correctivas.
- Diseñar un nuevo layout de almacenamiento que considere la clasificación de productos según su rotación, tamaño y frecuencia de uso, para facilitar el acceso y reducir los tiempos de búsqueda.

- Proponer un método de control y seguimiento del inventario que permita prevenir la acumulación de productos obsoletos.
- Evaluar la efectividad de la propuesta de mejora mediante indicadores de productividad, exactitud del inventario y reducción de pérdidas por obsolescencia.

1.5 Alcances y limitaciones

En este apartado se delimita el alcance espacial y temporal del proyecto de mejora desarrollado en Interplay S.R.L, así como las limitaciones metodológicas que se presentaron durante su ejecución. Su definición permite establecer con claridad el alcance de la intervención propuesta sobre el proceso de almacenamiento y despacho de la empresa, e identificar aquellas condiciones del entorno operativo que influyeron en el desarrollo del estudio, sin constituir un impedimento para la consecución de los objetivos planteados ni para la validez de los resultados obtenidos.

1.5.1 Alcances

La investigación se centra en la empresa Interplay S.R.L y, dentro de ella, exclusivamente en el área de bodega ubicada en su sede central en San José, Costa Rica. El estudio analiza los procesos de almacenamiento y despacho asociados a esa bodega, sin incluir otras áreas operativas como compras, mercadeo o contabilidad, salvo en su condición de interfaces con la bodega.

Metodológicamente, el proyecto utiliza herramientas de ingeniería industrial integradas bajo el ciclo DMAIC, entre ellas el diagrama de flujo, el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, el método de los cinco porqués, la clasificación ABC, el análisis de capacidad de almacenamiento y la herramienta 5W2H para la priorización de las acciones de mejora.

Las actividades previstas dentro del alcance incluyen: cuantificar el porcentaje de artículos estancados en la bodega, identificar las causas raíz asociadas al manejo de inventarios, diseñar el nuevo layout en formato de croquis a escala, elaborar el cronograma de implementación, estimar los costos asociados a la propuesta y proponer un sistema de auditoría para la sostenibilidad de la mejora.

El alcance del proyecto es de tipo propositivo: contempla el diseño detallado de la propuesta y los mecanismos de control posteriores. La ejecución física, la inversión financiera real

y las eventuales adaptaciones que la empresa decida realizar durante la implementación quedan fuera del alcance del presente trabajo.

1.5.2 Limitaciones

- Confidencialidad de la información financiera: la empresa no autoriza la divulgación de los valores monetarios detallados del inventario ni los datos contables sensibles. Por esta razón, los análisis financieros se presentan en términos relativos o redondeados, manteniendo la consistencia analítica sin comprometer la confidencialidad.
- Disponibilidad de datos históricos: la investigación está condicionada a la información que la empresa entregue durante el período de estudio. La calidad de los registros históricos del inventario no era homogénea, lo que requirió procesos de depuración y validación adicional.
- Restricciones de registro fotográfico: por motivos de seguridad institucional, no se permite la toma de fotografías en áreas distintas a la bodega, lo que limita la documentación visual de procesos en otras áreas relacionadas como recepción de aduanas o despacho a clientes externos.
- Plazo del estudio: el análisis se concentra en el tercer cuatrimestre del año 2025. Los efectos de la propuesta sobre indicadores de mediano y largo plazo no pueden ser observados directamente en este trabajo, sino estimados con base en los datos de línea base y en los referentes de la literatura.
- Disponibilidad del personal: las observaciones cronometradas en bodega se realizaron en jornadas regulares de operación, sin interrumpir las actividades, lo que en ocasiones limitó la cantidad de mediciones que podían realizarse en paralelo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El presente capítulo expone el sustento conceptual, metodológico e histórico que fundamenta el diseño de la propuesta de mejora del layout de bodega de Interplay S.R.L. La estructura del capítulo sigue los lineamientos de la Guía 02 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana y se organiza en cuatro secciones: el marco conceptual general relativo a la carrera, el marco conceptual atinente a la gestión del proyecto, el marco conceptual referente al impacto del proyecto y los antecedentes de proyectos o experiencias semejantes. El conjunto de conceptos y herramientas no se presenta como un glosario aislado, sino como una arquitectura argumental que sostiene las decisiones tomadas en los capítulos posteriores y que permite trazar un hilo lógico continuo desde el diagnóstico hasta la propuesta y el control de la mejora.

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

La ingeniería industrial es la disciplina que se ocupa del diseño, la mejora y la implantación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía. Niebel y Freivalds (2014) señalan que su objeto de estudio se ubica en la intersección entre la productividad, la calidad y la seguridad de los procesos productivos y de servicio. El presente proyecto se inscribe plenamente en esta definición: aplica herramientas propias de la disciplina sobre un sistema logístico concreto —la bodega de una empresa importadora y distribuidora— con el propósito de optimizar el flujo de materiales, mejorar la productividad del personal, aprovechar el espacio disponible y reducir costos operativos.

2.1.1 Distribución de planta (layout)

La distribución de planta o layout es la ordenación física de los elementos productivos de una organización —espacios, maquinaria, materiales, personal y servicios auxiliares— con el propósito de optimizar el flujo de los procesos y la utilización del espacio disponible. De acuerdo con Heizer y Render (2017), una distribución adecuada busca minimizar los costos de manejo de materiales, reducir los tiempos de operación, aprovechar eficientemente el espacio cúbico y mejorar las condiciones de trabajo del personal.

Tompkins, White, Bozer y Tanchoco (2010) profundizan esta definición al señalar que el diseño de la distribución es una decisión estratégica que afecta directamente la flexibilidad operativa, la capacidad de respuesta ante variaciones de la demanda y la posibilidad de incorporar tecnologías futuras. Una mala distribución, en contraste, condena a la organización a costos recurrentes difícilmente compensables con otras decisiones operativas.

2.1.2 Tipos de layout

La literatura especializada distingue cinco tipos principales de distribución de planta, cada uno con un campo de aplicación específico (Heizer y Render, 2017; Tompkins et al., 2010):

- A. Layout por producto: organiza los recursos según la secuencia de operaciones de un producto específico. Es propio de líneas de producción continua y alta repetitividad.
- B. Layout por proceso: agrupa máquinas y operaciones similares en zonas comunes. Es típico de la producción intermitente, donde los productos requieren rutas distintas.
- C. Layout de posición fija: el producto permanece en una ubicación y los recursos se desplazan hacia él. Es común en construcción civil y proyectos de gran envergadura.
- D. Layout celular: combina principios de los layouts por producto y por proceso, agrupando máquinas en células que producen familias de productos con secuencias similares.
- E. Layout de almacén: orientado a optimizar el almacenamiento, el flujo de materiales y la preparación de pedidos. Es el tipo directamente relevante para el presente proyecto.

Tabla 3. Tipos de layout y criterios de selección

Tipo	Características	Aplicación típica
Por producto	Flujo lineal, alta repetitividad, baja variedad.	Líneas de ensamble.
Por proceso	Agrupación funcional, alta variedad, baja repetitividad.	Talleres, hospitales.
Posición fija	Producto inmóvil, recursos móviles.	Construcción, aeroespacial.
Celular	Familias de productos, células multifuncionales.	Manufactura flexible.

Tipo	Características	Aplicación típica
Almacén	Flujo recepción-almacenamiento-despacho, foco en picking.	Centros de distribución, bodegas.

Nota. Adaptado de Heizer y Render (2017) y Tompkins et al. (2010).

2.1.3 Layout de almacenes

El layout de almacenes constituye un caso particular dentro de la distribución de planta. A diferencia del layout productivo —cuyo flujo está dado por la transformación de materias primas— el layout de almacenes se concentra en optimizar el flujo de materiales desde la recepción hasta el despacho. Rushton, Croucher y Baker (2017) destacan que un layout eficiente reduce los tiempos de picking, minimiza errores, optimiza el aprovechamiento del espacio cúbico y disminuye los costos asociados al manejo de materiales.

De acuerdo con Frazelle (2016), las decisiones de layout de un almacén deben sustentarse en cinco preguntas guía: ¿qué se almacena?, ¿cuánto se almacena?, ¿cómo se mueve?, ¿quién lo mueve? y ¿con qué frecuencia se mueve? Las respuestas determinan las zonas funcionales, los criterios de ubicación, la configuración de pasillos, los equipos de manejo y los indicadores que se utilizarán para evaluar el desempeño.

Un almacén bien diseñado contempla zonas funcionales claramente diferenciadas: recepción, almacenamiento (subdividido por niveles de rotación), preparación de pedidos o picking, empaque y consolidación, despacho, devoluciones y obsoletos, y servicios administrativos. Cada zona tiene implicaciones sobre el diseño físico: la zona de devoluciones y obsoletos, por ejemplo, debe estar segregada para evitar la mezcla con mercadería activa, aspecto de particular relevancia para el caso de Interplay S.R.L.

2.1.4 Criterios de diseño y metodología SLP

Muther (1981), referente clásico en la materia, formula seis criterios fundamentales para el diseño de cualquier distribución de planta: integración total, mínima distancia recorrida, circulación o flujo de materiales, aprovechamiento del espacio cúbico, satisfacción y seguridad del

trabajador, y flexibilidad. Estos criterios son recogidos por la literatura contemporánea como guía maestra del diseño.

La metodología SLP (Systematic Layout Planning) desarrollada por el mismo autor consta de cuatro fases secuenciales: localización, distribución general, distribución detallada e implantación. La SLP integra elementos cuantitativos (matrices de relación de actividades, gráficos de relación de espacios) con elementos cualitativos (diagramas de relación, evaluación de alternativas) y constituye el marco de referencia para el diseño del nuevo layout en el presente proyecto. Sus fases se articulan de manera natural con el DMAIC: la distribución general corresponde a las fases Definir y Medir; la distribución detallada corresponde a las fases Analizar y Mejorar; la implantación corresponde a la fase Controlar.

Dentro de la SLP, el diagrama de relación de actividades (REL) clasifica la cercanía deseada entre áreas mediante una escala cualitativa de seis niveles, que va desde la necesidad absoluta de cercanía (A) hasta la indeseabilidad absoluta (X). Su aplicación permite traducir consideraciones cualitativas —seguridad, ergonomía, flujo de información— en decisiones de proximidad física, constituyendo un puente entre el análisis y el diseño.

2.1.5 Clasificación ABC de inventarios

La clasificación ABC es un método de segmentación de inventarios sustentado en el principio de Pareto, según el cual aproximadamente el veinte por ciento de los productos genera el ochenta por ciento de los movimientos o de los ingresos (Heizer y Render, 2017). Juran (1951) popularizó esta regla como herramienta estándar del análisis logístico, y su aplicación ha sido confirmada en estudios sectoriales en numerosos contextos industriales y comerciales.

La clasificación distingue tres categorías con tratamiento diferenciado. Los productos categoría A son las referencias más importantes: constituyen aproximadamente el veinte por ciento del inventario pero concentran cerca del ochenta por ciento de los movimientos o ingresos. Requieren controles estrictos, conteos cíclicos frecuentes y ubicaciones de fácil acceso, idealmente cercanas a la zona de despacho. Los productos categoría B son de importancia intermedia: representan el treinta por ciento del inventario y aportan cerca del quince por ciento de los ingresos. Su control debe ser periódico, y su ubicación corresponde a niveles de acceso intermedios. Los productos categoría C son los menos críticos: constituyen el cincuenta por ciento del inventario y

aportan apenas el cinco por ciento de los ingresos; su ubicación corresponde a las zonas más alejadas o de mayor altura.

Bartholdi y Hackman (2019) formalizan matemáticamente la lógica de la clasificación ABC aplicada a la asignación de ubicaciones: el costo total de traslados en una jornada se calcula como la sumatoria del producto entre la frecuencia de salida de cada artículo y la distancia desde su ubicación hasta la zona de despacho. Bajo esta lógica, ubicar un producto de alta rotación en una posición lejana genera un costo acumulado significativamente mayor que el de un producto de baja rotación en la misma posición. Esta es la base teórica que justifica la redistribución propuesta en el presente trabajo.

La clasificación ABC debe revisarse periódicamente, ya que la rotación puede variar por estacionalidad, ciclos de vida o cambios en el mercado. Para Interplay S.R.L., la estacionalidad pronunciada —con cerca del veinticinco por ciento de las ventas anuales concentradas en noviembre y diciembre— hace especialmente relevante esta revisión periódica.

2.1.6 Manejo de materiales

El manejo de materiales abarca el conjunto de actividades relacionadas con el movimiento, almacenamiento, protección y control de la mercadería dentro del almacén. Tompkins et al. (2010) estiman que puede representar entre el veinte y el cincuenta por ciento del costo total de operación, lo que justifica una atención especial durante el diseño del layout.

Los once principios formulados por Muther y compilados por Apple (1977) constituyen la guía clásica para el diseño y operación de sistemas de manejo de materiales. Los más relevantes para el presente proyecto son: planeación (proyectar toda actividad con anticipación), trabajo (minimizar la cantidad de movimientos), utilización del espacio (aprovechar el espacio cúbico, no solo el superficial), ergonomía (proteger al recurso humano) y costo total (tomar decisiones sobre la base del costo integral y no del costo aislado de cada componente).

Womack y Jones (2012), desde la perspectiva Lean, identifican siete tipos de desperdicio que se expresan directamente en el ambiente de bodega: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento, inventario excesivo, movimiento y defectos. La eliminación sistemática de estos desperdicios —especialmente los recorridos innecesarios y la espera por pasillos congestionados— es uno de los resultados esperados de una redistribución bien diseñada.

2.1.7 Métricas relevantes en bodegas

La gestión moderna de almacenes utiliza indicadores que permiten medir el desempeño operativo y orientar las decisiones de mejora. Silver, Pyke y Thomas (2017) recomiendan considerar de manera mínima los siguientes:

Tasa de rotación de inventario: número de veces que el inventario se renueva en un período. Se calcula como el cociente entre el costo de las ventas y el inventario promedio.

Frecuencia de picking: número de veces que un producto es seleccionado para despacho en un período. Es el insumo fundamental para la clasificación ABC desde la perspectiva del flujo.

Volumen almacenado: ocupación efectiva del espacio cúbico disponible. Su seguimiento permite anticipar saturaciones y evaluar la pertinencia de campañas de depuración de obsoletos.

Nivel de servicio: porcentaje de pedidos atendidos completos y dentro del plazo comprometido. Constituye uno de los principales indicadores percibidos directamente por el cliente.

Exactitud del inventario: relación entre el inventario físico y el registrado en sistema. Una baja exactitud invalida cualquier sistema de reposición y la confianza en los datos sobre los que se toman decisiones comerciales.

Hugos (2018) profundiza en la relación entre layout, rotación y exactitud del inventario: cuando los productos de alta rotación están ubicados de manera privilegiada, los conteos cíclicos resultan más eficientes y las decisiones de reposición se toman con datos más confiables. El layout, por tanto, no es solo una decisión de almacenamiento, sino una decisión que afecta toda la cadena de información del inventario.

2.1.8 Gestión de inventario obsoleto

El inventario obsoleto genera consecuencias que trascienden la mera pérdida contable. Silver et al. (2017) distinguen tres tipos de obsolescencia: comercial (el producto deja de demandarse, aunque mantenga su funcionalidad), tecnológica (el producto pierde competitividad ante alternativas más avanzadas) y física (deterioro durante el almacenamiento). Para Interplay S.R.L., los tres tipos son relevantes, lo que justifica un protocolo integral de gestión.

Frazelle (2016) estima que, en operaciones similares, una intervención bien ejecutada puede reducir los costos asociados a obsolescencia entre veinte y cuarenta por ciento durante el primer año posterior a la implementación. Acuña Acuña (2023) recomienda que el costo total del inventario obsoleto —incluyendo capital inmovilizado, almacenamiento, depreciación adicional y

disposición final— se calcule periódicamente y se reporte como indicador de gestión, ya que su visibilidad gerencial es la primera condición para reducirlo.

Las estrategias de gestión pueden clasificarse en preventivas (mejora del pronóstico de demanda, ajuste de políticas de compras, negociación de cláusulas de retorno con proveedores) y correctivas (liquidaciones promocionales, ventas a precio rebajado, donaciones y disposición final con baja contable). La propuesta del presente proyecto incorpora ambos tipos: las preventivas a través del dashboard de indicadores y las auditorías periódicas, y las correctivas mediante la depuración planificada del inventario existente.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

Esta sección expone la lógica de integración de las herramientas seleccionadas, justifica su uso en un proyecto de bodega, explica cómo se vinculan entre sí y delimita la relación entre diagnóstico, análisis y propuesta. Cada herramienta cumple una función específica dentro del ciclo DMAIC y se conecta con las demás bajo una estructura coherente.

2.2.1 Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es un proceso de mejora continua originado en la filosofía Six Sigma (Pande, Neuman y Cavanagh, 2004). Sus cinco fases —Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar— proporcionan una estructura sistemática para abordar problemas complejos con base en datos objetivos. Pyzdek y Keller (2018) subrayan que la virtud principal del DMAIC es la disciplina secuencial: ninguna fase puede ser omitida, y cada una entrega productos específicos a la siguiente.

La pertinencia del DMAIC para un proyecto de almacenamiento se sustenta en cuatro razones principales: exige cuantificar el problema con datos objetivos, articula herramientas de calidad con herramientas de diseño bajo una misma estructura, incluye explícitamente una fase de control posterior a la implementación, y su lenguaje es ampliamente reconocido en la industria, lo que facilita la adopción de la propuesta por parte del personal técnico de la empresa.

La vinculación específica del DMAIC con el diseño del layout se materializa de la siguiente manera: la fase Definir delimita el área específica de la bodega objeto de intervención; la fase Medir cuantifica el estado actual en términos de ocupación, recorridos y tiempos; la fase Analizar identifica los factores del layout que generan ineficiencia; la fase Mejorar diseña el nuevo layout aplicando ABC y SLP; y la fase Controlar institucionaliza las auditorías e indicadores que aseguran la sostenibilidad de la mejora.

Tabla 4. Aplicación del DMAIC al diseño del layout

Fase DMAIC	Pregunta clave	Resultado esperado
Definir	¿Cuál es el problema del layout actual y a quién afecta?	Acta de proyecto y mapa de interesados.
Medir	¿Cómo se comporta el layout actual en términos de ocupación, recorridos y exactitud?	Línea base cuantitativa y mapa del estado actual.
Analizar	¿Qué factores del layout actual generan las pérdidas observadas?	Causas raíz priorizadas y validadas.
Mejorar	¿Cómo debe ser el nuevo layout para responder a las causas detectadas?	Croquis del nuevo layout y plan de implementación.
Controlar	¿Cómo se sostiene la mejora una vez ejecutada?	Indicadores, auditorías y plan de acciones correctivas.

Nota. Elaboración propia con base en Acuña Acuña (2023) y Pyzdek y Keller (2018).

2.2.2 Articulación de herramientas con las fases del DMAIC

Las herramientas seleccionadas no operan de manera aislada: se complementan en una secuencia lógica donde los productos de una fase alimentan a la siguiente.

Tabla 5. Articulación de herramientas con las fases del DMAIC

Fase DMAIC	Herramienta	Función específica en el proyecto
Definir	Lluvia de ideas, 5W2H	Acordar alcance, objetivos y responsables.
Medir	Diagrama de flujo, hojas de registro, cronometraje, conteo cíclico	Caracterizar el proceso actual y establecer la línea base.
Analizar	Ishikawa, Pareto, cinco porqués, ABC, REL	Identificar causas raíz y priorizar las de mayor impacto.
Mejorar	SLP, ABC aplicada, diagrama de recorrido, AutoCAD	Diseñar el nuevo layout, validar alternativas y planificar la implementación.
Controlar	KPI dashboard, conteo cíclico, auditoría mensual	Sostener la mejora, detectar desviaciones y aplicar acciones correctivas.

Nota. Elaboración propia con base en Acuña Acuña (2023), Muther (1981) y Frazelle (2016).

2.2.3 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es la representación gráfica de la secuencia de actividades de un proceso mediante una simbología estandarizada que incluye operaciones, decisiones, transportes, demoras y almacenamientos (Niebel y Freivalds, 2014). Su pertinencia en un proyecto de bodega radica en que permite visualizar de manera objetiva el flujo de materiales, identificar cuellos de botella, demoras innecesarias y oportunidades de simplificación, y facilita la comparación entre el estado actual y el estado propuesto. En el presente proyecto, el diagrama de flujo se aplica en la fase Medir para caracterizar los procesos de recepción, almacenamiento y despacho de Interplay S.R.L.

2.2.4 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa y efecto o espina de pescado, fue desarrollado por Kaoru Ishikawa en la década de 1960. Permite identificar

sistemáticamente las posibles causas de un problema agrupándolas en categorías, en su versión clásica denominadas las seis emes: mano de obra, métodos, materiales, maquinaria, medio ambiente y mediciones (Ishikawa, 1986).

Su pertinencia en un proyecto de bodega radica en que el problema de un layout deficiente raramente tiene una sola causa: confluyen aspectos del método (ausencia de criterios técnicos), el personal (capacitación insuficiente), los materiales (variedad y fragilidad), la infraestructura (estanterías, pasillos), el entorno (luminosidad, espacio) y la medición (auditorías, indicadores). El Ishikawa permite organizar estas causas en una visión integrada y sirve como insumo directo para el diagrama de Pareto.

2.2.5 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que ordena las causas de un problema de mayor a menor frecuencia o impacto, permitiendo priorizar aquellas que generan el mayor efecto. Se basa en el principio del ochenta-veinte, popularizado por Juran (1951) a partir de los trabajos de Vilfredo Pareto, según el cual una pequeña proporción de causas explica la mayor parte de los efectos observados.

En el presente proyecto, el Pareto se aplica sobre las causas identificadas en el Ishikawa, lo que permite jerarquizarlas según una escala ponderada. La integración Ishikawa-Pareto es una práctica estándar en proyectos de calidad y constituye uno de los puentes naturales entre la fase Analizar y la fase Mejorar del DMAIC.

2.2.6 Método de los cinco porqués

El método de los cinco porqués es una técnica de análisis causal que consiste en preguntar repetidamente por la razón inmediata de un fenómeno hasta llegar a la causa raíz. Su aplicación complementa los hallazgos del Ishikawa y del Pareto, profundizando en las causas estructurales que subyacen a los síntomas observados (Acuña, 2012). La regla práctica de los cinco niveles no debe interpretarse de manera rígida: en algunos casos la causa raíz se identifica con tres preguntas, mientras que otros pueden requerir más iteraciones.

2.2.7 Herramienta 5W2H

La herramienta 5W2H es una técnica de planificación que se sustenta en siete preguntas guía: What (qué), Why (por qué), When (cuándo), Where (dónde), Who (quién), How (cómo) y How much (cuánto). Su aplicación permite estructurar planes de acción claros, priorizar actividades y asignar responsables. En proyectos de bodega, resulta particularmente útil para definir las acciones de implementación del nuevo layout, ya que obliga a explicitar los recursos requeridos, los responsables, los plazos y los costos asociados a cada actividad (Betancourt, 2018).

2.2.8 Gestión del cambio organizacional

Cualquier proyecto de mejora del layout implica un cambio en las prácticas operativas del personal. Kotter (1996) propone un modelo de ocho pasos para liderar el cambio organizacional, entre los cuales destacan: establecer un sentido de urgencia, crear y comunicar una visión, empoderar a los actores clave y generar victorias tempranas que refuercen el compromiso. Roces (2013), en el contexto latinoamericano, destaca que la participación temprana del personal operativo en las decisiones de cambio eleva significativamente el nivel de adopción posterior. Esta recomendación se incorporó en el proyecto mediante la realización de lluvia de ideas con el personal de bodega y entrevistas individuales con los asistentes operativos.

2.2.9 Marco legal y normativo aplicable

La operación de Interplay S.R.L. se enmarca en un conjunto de normas legales y técnicas costarricenses que tienen incidencia directa sobre el diseño del nuevo layout. Desde el punto de vista de la seguridad ocupacional, la Ley sobre Riesgos del Trabajo y los reglamentos del Consejo de Salud Ocupacional establecen anchos mínimos de pasillos para circulación segura, alturas máximas de almacenamiento y requisitos de señalización de rutas de evacuación. Desde el punto de vista aduanero y tributario, la Ley General de Aduanas y la normativa del Ministerio de Hacienda exigen la trazabilidad de las mercaderías importadas desde su ingreso hasta su disposición final; la mejora de la exactitud del inventario que persigue el proyecto contribuye al cumplimiento de esta obligación. La disposición final de productos electrónicos obsoletos está regulada por la Ley para la Gestión Integral de Residuos y por los reglamentos del Ministerio de Salud, lo que debe considerarse en la ejecución de la depuración planificada de obsoletos.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

El impacto de un proyecto de mejora del layout de bodega no es un resultado adelantado, sino un constructo teórico que justifica la pertinencia de la intervención. Esta sección desarrolla los fundamentos académicos sobre los tipos de impacto que un proyecto como el presente puede generar, organizados en cinco dimensiones.

2.3.1 Impacto económico

Heizer y Render (2017) señalan que un layout adecuado reduce los costos asociados al manejo de materiales, al inventario obsoleto y a las pérdidas por daño durante la manipulación. Frazelle (2016) estima que, en operaciones similares, una intervención bien ejecutada puede reducir los costos de manejo entre quince y treinta por ciento, y los costos asociados a obsolescencia entre veinte y cuarenta por ciento durante el primer año posterior a la implementación.

Adicionalmente, la mejora del layout incide sobre el costo de oportunidad: el espacio ocupado por mercadería sin rotación impide recibir mercadería activa que generaría ingresos, constituyendo una pérdida invisible pero significativa en el resultado financiero anual. Tompkins et al. (2010) estiman que un proyecto de layout bien ejecutado puede recuperar entre el quince y el veinte por ciento del espacio útil de un almacén con problemas similares al estudiado.

2.3.2 Impacto operativo

Un layout fundamentado en la clasificación ABC reduce los tiempos de preparación de pedidos, mejora la productividad del personal de bodega y facilita la circulación dentro del almacén. Rushton et al. (2017) destacan que la disminución de recorridos puede traducirse en una mejora de productividad cercana al veinticinco por ciento en operaciones de picking manual. Bartholdi y Hackman (2019) reportan reducciones de hasta el cuarenta por ciento en operaciones bien optimizadas.

El impacto operativo también se refleja en la disminución de errores. Cuando los productos están claramente identificados y ubicados según un criterio técnico, la probabilidad de despachar una referencia incorrecta disminuye, lo que reduce los costos asociados a devoluciones, reposiciones y reclamos. Adicionalmente, pasillos despejados y una circulación ordenada disminuyen los riesgos de accidentes laborales y de daños a la mercadería.

2.3.3 Impacto en el servicio al cliente

La mejora en los tiempos de respuesta y la reducción de errores en los despachos impactan directamente la satisfacción del cliente. Wisner, Tan y Leong (2011) señalan que el nivel de servicio es especialmente crítico en mercados B2B mayoristas como el atendido por Interplay S.R.L., dado que los clientes dependen de la disponibilidad y la puntualidad de su proveedor para cumplir, a su vez, con los compromisos asumidos con sus propios clientes finales. Una mejora sostenida del nivel de servicio fortalece la fidelización y abre oportunidades para incrementar la participación del proveedor dentro de la cartera de compras de cada cliente.

2.3.4 Impacto en la gestión del inventario

Silver et al. (2017) explican que la exactitud del inventario, la rotación efectiva y la capacidad de reposición se ven directamente afectadas por la organización física del almacén. La implementación de auditorías periódicas, la estandarización de las ubicaciones y el etiquetado claro permiten mejorar la exactitud del inventario, reducir los faltantes en sistema y prevenir nuevas acumulaciones de mercadería obsoleta. Hugos (2018) profundiza en esta relación: cuando los productos de alta rotación están en posiciones privilegiadas, los conteos cíclicos resultan más eficientes y las decisiones de reposición se toman con datos más confiables.

2.3.5 Costos asociados a la mala distribución

Los costos de una mala distribución pueden clasificarse en tres categorías (Tompkins et al., 2010). Los costos directos incluyen horas hombre adicionales en recorridos innecesarios, daños a la mercadería durante el manejo y errores en el despacho. Los costos indirectos comprenden la pérdida de oportunidades comerciales por entregas tardías, la disminución de la satisfacción del cliente y la rotación de personal por condiciones de trabajo deficientes. Los costos ocultos abarcan el desgaste prematuro de equipos, los accidentes laborales y la pérdida de conocimiento tácito por falta de estandarización.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Para enriquecer el sustento académico del proyecto, se revisaron antecedentes nacionales e internacionales sobre proyectos de mejora de layout y gestión de inventarios en empresas de tamaño similar. La revisión se circunscribió a los últimos diez años conforme a los lineamientos de la Guía 02 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana.

2.4.1 Antecedentes nacionales

Madrigal Montero (2022), en su trabajo final de graduación para la Universidad Hispanoamericana, desarrolló la propuesta de mejora del acomodo de bodega para una adecuada rotación del inventario en Coinversiones Corporativas, S.A. El estudio aplicó herramientas de ingeniería industrial —Ishikawa, Pareto y clasificación ABC— para mejorar el acomodo de bodega y reducir devoluciones por mezcla de fechas de vencimiento. La autora identificó la falta de control sistemático del inventario como causa raíz, hallazgo coincidente con uno de los diagnósticos del presente proyecto. Los resultados reportados incluyen una reducción de las pérdidas por devoluciones cercana al cuarenta por ciento durante el primer año de operación bajo el nuevo modelo, cifra coherente con las estimaciones realizadas para Interplay S.R.L.

Marín Fernández (2023), también de la Universidad Hispanoamericana, desarrolló el rediseño de la distribución de planta en el Gimnasio Xclusive como trabajo final de graduación. La autora aplicó el diagrama REL y la metodología SLP de Muther para rediseñar la distribución física del establecimiento. Su trabajo demostró que la aplicación rigurosa del SLP permite generar mejoras sustantivas en establecimientos pequeños y medianos sin necesidad de inversiones en automatización, y enfatizó la importancia de complementar el rediseño con capacitación del personal para sostener la mejora en el tiempo.

Solís Vargas (2021), de la Universidad de Costa Rica, evaluó el impacto de la implementación del Systematic Layout Planning en una empresa distribuidora ubicada en la Gran Área Metropolitana y reportó una reducción del veintiocho por ciento en los tiempos de búsqueda de mercancía en los primeros tres meses posteriores a la redistribución. Vargas Calvo (2019), por su parte, estudió las pérdidas asociadas a inventario obsoleto en pequeñas y medianas empresas costarricenses, encontrando que el promedio sectorial se ubicaba entre el seis y el nueve por ciento del inventario valorizado, cifra coincidente con los hallazgos preliminares de la línea base de Interplay S.R.L.

2.4.2 Antecedentes internacionales

Ortiz Triana y Caicedo Solano (2018), en un estudio publicado por la Universidad Autónoma del Caribe, analizaron la operación logística de doce empresas de comercio minorista en Colombia y encontraron que aquellas que implementaron clasificación ABC combinada con rediseño de layout mostraban tiempos de alistamiento de pedidos hasta cuarenta por ciento

menores que las empresas comparables sin estas prácticas. El hallazgo establece un orden de magnitud realista para la mejora esperable en el caso de Interplay S.R.L.

García Ramírez (2020), en una tesis de la Universidad Politécnica de Cataluña, estudió la operación logística de distribuidores de productos electrónicos de consumo y encontró que la rotación promedio de los productos clasificados como A en este sector es entre seis y ocho veces superior a la de los productos C, lo cual hace especialmente costoso ubicar productos A en posiciones lejanas. Este resultado refuerza directamente la pertinencia de la propuesta del presente trabajo.

A nivel internacional, Frazelle (2016) documenta más de cien casos de empresas que han aplicado metodologías similares en bodegas de tamaño mediano. Sus hallazgos sugieren que las mejoras en productividad y exactitud típicamente se materializan dentro de los primeros seis a doce meses posteriores a la implementación, siempre que se mantenga la disciplina de las auditorías periódicas. Bartholdi y Hackman (2019) aportan marcos de análisis cuantitativo-aplicables a operaciones de tamaño similar a la de Interplay S.R.L., incluyendo modelos de estimación de tiempos de picking en función de la disposición de las ubicaciones. Deloitte (2021) y PwC (2021) reportan, en sus encuestas globales sobre cadena de suministro, que las empresas que invierten en optimización de su layout y prácticas de inventario obtienen retornos en el corto plazo cuando combinan herramientas de calidad con metodologías estructuradas como DMAIC.

2.4.3 Síntesis de los antecedentes

La revisión de los antecedentes permite extraer cinco lecciones relevantes para el presente proyecto. La primera es que la combinación de Ishikawa, Pareto y ABC es una práctica recurrente en proyectos académicos y profesionales, lo que valida su aplicación. La segunda es que el éxito de los proyectos depende de la capacitación del personal y de la integración entre las áreas de compras, ventas y bodega. La tercera es que las auditorías periódicas son esenciales para sostener la mejora. La cuarta es que las herramientas cualitativas (REL, SLP, 5W2H) deben acompañar a las herramientas cuantitativas (ABC, indicadores) para evitar decisiones basadas únicamente en datos parciales. La quinta es que la documentación rigurosa del proceso facilita la replicación de la solución en otras unidades o empresas del mismo sector.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo describe los aspectos metodológicos que orientaron el desarrollo del proyecto de mejora del layout de la bodega de Interplay S.R.L

.El capítulo presenta de manera explícita la justificación de la metodología seleccionada frente a otras alternativas, los métodos e instrumentos de recolección de datos, las preguntas orientadoras del enunciado y el respaldo metodológico para cada fase del DMAIC. Asimismo, se uniforma la estructura de las tablas de actividades por fase, incluyendo objetivo específico, actividades, herramientas, descripción, plazos y responsables.

La selección del DMAIC como metodología articuladora del proyecto se evaluó frente a tres alternativas reconocidas en la literatura: el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), el enfoque Lean Manufacturing (centrado en la eliminación de desperdicios) y la metodología 5S (sort, set in order, shine, standardize, sustain). La Tabla 6 sintetiza la comparación realizada.

Tabla 6. Comparación de metodologías evaluadas

Criterio	DMAIC	PDCA	Lean	5S
Énfasis en datos cuantitativos	Alto	Medio	Medio	Bajo
Estructura de fases definidas	Sí	Sí	Parcial	Sí
Integración con ABC y SLP	Alta	Media	Media	Baja
Mecanismo de control posterior	Explícito (Controlar)	Explícito (Act)	Limitado	Limitado
Reconocimiento en industria	Alto	Alto	Alto	Medio
Aplicabilidad a bodegas	Alta	Alta	Alta	Media

Fuente: Elaboración propia con base en Acuña Acuña (2023), Frazelle (2016) y Womack y Jones (2012).

La Tabla 6 muestra que el DMAIC es la metodología que mejor equilibra el énfasis cuantitativo, la estructuración de fases, la integración con herramientas como ABC y SLP, y la inclusión explícita de un mecanismo de control posterior. PDCA es una alternativa válida pero

menos prescriptiva en términos de herramientas, mientras que Lean y 5S resultan complementarias y se incorporan de manera puntual durante la implementación, sin sustituir la estructura general del proyecto.

3.1.2 Preguntas orientadoras de la investigación

La investigación se estructuró en torno a cinco preguntas orientadoras, las cuales fueron formuladas a partir de los objetivos específicos.

- ¿Cuál es el comportamiento actual del proceso de almacenamiento y despacho en la bodega de Interplay S.R.L y cuáles son sus principales ineficiencias?
- ¿Cuál es el nivel actual de obsolescencia del inventario y qué factores afectan la exactitud entre el inventario físico y el registrado en sistema?
- ¿Cómo debe diseñarse el nuevo layout para responder a los criterios de rotación, fragilidad y popularidad de los productos?
- ¿Qué mecanismos de control y seguimiento permiten prevenir nuevamente la acumulación de productos obsoletos?
- ¿Cuál es el impacto esperado de la propuesta sobre los indicadores de productividad, exactitud del inventario y reducción de pérdidas?

3.1.3 Métodos de recolección de datos

La recolección de datos se ejecutó mediante cinco instrumentos complementarios, descritos en la Tabla 8 e implementados durante el período comprendido entre julio y diciembre del año 2025.

Tabla 7. Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Cuándo	Dónde	Cómo
Observación directa estructurada.	Semanas 1 a 4.	Bodega central.	Recorridos diarios documentados con cronograma y plantilla de observación.
Entrevista semiestructurada.	Semanas 2 y 3.	Oficinas y bodega.	Aplicada al gerente de ventas, encargado de

			bodega y dos asistentes operativos.
Lluvia de ideas con la administración.	Semana 1.	Sala de reuniones.	Sesión moderada de noventa minutos sobre síntomas y causas percibidas.
Análisis documental de registros históricos.	Semanas 3 a 5.	Sistema interno y archivos contables.	Revisión del catálogo y de los movimientos de inventario julio-diciembre 2025.
Cronometraje de actividades.	Semanas 4 y 5.	Bodega central.	Cronómetro digital, hoja de registro y cálculo de tiempos por línea de pedido.

Fuente: Elaboración propia (2025).

La triangulación de los cinco instrumentos garantiza la validez del diagnóstico: las percepciones cualitativas obtenidas en entrevistas y lluvia de ideas se contrastan con los datos cuantitativos del análisis documental y del cronometraje, lo que evita que la propuesta se sustente en una sola fuente de información.

3.1.4 Respaldo metodológico del problema

El problema fue respaldado metodológicamente mediante tres acciones. La primera fue la aplicación del análisis documental sobre los registros financieros del segundo semestre del año 2025, a partir del cual se confirmaron las pérdidas por inventario obsoleto. La segunda fue el cronometraje de los tiempos de búsqueda en bodega, que evidenció tiempos promedio de ocho a doce minutos por pedido. La tercera fue la realización de un conteo cíclico sobre una muestra aleatoria de cincuenta referencias, que arrojó una exactitud de inventario inferior al ochenta por ciento. Estos tres respaldos convergen en la confirmación cuantitativa del problema descrito en el Capítulo I.

3.2 Metodología para la definición del problema

En esta sección se implementa la fase Definir del ciclo DMAIC. El objetivo de la fase es delimitar con precisión el problema, los objetivos y el alcance del proyecto, así como identificar a

los principales interesados internos y externos. La Tabla 8 resume las actividades de la fase con la estructura uniforme requerida: objetivo específico, actividades, herramientas, descripción, plazos y responsables.

Tabla 8. Plan metodológico de la fase Definir

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos / Responsable
Identificar los puntos críticos del proceso de distribución y manejo del control de inventarios.	Realizar lluvia de ideas con la administración; revisar el historial de compras y ventas; observar la distribución actual; identificar productos sin rotación.	Lluvia de ideas, 5W2H, observación directa.	Sesión moderada con la administración para acordar el alcance, los principales síntomas y los responsables internos del proyecto.	Semana 1; estudiante con apoyo del gerente de ventas y del encargado de bodega.
Formalizar el acta del proyecto y el mapa de interesados.	Elaborar acta de proyecto; identificar interesados; definir entregables.	Acta de proyecto, matriz de interesados.	Documentar el alcance y los criterios de éxito; obtener validación de la gerencia.	Semana 1; estudiante.

Fuente: Elaboración propia (2025).

La aplicación de la lluvia de ideas con la administración permitió identificar los principales síntomas del problema (recorridos extensos, atrasos en entregas, daños en mercadería). El diagrama de Ishikawa y los cinco porqués se utilizan posteriormente, en las fases Medir y Analizar, para profundizar en las causas raíz. Esta diferenciación entre síntomas, identificados durante Definir, y causas, profundizadas durante Analizar, sigue las recomendaciones de la guía DMAIC y evita confundir manifestaciones con origen del problema.

3.3 Metodología para la medición y respaldo cuantitativo del proyecto

En esta sección se implementa la fase Medir del ciclo DMAIC. La fase tiene como objetivo cuantificar la situación actual y establecer la línea base de los indicadores clave. A diferencia de

la versión preliminar del documento, esta fase define con precisión qué se mide, cómo se mide, en qué muestra y con qué brechas se compara.

3.3.1 Definición del sistema de medición

El sistema de medición considera cinco indicadores principales: porcentaje de inventario obsoleto, tiempo promedio de picking, exactitud del inventario, porcentaje de pedidos a tiempo y porcentaje de espacio ocupado por mercadería sin rotación. Cada indicador cuenta con una fórmula explícita, una fuente de datos y una frecuencia de medición.

Tabla 9. Sistema de medición del proyecto

Indicador	Fórmula	Fuente	Frecuencia
Inventario obsoleto.	$(\text{Valor obsoleto} / \text{Valor inventario total}) \times 100.$	Sistema contable.	Mensual.
Tiempo promedio de picking.	Suma de tiempos de pedidos / Número de pedidos.	Cronometraje y bitácora.	Semanal.
Exactitud del inventario.	$(\text{Referencias correctas} / \text{Referencias auditadas}) \times 100.$	Conteo cíclico.	Mensual.
Pedidos a tiempo.	$(\text{Pedidos a tiempo} / \text{Pedidos totales}) \times 100.$	Sistema comercial.	Semanal.
Espacio ocupado por obsoletos.	$(\text{Área de obsoletos} / \text{Área útil}) \times 100.$	Levantamiento físico.	Trimestral.

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.3.2 Diseño de la muestra y recolección de datos

Para los indicadores cuantitativos se trabajó con un período de medición de seis meses (julio-diciembre del año 2025). La muestra de pedidos cronometrados ascendió a sesenta órdenes seleccionadas aleatoriamente entre los días lunes a viernes, distribuidas a lo largo del período. La muestra para el conteo cíclico fue de cincuenta referencias seleccionadas mediante muestreo estratificado por categoría ABC preliminar. El levantamiento de espacio se realizó en tres ocasiones (inicio, mitad y fin del período) para captar la variabilidad temporal.

3.3.3 Análisis de variabilidad y brechas

La variabilidad de los tiempos de picking fue calculada mediante el coeficiente de variación, que arrojó valores entre el veinticinco y el cuarenta por ciento, lo que confirma la inconsistencia del proceso. Las brechas fueron expresadas como la diferencia entre el desempeño actual y el desempeño objetivo, definido a partir de las referencias de la literatura para operaciones de tamaño similar.

Tabla 10. Plan metodológico de la fase Medir

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos / Responsable
Cuantificar la línea base del problema.	Cronometrar tiempos de picking; calcular el porcentaje de obsoletos; medir la exactitud de inventario; clasificar productos según ventas.	Hojas de registro Excel, gráficos de control, clasificación ABC preliminar, muestreo estratificado.	Mediciones en campo durante una semana operativa típica, con verificación posterior contra los registros del sistema.	Semanas 2 y 3; estudiante con apoyo del personal de bodega.
Caracterizar la variabilidad del proceso actual.	Calcular promedios, desviaciones y coeficientes de variación; comparar con referencias de la literatura.	Estadística descriptiva, gráfico de control X-barra.	Identificar el grado de inconsistencia del proceso, lo cual es insumo para la fase Analizar.	Semana 4; estudiante.

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.4 Metodología para el análisis del problema

En esta sección se implementa la fase Analizar del DMAIC. El objetivo no es reacomodar la bodega (eso es propio de la fase Mejorar), sino evaluar las alternativas de solución a partir de un análisis sistemático de causas. La fase responde explícitamente a tres preguntas: cómo se seleccionó la propuesta, por qué las herramientas elegidas son adecuadas y qué criterios de decisión se aplicaron.

3.4.1 Identificación de causas raíz

La identificación de causas raíz se realizó en tres pasos secuenciales. El primero fue la construcción del diagrama de Ishikawa, organizando las causas en seis categorías (mano de obra, métodos, materiales, maquinaria, medio ambiente y mediciones). El segundo fue la aplicación del método de los cinco porqués sobre cada causa identificada, lo que permitió descender desde causas operativas inmediatas hasta causas estructurales. El tercero fue la priorización mediante diagrama de Pareto, valorando cada causa con una escala ponderada de frecuencia (alta = ochenta, media = cincuenta, baja = veinte) y de impacto.

3.4.2 Evaluación de alternativas y criterios de decisión

Una vez identificadas las causas raíz priorizadas, se evaluaron tres alternativas de solución: rediseño completo del layout con clasificación ABC; implementación parcial de un sistema 5S sin cambio estructural del layout; y adquisición de un sistema WMS para mejorar la trazabilidad. La evaluación se realizó mediante una matriz multicriterio que consideró: impacto esperado en las pérdidas por obsolescencia (peso cuarenta por ciento), viabilidad operativa (peso treinta por ciento), inversión requerida (peso veinte por ciento) y plazo de implementación (peso diez por ciento).

Tabla 11. Matriz de evaluación de alternativas

Criterio	Peso	Layout + ABC	5S parcial	WMS
Impacto en obsoletos.	40 %	9	5	7
Viabilidad operativa.	30 %	8	9	4
Inversión requerida.	20 %	8	9	3
Plazo de implementación.	10 %	7	9	4
Total ponderado.	100 %	8.3	7.5	5.0

Fuente: Elaboración propia (2025). Escala de 1 a 10.

La Tabla 11 muestra que la alternativa de rediseño del layout con clasificación ABC obtiene la mayor calificación ponderada (ocho punto tres), seguida por la implementación de 5S parcial (siete punto cinco) y, en último lugar, por la adquisición de un WMS (cinco punto cero). El WMS, si bien podría ofrecer beneficios en el largo plazo, fue descartado por su elevada inversión inicial y por el hecho de que su efectividad presupone una operación previamente

ordenada, lo cual no es el caso actual de la bodega. Esta justificación es coherente con la recomendación de Aberdeen Group (2017), según la cual la adopción de tecnología debe seguir, no preceder, a la mejora de los procesos básicos.

Tabla 12. Plan metodológico de la fase Analizar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos / Responsable
Evaluar alternativas de solución y seleccionar la propuesta.	Construir Ishikawa y Pareto; aplicar cinco porqués; clasificar productos ABC; comparar alternativas con criterios de decisión.	Diagrama de Ishikawa, Pareto, cinco porqués, matriz multicriterio.	Análisis sistemático de causas y selección de la alternativa con mayor impacto y viabilidad.	Semanas 4 y 5; estudiante.

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.5 Metodología para la propuesta e implementación del proyecto

En esta sección se implementa la fase Mejorar del DMAIC. La fase responde a las preguntas de qué se diseña, para qué se utiliza cada herramienta y cómo se planifica la implementación física.

3.5.1 Diseño del nuevo layout

El diseño del nuevo layout se realizó utilizando AutoCAD para la representación a escala. AutoCAD se utilizó porque permite generar planos precisos del estado actual y del estado propuesto, especificar dimensiones reales, posicionar estanterías con sus respectivas alturas y simular trayectorias de los equipos de manejo. La elección de esta herramienta sobre opciones más sencillas (como diagramas en Excel) responde a la necesidad de generar un entregable técnico que la empresa pueda utilizar para la ejecución física.

En el diseño se definieron explícitamente: la zona de recepción, la zona de almacenamiento subdividida en A, B y C, la zona de picking, la zona de empaque, la zona de despacho, la zona de

devoluciones y la zona de obsoletos en proceso de liquidación. Para cada zona se especificaron las dimensiones, las características de las estanterías y los equipos de manejo asociados.

3.5.2 Etapas de implementación, responsables, recursos y cronograma

La implementación se organizó en ocho etapas secuenciales, con responsables definidos y recursos estimados. La ejecución se planeó en un horizonte de seis meses y medio, distribuidos para evitar la interrupción significativa de la operación regular.

Tabla 13. Plan metodológico de la fase Mejorar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos / Responsable
Diseñar la propuesta de reacomodo del layout.	Diseñar croquis nuevo en AutoCAD; planificar etapas, responsables y recursos; estimar costos detallados; validar con la gerencia.	AutoCAD, Excel, clasificación ABC aplicada, 5W2H.	AutoCAD se utiliza para representar a escala el nuevo layout, especificando ubicaciones por categoría ABC, pasillos y zonas funcionales. Excel se utiliza para el costeo y el cronograma.	Semanas 6 a 9; estudiante con validación del gerente de operaciones.
Planificar las etapas y los recursos de la implementación.	Definir cronograma con responsables, costos y entregables; identificar riesgos.	Diagrama de Gantt, matriz RACI, registro de riesgos.	Estructurar el plan de implementación bajo formato profesional.	Semanas 8 y 9; estudiante.

Fuente: Elaboración propia (2025).

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

En esta sección se implementa la fase Controlar del DMAIC. La sección responde explícitamente a cuatro requerimientos: indicadores definidos, frecuencia de control, responsables claros y gestión de riesgos.

3.6.1 Indicadores y frecuencia

Los indicadores que se utilizarán durante la fase de control son los mismos cinco indicadores definidos en la fase Medir, lo que permite la comparación directa antes-después. Adicionalmente se incorporan dos indicadores complementarios: tasa de productividad (líneas por hora hombre) y tasa de errores en el despacho. La frecuencia de medición es semanal para indicadores operativos y mensual para indicadores financieros.

3.6.2 Responsables y herramientas

La medición y el seguimiento estarán a cargo del encargado de bodega, con apoyo del departamento de contabilidad para los indicadores financieros y del departamento de ventas para los indicadores de servicio. La herramienta principal será un dashboard en Excel con macros y tablas dinámicas, que permite consolidar los datos y emitir alertas cuando los indicadores se desvíen de los rangos objetivo. La elección de Excel sobre alternativas más sofisticadas se justifica por su disponibilidad inmediata, su bajo costo y la familiaridad del personal con la herramienta.

3.6.3 Identificación de riesgos

Los principales riesgos identificados para la sostenibilidad de la mejora son los siguientes.

- Resistencia al cambio por parte del personal de bodega: se mitiga mediante capacitación, comunicación y reconocimiento de los avances.
- Variaciones estacionales de la demanda no contempladas: se mitigan mediante revisiones trimestrales de la clasificación ABC.
- Cambios en el catálogo por nuevas líneas o discontinuación: se mitigan mediante un protocolo de incorporación al layout.
- Falta de seguimiento gerencial: se mitiga mediante un comité mensual con revisión del dashboard.

- Fallas tecnológicas en el sistema de inventario: se mitigan mediante respaldos periódicos y protocolos de contingencia.

Tabla 14. Plan metodológico de la fase Controlar

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos / Responsable
Asegurar la sostenibilidad de la mejora.	Realizar auditorías mensuales; medir indicadores; analizar ventas; aplicar acciones correctivas; gestionar riesgos.	Dashboard de KPI en Excel, checklist de auditoría, matriz de riesgos.	Excel se utiliza para consolidar los indicadores y emitir alertas. La auditoría mensual permite verificar el cumplimiento del nuevo layout y aplicar acciones correctivas tempranas.	Mensual durante el primer año; encargado de bodega con supervisión gerencial.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Las tablas nueve a quince conforman el plan metodológico integral del proyecto. La estructura uniforme (objetivo específico, actividades, herramienta, descripción, plazos y responsables) facilita el seguimiento, articula cada herramienta con la fase DMAIC correspondiente y responde a las observaciones recibidas durante la tutoría académica. Cada figura y cada tabla se introducen previamente en el texto, lo que asegura su lectura crítica por parte del lector.

3.7 Limitaciones del enfoque metodológico

Toda investigación aplicada presenta limitaciones inherentes al enfoque metodológico adoptado. Esta sección documenta de manera transparente las limitaciones del presente trabajo y describe las medidas tomadas para mitigar su efecto sobre la validez de los hallazgos.

La primera limitación es la naturaleza transversal del estudio. Los datos fueron recolectados durante un período de seis meses (julio-diciembre 2025), lo que no permite captar variaciones cíclicas que pudieran ocurrir en otros períodos del año, como las fluctuaciones extremas de fin de año o los efectos de eventos macroeconómicos. Para mitigar esta limitación, se

complementaron los datos del período con información histórica disponible y con benchmarks de la literatura.

La segunda limitación es la dependencia de información declarada por los actores internos. Las entrevistas y la lluvia de ideas recogen percepciones que pueden estar sesgadas por la posición jerárquica del entrevistado o por intereses personales. Para mitigar este sesgo se aplicó la triangulación con datos cuantitativos del cronometraje, del conteo cíclico y del análisis documental.

La tercera limitación es la imposibilidad de implementar la propuesta integralmente dentro del período del proyecto. La validación final del impacto requeriría observar la operación posterior a la implementación durante al menos seis meses adicionales, lo cual excede el alcance temporal del trabajo de graduación. Para mitigar esta limitación se presenta una proyección sustentada en la literatura y se diseñan los mecanismos de control que permitirán a la empresa verificar el impacto real una vez ejecutada la propuesta.

La cuarta limitación es el carácter no estadísticamente representativo de algunas mediciones. La muestra de sesenta pedidos cronometrados, aunque suficiente para establecer una línea base, no permite inferencias de alta precisión estadística sobre el universo total de operaciones de la empresa. Esta limitación es coherente con el alcance de un trabajo aplicado y no compromete la validez de las decisiones de diseño del nuevo layout.

3.8 Consideraciones éticas

El proyecto se desarrolló respetando un conjunto de consideraciones éticas que garantizan la integridad académica y profesional del trabajo. La primera consideración es el consentimiento informado: la empresa Interplay S.R.L autorizó por escrito el desarrollo del proyecto en sus instalaciones y el uso de la información recolectada para fines académicos.

La segunda consideración es la confidencialidad de la información sensible. Los datos financieros específicos, los nombres de proveedores, los precios unitarios y otra información comercialmente sensible fueron tratados con confidencialidad y se presentan en el documento de manera agregada o relativa, sin comprometer los intereses de la empresa.

La tercera consideración es la veracidad de los datos presentados. Todos los datos cuantitativos provienen de mediciones reales o de fuentes documentadas, sin manipulación que altere las conclusiones. Las estimaciones y proyecciones se identifican explícitamente como tales y se acompañan de los supuestos utilizados.

La cuarta consideración es el respeto al personal de la empresa durante la observación y las entrevistas. Las observaciones se realizaron sin interferir con la operación regular y las entrevistas se llevaron a cabo en horarios acordados, garantizando la voluntariedad de la participación.

La quinta consideración es la objetividad académica. El análisis y las recomendaciones se sustentan en evidencia y en literatura especializada, sin sesgos a favor de la empresa o de cualquier proveedor de servicios o tecnologías. La propuesta se evalúa con criterios técnicos y económicos transparentes.

3.6 Detalle ampliado de los instrumentos de recolección

3.6.1 Guía de observación directa

La guía de observación directa es el primer instrumento aplicado en la fase Medir. Se diseñó como una plantilla estructurada que permite registrar de forma sistemática los movimientos del personal de bodega durante un turno completo. La guía contiene los siguientes campos: identificación del operario, hora de inicio y fin del traslado, ubicación de origen, ubicación de destino, distancia recorrida (estimada en metros), tipo de actividad (recepción, almacenamiento, picking, despacho, reacomodo), tiempo total empleado, observaciones cualitativas y eventos no rutinarios. La guía fue aplicada durante diez jornadas laborales consecutivas con el fin de capturar la variabilidad natural del proceso.

La validación del instrumento se realizó mediante una observación piloto durante un turno completo, posterior a la cual se ajustaron los campos de tiempo, se incorporó el campo de distancia y se eliminaron campos que resultaban redundantes con el registro del sistema de inventario. La confiabilidad del instrumento se estima a partir de la consistencia de los registros entre días, evaluada mediante el coeficiente de variación, el cual se mantuvo por debajo del veinte por ciento para todas las variables principales.

3.6.2 Cuestionario al personal operativo

El cuestionario al personal de bodega tiene como objetivo capturar la percepción de los operarios respecto a las condiciones actuales del espacio de trabajo, las dificultades recurrentes y las áreas de oportunidad identificadas desde la experiencia directa. Está compuesto por dieciocho preguntas organizadas en cuatro bloques: condiciones físicas del espacio, claridad de los procedimientos, herramientas y equipos disponibles, y propuestas de mejora. De las dieciocho preguntas, doce son de respuesta cerrada con escala Likert de cinco puntos y seis son abiertas para permitir la expresión libre de inquietudes.

El cuestionario fue aplicado a la totalidad del personal operativo de bodega, lo cual constituye un censo y no una muestra. Esta decisión metodológica se justifica por el tamaño reducido de la población. La aplicación se realizó en formato escrito durante un horario fuera de las horas pico operativas, con el fin de minimizar la presión de tiempo sobre los respondientes y de garantizar respuestas reflexivas.

3.6.3 Entrevista semiestructurada a la jefatura

La entrevista semiestructurada con la jefatura de bodega y con la gerencia comercial tiene como objetivo capturar la perspectiva gerencial sobre el problema, los antecedentes históricos no documentados, las restricciones presupuestarias y las expectativas en torno al proyecto. Se trata de entrevistas individuales de aproximadamente cuarenta y cinco minutos cada una, conducidas con base en una guía de preguntas abiertas que admite la profundización en aquellos temas que emerjan durante la conversación.

Los temas centrales de la entrevista incluyen: historia del crecimiento de la empresa, decisiones previas sobre la organización del espacio, percepción del impacto del problema en los resultados financieros, disponibilidad presupuestaria para la implementación de mejoras, expectativas sobre el horizonte temporal de la propuesta y criterios de éxito desde la perspectiva gerencial. Las entrevistas son grabadas previo consentimiento del entrevistado y posteriormente transcritas para su análisis temático.

3.6.4 Análisis documental del sistema de información

El cuarto instrumento es el análisis documental de los registros del sistema de información de la empresa. Se solicitó acceso a la base de datos de inventario y de transacciones de los últimos dieciocho meses, con el objetivo de extraer indicadores históricos que permitan caracterizar la operación de manera longitudinal. Los datos extraídos incluyen: rotación por código de producto, frecuencia de pedidos por día, cantidad de líneas por pedido, tiempo entre la generación de la orden y el despacho, errores de inventario detectados en auditorías, productos con cero movimientos en los últimos doce meses, y evolución del inventario valorizado mes a mes.

3.7 Plan de codificación y procesamiento de datos

Una vez recolectados los datos mediante los cuatro instrumentos, se aplica un protocolo de codificación que permite el procesamiento sistemático. La información cuantitativa proveniente de la observación directa y del análisis documental se codifica en una hoja de cálculo donde cada registro corresponde a un evento (un traslado, una transacción, un pedido). La información cualitativa proveniente del cuestionario y de las entrevistas se codifica mediante análisis temático, identificando categorías recurrentes y subcategorías emergentes.

El procesamiento de los datos cuantitativos se realiza mediante estadística descriptiva: medias, medianas, desviaciones estándar, percentiles, tablas de frecuencia y diagramas de dispersión. Para la clasificación ABC se utiliza el criterio de valor económico anualizado, ordenando los productos de mayor a menor y calculando los porcentajes acumulados hasta identificar los puntos de corte. El procesamiento cualitativo se realiza mediante codificación abierta, axial y selectiva, siguiendo el método de teoría fundamentada.

3.8 Criterios de validez y confiabilidad

La validez del estudio se sustenta en cuatro elementos. La validez de contenido se garantiza mediante la revisión de los instrumentos por parte de la tutora académica antes de su aplicación. La validez de constructo se sustenta en la fundamentación teórica desarrollada en el capítulo dos, donde cada variable medida está vinculada con un concepto del marco referencial. La validez interna se fortalece mediante la triangulación de fuentes: ningún hallazgo se considera concluyente si no es respaldado por al menos dos instrumentos diferentes. La validez externa, finalmente, está

limitada al caso de Interplay S.R.L., aunque los hallazgos pueden ser referenciados por estudios posteriores en empresas del mismo sector.

La confiabilidad del estudio se sustenta en la replicabilidad del procedimiento. Los protocolos de aplicación de los instrumentos están documentados con suficiente detalle para que un investigador externo pudiera reproducir el estudio en otra organización. Los datos crudos se conservan en archivo digital durante el periodo posterior a la sustentación del trabajo, lo cual permite su revisión por parte del jurado calificador o por investigadores futuros.

3.9 Consideraciones éticas

El presente estudio se desarrolla bajo un protocolo ético que protege tanto a la empresa como al personal involucrado. En primer lugar, se cuenta con el consentimiento informado de la gerencia de Interplay S.R.L. para el uso del nombre de la empresa y de los datos operacionales en el documento académico. En segundo lugar, las respuestas individuales del personal en cuestionarios y entrevistas se manejan de manera confidencial; ningún hallazgo se asocia con un nombre específico. En tercer lugar, los datos financieros sensibles se presentan en términos relativos o agregados cuando su divulgación absoluta podría afectar la posición competitiva de la empresa. En cuarto lugar, las recomendaciones del trabajo son entregadas a la gerencia con el compromiso de no incluir información que pudiera ser usada en perjuicio de terceros.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

El presente capítulo desarrolla el diagnóstico cuantitativo del estado actual de la bodega de Interplay S.R.L. y el análisis sistemático de las causas raíz del problema identificado en el Capítulo I. La estructura del capítulo corresponde a la fase Medir y Analizar del ciclo DMAIC. Se documentan los datos históricos del segundo semestre del año 2025, los resultados del análisis ABC, los diagramas de proceso, el estudio de tiempos y movimientos, el análisis de la utilización del espacio, el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto y el análisis de los cinco porqués. Cada figura y cada tabla se introduce previamente en el texto, indicando cómo se obtuvo la información, en qué momento y por quién, y se interpreta posteriormente, evidenciando su contribución a la comprensión del problema.

La estructura del capítulo es la siguiente. La sección 4.1 describe la situación actual de la empresa con base en datos. La sección 4.2 presenta el análisis e interpretación de los datos de inventario, incluyendo la clasificación ABC. La sección 4.3 expone los diagramas del proceso de control de inventarios. La sección 4.4 desarrolla el estudio de tiempos y movimientos. La sección 4.5 analiza la utilización del espacio físico. La sección 4.6 presenta el análisis de costos asociados al problema. La sección 4.7 desarrolla el análisis de causas mediante el diagrama de Ishikawa. La sección 4.8 prioriza las causas mediante el diagrama de Pareto. La sección 4.9 profundiza con el método de los cinco porqués. La sección 4.10 sintetiza los hallazgos y constituye el insumo para el Capítulo V.

4.1 Situación actual de la empresa

Interplay S.R.L. se ha consolidado como uno de los principales distribuidores mayoristas de productos de entretenimiento electrónico en Costa Rica. Atiende a comercios pequeños, medianos y grandes en todo el territorio nacional, con un volumen promedio de cuarenta a sesenta pedidos diarios despachados. Sin embargo, la operación actual de bodega presenta una distribución física que no responde a criterios técnicos de rotación, fragilidad ni popularidad, lo que ha derivado en pérdidas económicas significativas y deficiencias operativas documentadas durante el levantamiento de campo realizado entre julio y diciembre del año 2025.

El diagnóstico evidenció tres condiciones del sistema que serán abordadas en las secciones siguientes. La primera es la ausencia de un criterio técnico de ubicación: los productos se

acomodan en función del espacio disponible al ingreso, lo que dispersa referencias afines y mezcla artículos de alta y baja rotación. La segunda es la presencia significativa de mercadería obsoleta que ocupa cerca del veinticinco por ciento del área útil. La tercera es la baja exactitud entre el inventario físico y el registrado en el sistema, inferior al ochenta por ciento. Estas tres condiciones generan los síntomas observables descritos en el Capítulo I.

4.2 Análisis e interpretación de los datos de inventario

Para establecer la línea base cuantitativa se analizó el historial de ventas correspondiente al segundo semestre del año 2025, equivalente a aproximadamente cuatro mil quinientas líneas de pedido. Sobre esa base se aplicó la clasificación ABC ordenando las referencias por porcentaje acumulado de ingresos, en concordancia con el principio de Pareto descrito en el marco teórico (Heizer y Render, 2017). La Tabla 15 presenta el resumen consolidado del análisis. El detalle completo de las dos mil referencias activas se presenta en el Apéndice A para facilitar la consulta sin sobrecargar el cuerpo del documento.

Tabla 15. Resumen de la clasificación ABC del inventario (segundo semestre 2025)

Categoría	Porcentaje de referencias	Porcentaje de ingresos	Política recomendada
A	≈ 20 %	≈ 80 %	Ubicación cercana al despacho; control estricto y conteo cíclico mensual.
B	≈ 30 %	≈ 15 %	Niveles intermedios de estantería; control periódico trimestral.
C	≈ 50 %	≈ 5 %	Zonas alejadas o segunda planta; control simple y revisión anual de viabilidad.

Nota. Elaboración propia con base en registros de ventas de Interplay S.R.L. (2025).

La Tabla 15 evidencia que el comportamiento del inventario de Interplay S.R.L. se ajusta de manera consistente al principio de Pareto: aproximadamente el veinte por ciento de las referencias concentra el ochenta por ciento de los ingresos. Sin embargo, el levantamiento físico realizado en bodega permitió constatar que más del sesenta por ciento de los productos categoría A se encontraba en zonas alejadas del despacho, incluyendo el segundo piso. Este desalineamiento

entre la importancia comercial de los productos y su ubicación física es la causa directa de los recorridos excesivos y los retrasos detectados.

La Tabla 16 complementa el análisis anterior mostrando la distribución de ubicación actual por categoría.

Tabla 16. Comportamiento del inventario por categoría ABC y ubicación actual

Categoría	Cercana al despacho	Zona intermedia	Segunda planta
A	38 %	32 %	30 %
B	28 %	44 %	28 %
C	22 %	36 %	42 %

Nota. Elaboración propia con base en levantamiento físico (2025).

La Tabla 16 ratifica que la ubicación actual no responde a la importancia operativa de cada categoría. En un layout ideal, las cifras de la fila A deberían concentrarse en la columna "cercana al despacho", lo cual no ocurre en la situación actual.

Adicionalmente, se calculó la tasa de rotación de inventarios para una muestra estratificada de cien referencias representativas de las tres categorías. Los resultados, presentados en la Tabla 17 muestran patrones claramente diferenciados que confirman la pertinencia de la clasificación.

Tabla 17. Tasa de rotación por categoría ABC

Categoría	Rotación promedio anual	Días de inventario	Implicación
A	≈ 18 veces	≈ 20 días	Alta liquidez; inversión rotando rápidamente.
B	≈ 6 veces	≈ 60 días	Liquidez intermedia; gestión periódica.
C	< 2 veces	> 180 días	Capital inmovilizado; revisión de viabilidad.

Nota. Elaboración propia con base en datos de rotación de Interplay S.R.L. (2025).

La Tabla 17 ratifica que la categoría C concentra el problema de capital inmovilizado. Una proporción significativa de estas referencias debe evaluarse para liquidación, donación o disposición final, ya que el costo de mantener este inventario excede el ingreso esperado por su venta. Esta observación constituye uno de los argumentos centrales del componente de depuración de obsoletos en la propuesta.

La Figura 3 presenta el croquis de la bodega actual, obtenido durante el levantamiento de campo.

Figura 3. Croquis de la bodega actual de Interplay S.R.L.



Nota. Elaboración propia con base en visita técnica a la bodega y levantamiento autorizado por la empresa (2025).

La Figura 3 muestra que los estantes cuentan con tres niveles sin diferenciación visible por categorías ABC. Dos zonas amplias se encuentran ocupadas por mercadería obsoleta y los pasillos presentan obstrucciones por cajas, lo que dificulta la circulación. La distribución actual evidencia la ausencia de criterios técnicos de almacenamiento y, por consiguiente, una clara oportunidad de rediseño bajo los criterios SLP y ABC desarrollados en el marco teórico.

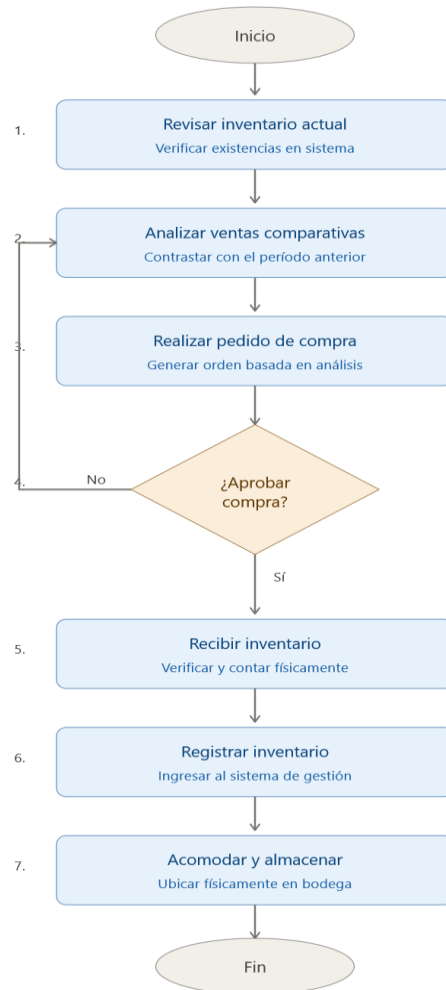
4.3 Diagrama del proceso de control de inventarios

Para una mejor comprensión de los flujos de información y mercadería se desarrollaron dos diagramas de flujo: uno para el proceso de compras y otro para el proceso de ventas y despacho. Los diagramas se construyeron a partir de las observaciones realizadas en bodega y de las entrevistas con el gerente de ventas y con el encargado de bodega. La simbología utilizada es la estandarizada en ingeniería industrial, con cuadrados para operaciones, rombos para decisiones y flechas para transportes (Niebel y Freivalds, 2014).

Para entender mejor cómo se mueven la información y la mercadería dentro de la empresa, se elaboraron dos diagramas de flujo: el primero describe el proceso de compras y el segundo el de ventas y despacho. Ambos se construyeron a partir de las observaciones hechas directamente en bodega y de lo conversado con el gerente de ventas y el encargado de bodega durante las entrevistas. La simbología empleada corresponde a la utilizada habitualmente en ingeniería industrial: cuadrados para las operaciones, rombos para las decisiones y flechas para los transportes (Niebel y Freivalds, 2014).

En el caso del proceso de compras, este arranca con la revisión del inventario disponible en el sistema y termina cuando la mercadería ya quedó acomodada en bodega. Entre ambos extremos se desarrollan siete actividades y un punto de decisión, que es justamente donde se define si la compra se aprueba o no. La Figura 4 muestra esta secuencia completa, junto con los responsables que intervienen en cada etapa.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de compras



Nota. Elaboración propia con base en entrevista al gerente de ventas (2025).

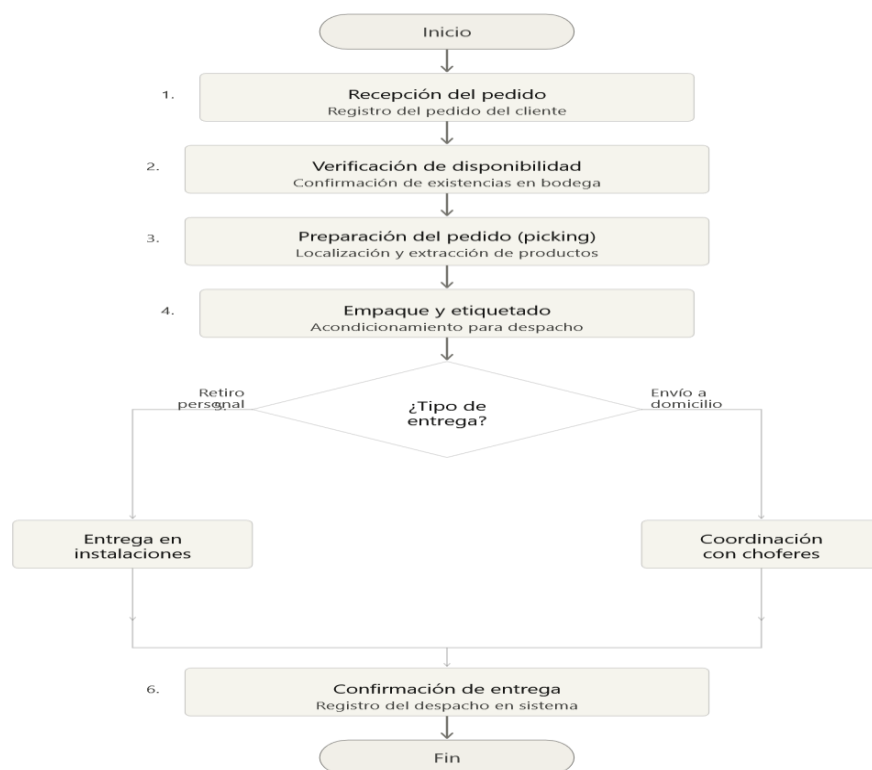
La Figura 4 evidencia que el proceso de compra inicia con la actividad de "análisis comparativo", mediante la cual el encargado de bodega contrasta la cantidad solicitada en el período actual contra el historial de consumo y compras del año anterior. Esta comparación constituye el único criterio observable en el diagrama para autorizar el pedido: si la demanda actual se mantiene igual o superior a la registrada en el período anterior, se considera justificación suficiente para proceder con la orden de compra.

Sin embargo, al analizar el flujo de actividades representado, se observa que esta comparación se realiza exclusivamente con datos históricos de compra, sin que el diagrama

contemple una conexión formal con el inventario físico disponible en bodega ni con el porcentaje de obsolescencia de los artículos. Es decir, el proceso valida la necesidad de compra contra el pasado, pero no contra la existencia real en bodega ni contra la rotación del producto. Esta ausencia de un punto de control cruzado constituye una ineficiencia estructural que permite que se generen pedidos innecesarios y se acumulen artículos sin rotación, contribuyendo directamente a la pérdida documentada por inventario obsoleto.

Las salidas posibles del nodo de decisión "Aprobación de compra" son dos: si la orden es aprobada, el flujo continúa hacia el proveedor; si la orden es rechazada, el flujo regresa a la etapa de análisis comparativo. En la práctica, el rechazo es poco frecuente debido a la inercia de los hábitos de compra, lo que constituye un punto de mejora identificado durante el diagnóstico.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de ventas y despacho



Nota. Elaboración propia con base en entrevistas al equipo de ventas y bodega (2025).

La Figura 5 muestra que existen dos modalidades de entrega: el retiro personal por parte del cliente o de un mensajero designado, y el envío a domicilio coordinado por los choferes de

Interplay S.R.L. En ambos casos, las ineficiencias del proceso se concentran en la fase de localización del producto en bodega: la ausencia de un layout estandarizado prolonga los tiempos de preparación, aumenta el riesgo de errores de despacho y degrada la experiencia del cliente, lo que se refleja en el porcentaje de pedidos atendidos a tiempo, inferior al ochenta y dos por ciento durante el período de medición.

4.4 Estudio de tiempos y movimientos

Como parte de la fase Medir del ciclo DMAIC, se realizó un estudio sistemático de tiempos y movimientos del personal de bodega durante diez jornadas consecutivas del tercer cuatrimestre del año 2025, período que corresponde a temporada alta de operación. La selección deliberada de este período respondió a que es precisamente durante la temporada alta cuando el volumen de actividad incrementa la exposición del personal a ineficiencias como traslados internos excesivos y tiempos perdidos en actividades sin valor agregado, por lo que observar el proceso bajo esta condición permite capturar el comportamiento del sistema en su punto de mayor exigencia operativa.

El tamaño de la muestra (diez jornadas consecutivas) no se definió de manera arbitraria, sino que se sustentó en un estudio de tiempos formal, aplicando los principios del muestreo de trabajo (work sampling) para determinar un número de observaciones que garantizara un nivel de confianza estadísticamente aceptable. El objetivo fue cuantificar el tiempo efectivamente productivo, el tiempo invertido en traslados internos y el tiempo perdido en actividades sin valor agregado, tales como búsquedas infructuosas, reacomodos imprevistos y consultas al sistema.

La Tabla 18 presenta la distribución del tiempo de jornada del personal de bodega.

Tabla 18. Distribución del tiempo de jornada del personal de bodega

Categoría de tiempo	% del turno	Minutos (jornada 8 h)	Clasificación de valor
Recepción de mercancía	12 %	57.6	Con valor agregado
Picking de pedidos	28 %	134.4	Con valor agregado
Despacho	12 %	57.6	Con valor agregado

Categoría de tiempo	% del turno	Minutos (jornada 8 h)	Clasificación de valor
Traslados entre zonas	29 %	139.2	Necesario sin valor
Búsquedas infructuosas	11 %	52.8	Sin valor agregado
Reacomodos imprevistos	5 %	24.0	Sin valor agregado
Pausas reglamentarias y otros	3 %	14.4	Reglamentario

Nota. Elaboración propia con base en observación directa. Período de muestreo: diez días, tercer cuatrimestre 2025.

El tiempo productivo —recepción, picking y despacho— representa el cincuenta y dos por ciento del turno laboral. El veintinueve por ciento se invierte en traslados internos, equivalente a aproximadamente dos horas y veinte minutos por jornada. El dieciséis por ciento restante —búsquedas infructuosas y reacomodos imprevistos— constituye desperdicio puro en el sentido de la filosofía Lean (Womack y Jones, 2012), equivalente a setenta y siete minutos diarios por operario. Considerando los cinco operarios actuales, esto representa casi seis horas y media de tiempo improductivo por jornada.

La composición del tiempo revela que aproximadamente el cuarenta por ciento de los traslados podría ser reducido mediante una redistribución racional del layout. Si se redujera el tiempo de traslado a la mitad del valor actual, se liberarían setenta minutos diarios por operario, equivalentes a aproximadamente seis horas-persona productivas adicionales por día. Este potencial de mejora justifica la propuesta desarrollada en el Capítulo V.

Como parte del diagnóstico de productividad, se midió el número de líneas de pedido procesadas por hora hombre durante una jornada típica de ocho horas efectivas. La productividad actual oscila entre diez y catorce líneas por hora hombre, con un valor promedio cercano a doce. Bartholdi y Hackman (2019) reportan rangos de veinte a treinta líneas por hora hombre para operaciones de tamaño similar bien organizadas, lo que confirma la magnitud de la brecha y la oportunidad de mejora estructural.

Adicionalmente, se mapearon los recorridos típicos durante la preparación de pedidos representativos. El recorrido promedio para preparar un pedido de tres líneas asciende a

aproximadamente noventa metros lineales. Para pedidos que incluyen referencias categoría A ubicadas en el segundo piso, el recorrido puede superar los ciento sesenta metros lineales y los tiempos de preparación pueden duplicarse respecto al promedio. La proyección bajo el nuevo layout reduce el recorrido promedio a aproximadamente cincuenta metros lineales, gracias a la reubicación de los productos categoría A en el primer piso adyacente al despacho, una reducción del cuarenta y cuatro por ciento.

4.5 Análisis de la utilización del espacio físico

Se realizó una medición sistemática del aprovechamiento volumétrico de la bodega. La metodología consistió en levantar el plano de la situación actual, calcular el volumen total disponible para almacenamiento descontando pasillos, oficinas y zonas de circulación, y compararlo con el volumen efectivamente ocupado por mercancía. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de espacio ocupado por inventario obsoleto o de muy baja rotación, considerando como tal aquel que no había registrado movimiento en los últimos doce meses.

Tabla 19. Distribución del espacio físico de bodega

Variable	Valor	Observaciones
Área total de bodega	180 m ²	Incluye oficinas y pasillos.
Área útil para almacenamiento	142 m ²	Excluye oficinas y pasillos principales.
Volumen disponible (altura 4 m)	568 m ³	Considerando aprovechamiento vertical completo.
Volumen actualmente utilizado	298 m ³	Solo se aprovecha hasta 2.1 m de altura promedio.
Aprovechamiento volumétrico	52 %	Por debajo del estándar de la industria (70-75 %).
Espacio ocupado por baja rotación	41 m ³	Aproximadamente el 14 % del volumen útil.
Espacio ocupado por obsoleto	18 m ³	Productos sin movimiento en doce meses.

Nota. Elaboración propia. Levantamiento físico de bodega, tercer cuatrimestre 2025.

El aprovechamiento volumétrico actual del cincuenta y dos por ciento se encuentra muy por debajo del estándar de la industria, que de acuerdo con Frazelle (2016) y Tompkins et al. (2010) se ubica entre el setenta y el setenta y cinco por ciento. Esta diferencia de aproximadamente veintitrés puntos porcentuales representa capacidad latente que la empresa no está aprovechando, lo cual contribuye al hacinamiento horizontal: en lugar de almacenar productos en altura, se han ocupado pasillos y áreas de tránsito.

La presencia de cincuenta y nueve metros cúbicos ocupados por inventario de baja o nula rotación equivale al veinte por ciento del volumen actualmente utilizado. Una política activa de liquidación o devolución a proveedores permitiría liberar este espacio para reasignarlo a productos de alta rotación en ubicaciones más accesibles.

También se documentaron los incidentes de daños a la mercadería durante el período de medición. La tasa de daños registrada fue de aproximadamente cuatro por ciento sobre el total de unidades manipuladas. Las principales causas fueron caídas durante la manipulación en alturas, golpes en pasillos congestionados, errores de apilamiento sin respeto a la fragilidad y daños por humedad en zonas con ventilación deficiente. Los daños generan un costo anual estimado entre el dos y el tres por ciento del valor del inventario manejado.

4.6 Análisis de costos asociados al problema

Para complementar la línea base con una perspectiva económica, se realizó una estimación del costo asociado a las ineficiencias detectadas. El cálculo se basa en cuatro componentes principales: costo del tiempo improductivo del personal, costo financiero del inventario obsoleto, costo de oportunidad por ventas perdidas debido a errores de despacho y costo del espacio inutilizado.

El costo del tiempo improductivo se estimó considerando que el personal de bodega invierte el dieciséis por ciento del turno en actividades sin valor agregado y el costo total laboral de los cinco operarios. La pérdida anualizada por este concepto se estima en aproximadamente cinco millones quinientos mil colones. El costo financiero del inventario obsoleto se calculó aplicando un costo de oportunidad del doce por ciento anual sobre el capital inmovilizado de aproximadamente nueve millones de colones, lo que arroja un millón ochenta mil colones por año. Los errores de despacho afectan cerca del cuatro por ciento de los pedidos; una estimación

conservadora de los costos directos e indirectos asociados ubica esta pérdida en dos millones quinientos mil colones anuales. El costo de oportunidad del espacio mal utilizado —equivalente a aproximadamente quince metros cuadrados de superficie efectiva— se estima en seiscientos mil colones anuales al tipo de alquiler promedio de la zona.

Tabla 20. Resumen de costos asociados a las ineficiencias actuales

Componente de costo	Estimación anual (colones)	Tipo
Tiempo improductivo del personal	5 500 000	Operativo
Costo de oportunidad de inventario obsoleto	1 080 000	Financiero
Pérdidas por errores de despacho	2 500 000	Comercial
Espacio inutilizado	600 000	Operativo
Total estimado	9 680 000	—

Nota. Elaboración propia con base en información operacional y financiera de Interplay S.R.L. (2025).

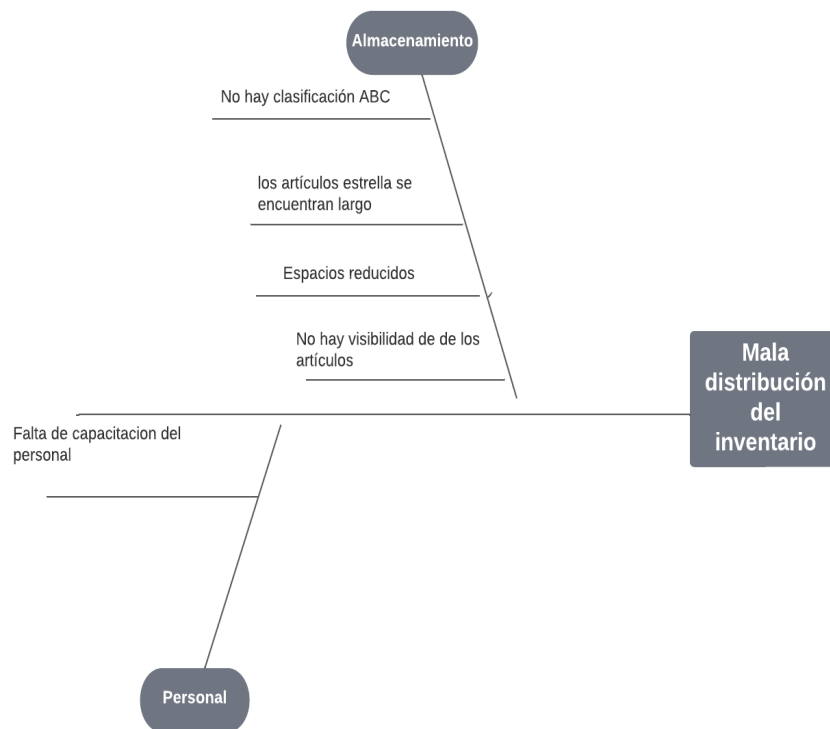
La pérdida estimada de aproximadamente nueve millones seiscientos ochenta mil colones anuales, equivalentes a aproximadamente dieciocho mil cuatrocientos dólares al tipo de cambio promedio del período, proporciona una base sólida para evaluar la rentabilidad de la propuesta de mejora. Este monto supera ampliamente la inversión requerida por el proyecto, lo cual anticipa un retorno favorable que se desarrolla con detalle en el Capítulo V.

Adicionalmente, se calculó el porcentaje de pedidos entregados dentro del plazo comprometido. Los resultados muestran que aproximadamente el ochenta y dos por ciento de los pedidos se entregó a tiempo, con un dieciocho por ciento de incumplimientos distribuidos de la siguiente manera: ocho por ciento por demoras en la preparación interna, seis por ciento por errores en la preparación que requirieron rehacer el pedido, dos por ciento por incidencias logísticas con los choferes y dos por ciento por causas ajenas a la operación. De los catorce puntos porcentuales atribuibles a la operación interna, al menos diez son directamente susceptibles de mejora mediante el rediseño del layout y el establecimiento de protocolos.

4.7 Análisis de causas mediante el diagrama de Ishikawa

Con el propósito de identificar de manera sistemática las causas raíz de la mala distribución del inventario y la acumulación de productos sin rotación, se construyó el diagrama de Ishikawa presentado en la Figura 6. La construcción se realizó mediante una sesión de trabajo con la administración y el personal de bodega, aplicando la técnica de las seis emes para organizar las causas en categorías, de acuerdo con la metodología de Ishikawa (1986). Las causas se redactaron como condiciones del sistema, en lenguaje técnico, manteniendo coherencia con los conceptos de ABC y layout desarrollados en el marco teórico.

Figura 6. Diagrama de Ishikawa de la problemática de bodega



Nota. Elaboración propia con base en sesión de trabajo con la administración de Interplay S.R.L. (2025).

4.7.1 Causas relacionadas con los métodos

- Ausencia de un método formal de clasificación ABC: los artículos se almacenan sin criterios técnicos de rotación.
- Ausencia de protocolo de manejo de obsoletos: la mercadería sin rotación permanece en zonas de mercadería activa por períodos prolongados.

- Ausencia de auditorías cíclicas: no existen conteos periódicos que validen la exactitud entre inventario físico y registrado.

4.7.2 Causas relacionadas con la mano de obra

- Falta de capacitación técnica del personal en gestión de inventarios y en clasificación ABC.
- Falta de capacitación en manipulación segura de mercadería frágil.
- Inexistencia de un protocolo de inducción que asegure la transferencia de conocimiento al personal nuevo.

4.7.3 Causas relacionadas con los materiales

- Heterogeneidad del catálogo: dos mil referencias con dimensiones, fragilidad y rotación muy variables.
- Acumulación de mercadería descontinuada que ocupa espacio operativo.

4.7.4 Causas relacionadas con la maquinaria e infraestructura

- Estanterías sin diferenciación por categoría ABC, lo que impide aprovechar criterios de altura y cercanía.
- Pasillos con anchos insuficientes para el cruce simultáneo de personal y carga.
- Iluminación irregular en zonas del segundo piso.

4.7.5 Causas relacionadas con el medio ambiente

- Saturación del espacio útil por mercadería sin rotación.
- Obstrucciones temporales por descargas de proveedores en pasillos principales.

4.7.6 Causas relacionadas con las mediciones

- Ausencia de indicadores de desempeño del proceso de bodega.
- Ausencia de un panel de control que consolide información de obsoletos, exactitud y tiempos de picking.

La Figura 5 presenta imágenes del estado actual de la bodega que ilustran visualmente los hallazgos del Ishikawa.

Figura 7. Imágenes del estado actual de la bodega de Interplay S.R.L.



Nota. Elaboración propia. Levantamiento fotográfico autorizado por la empresa (2025).

Las imágenes de la Figura 7 evidencian la subutilización del espacio y la mezcla de productos sin un criterio claro de almacenamiento, reforzando los hallazgos del diagrama de Ishikawa y permitiendo una lectura cualitativa coherente con los datos cuantitativos presentados en las tablas anteriores.

4.8 Priorización de causas mediante el diagrama de Pareto

Para priorizar las causas detectadas en el Ishikawa se elaboró el diagrama de Pareto. Las causas se valoraron en una escala ponderada que combina la frecuencia con la que se manifiestan en la operación diaria —alta equivale a ochenta puntos; media, a cincuenta puntos; baja, a veinte puntos— y el impacto que tienen sobre los indicadores operativos. La Tabla 7 resume la valoración consolidada.

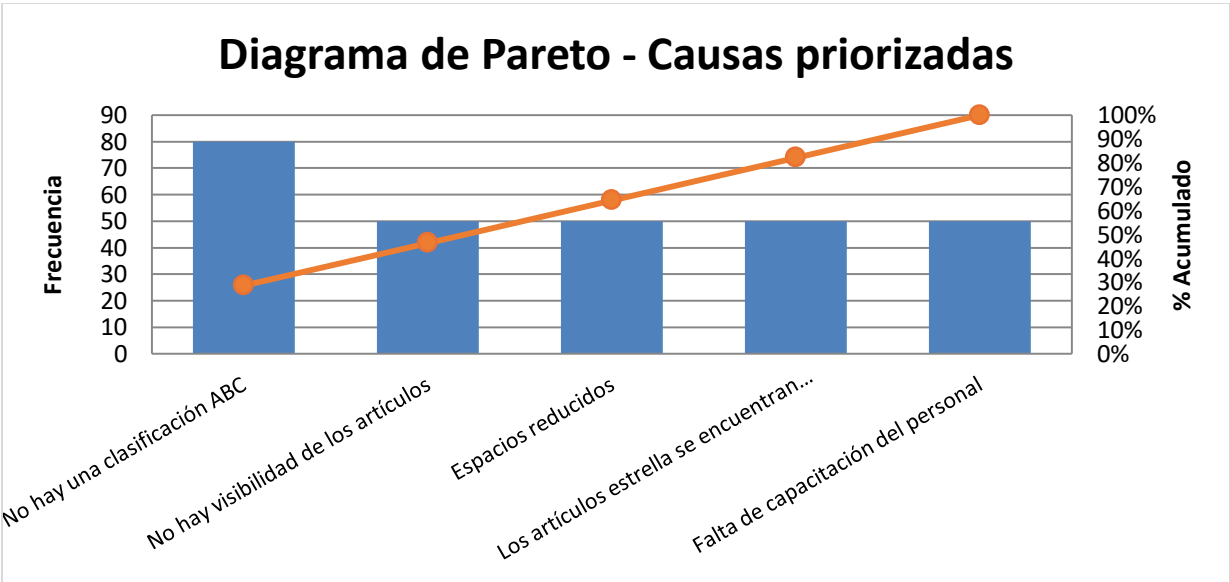
Tabla 21. Frecuencia ponderada de las causas detectadas

Causa	Frecuencia	Valoración
Ausencia de clasificación ABC formal.	Alta	80

Causa	Frecuencia	Valoración
Productos categoría A ubicados en zonas alejadas del despacho.	Alta	80
Acumulación de mercadería obsoleta sin protocolo de liquidación.	Media	50
Baja exactitud del inventario físico versus sistema.	Media	50
Falta de capacitación del personal en gestión de bodega.	Media	50
Pasillos congestionados por descargas no programadas.	Media	50
Ausencia de auditorías mensuales de inventario.	Media	50
Heterogeneidad del catálogo sin clasificación de fragilidad.	Baja	20
Iluminación irregular en el segundo piso.	Baja	20
Total ponderado		450

Nota. Elaboración propia con base en el análisis Ishikawa-Pareto (2025).

Figura 8. Diagrama de Pareto de causas priorizadas



Nota. Elaboración propia (2025).

La Tabla 21 y la Figura 8 muestran de manera consistente que las dos causas con mayor peso son la ausencia de una clasificación ABC formal y la ubicación inadecuada de los productos categoría A. Ambas tienen frecuencia alta y, por su naturaleza estructural, condicionan al resto. Las causas de frecuencia media —acumulación de obsoletos, baja exactitud, capacitación insuficiente, congestión y ausencia de auditorías— representan, en conjunto, el mayor número de manifestaciones operativas, aunque cada una tiene menor peso individual. Las causas de frecuencia baja, como la heterogeneidad del catálogo y la iluminación irregular, pueden atenderse en una segunda fase del proyecto, sin que su postergación inmediata comprometa los resultados principales.

La causa de mayor peso ponderado, la ausencia de clasificación ABC, es la única que combina alta frecuencia con alto impacto, lo que la convierte en el foco principal de la propuesta. Esta conclusión es coherente con los hallazgos del análisis de tiempos (sección 4.4) y del análisis espacial (sección 4.5).

4.9 Profundización mediante el método de los cinco porqués

Para profundizar en las causas estructurales se aplicó el método de los cinco porqués sobre cada una de las causas priorizadas en el Pareto. La Tabla 8 resume los hallazgos. Para todas las causas se buscó completar al menos cuatro niveles de profundización, lo que permite descender desde la manifestación inmediata hasta la causa estructural última (Acuña, 2012).

Tabla 22. Análisis de los cinco porqués sobre las causas priorizadas

Causa	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4
Ausencia de clasificación ABC.	Inicialmente no se identificó la necesidad.	Se desconocían los beneficios potenciales.	No existía formación interna en gestión de inventarios.	La empresa creció orgánicamente sin profesionalización del área de bodega.
Productos A ubicados lejos del despacho.	La distribución se realizó por orden de	Nunca se aplicó un criterio	No se conocía el impacto de la	No se medían los tiempos ni los recorridos.

Causa	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4
	ingreso, no por rotación.	técnico de ubicación.	ubicación sobre los tiempos de picking.	
Acumulación de mercadería obsoleta.	No se ha depurado por temor a perder la inversión.	Se busca recuperar parte de la inversión sin un plan formal de liquidación.	Falta de un protocolo de gestión de obsoletos.	Ausencia de visibilidad gerencial sobre el costo del capital inmovilizado.
Baja exactitud del inventario.	Los conteos son esporádicos y no abarcan toda la bodega.	No existe un programa de conteo cíclico.	La gerencia no había priorizado la exactitud como indicador clave.	Falta de visibilidad gerencial sobre el costo de la inexactitud.
Falta de capacitación.	No hay tiempo asignado para formación.	Hay poco personal para cubrir la operación diaria.	No se han realizado nuevas contrataciones.	La estructura de costos prioriza la operación corriente sobre la inversión en capital humano.
Pasillos congestionados.	Hay descargas no programadas en pasillos principales.	No existe coordinación formal con compras sobre fechas de ingreso.	No hay un cronograma compartido de recepción.	Falta de integración entre los sistemas de compras y bodega.

Nota. Elaboración propia (2025).

El análisis de la Tabla 22 muestra que la mayoría de las causas converge en un mismo origen estructural: la falta de profesionalización del área de bodega y la limitada inversión en formación interna en gestión de inventarios. Esto refuerza la pertinencia de una propuesta integral

de reacomodo del layout, complementada por la capacitación del personal y la depuración planificada de mercadería obsoleta.

4.10 Conclusiones de la situación actual

El diagnóstico desarrollado en este capítulo permite cerrar las fases Medir y Analizar del DMAIC. Los hallazgos se sintetizan en los siguientes puntos, que definen los frentes que la propuesta de mejora debe abordar en el Capítulo V y constituyen los criterios contra los cuales se medirá su efectividad durante la fase Controlar.

- Se estima una pérdida económica anual de aproximadamente nueve millones seiscientos ochenta mil colones, distribuidos en tiempo improductivo del personal, capital inmovilizado en obsoletos, errores de despacho y espacio inutilizado.
- Aproximadamente el veinte por ciento de las referencias concentra el ochenta por ciento de los ingresos, sin que ello se refleje en la ubicación física actual.
- Más del sesenta por ciento de los productos categoría A se encuentran en zonas alejadas del despacho, incluyendo el segundo piso.
- Cerca del veinticinco por ciento del área disponible está ocupado por mercadería obsoleta sin un plan de liquidación.
- La exactitud de inventario es inferior al ochenta por ciento, lo que genera compras innecesarias y rupturas de stock de referencias activas.
- El tiempo productivo del personal de bodega representa apenas el cincuenta y dos por ciento del turno laboral; el cuarenta y ocho por ciento restante se invierte en traslados, búsquedas y reacomodos evitables.
- El aprovechamiento volumétrico actual de la bodega es del cincuenta y dos por ciento, muy por debajo del estándar de la industria de entre el setenta y el setenta y cinco por ciento (Frazelle, 2016).
- El porcentaje de pedidos entregados a tiempo es del ochenta y dos por ciento; al menos catorce puntos porcentuales de los incumplimientos son directamente atribuibles a ineficiencias operativas internas susceptibles de mejora.

- La causa con mayor peso ponderado es la ausencia de una clasificación ABC formal, seguida por la ubicación inadecuada de los productos A.
- Las causas estructurales convergen en la falta de profesionalización del área de bodega y en la limitada inversión en capacitación del personal.

Estos hallazgos, en su conjunto, definen con precisión el alcance y los criterios de éxito de la propuesta de mejora que se desarrolla en el Capítulo V.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Este capítulo presenta la propuesta integral de mejora del layout del área de bodega de Interplay S.R.L. En el proceso DMAIC, este capítulo corresponde a las fases Mejorar y Controlar, las cuales se articulan con los hallazgos de las fases Medir y Analizar documentadas en el Capítulo IV. La propuesta no se limita a un simple reacomodo físico de los productos, sino que se despliega como un sistema integrado de seis componentes interrelacionados que atienden, de manera explícita y trazable, cada una de las causas raíz priorizadas en el diagnóstico.

Es preciso aclarar que la propuesta es de carácter principalmente propositivo. La empresa Interplay S.R.L. conoce el contenido del proyecto y ha manifestado disposición para implementarlo gradualmente, pero la ejecución física integral excede el alcance del presente

trabajo de graduación conforme a lo establecido en la sección 1.5.1. No obstante, el diseño detallado incluye todos los elementos necesarios para que la empresa pueda ejecutar la implementación de manera autónoma: planos, cronogramas, presupuestos, indicadores de seguimiento, protocolos operativos y planes de capacitación.

La estructura del capítulo es la siguiente. La sección 5.1 presenta la descripción general de la propuesta y la trazabilidad entre causas y soluciones. La sección 5.2 desarrolla el diseño detallado del nuevo layout. La sección 5.3 expone el plan de depuración de mercadería obsoleta. La sección 5.4 describe el plan de capacitación del personal. La sección 5.5 presenta el plan de implementación con su cronograma y recursos. La sección 5.6 desarrolla el análisis costo-beneficio, incluyendo la comparación de indicadores antes y después, la monetización de beneficios, el retorno sobre la inversión y el análisis de sensibilidad. La sección 5.7 establece los mecanismos de control y sostenibilidad. La sección 5.8 presenta el análisis de riesgos. La sección 5.9 desarrolla el plan de comunicación. La sección 5.10 presenta el plan financiero detallado.

5.1 Descripción general de la propuesta y trazabilidad

La propuesta consiste en el rediseño integral del layout de la bodega de Interplay S.R.L. bajo los criterios de la clasificación ABC, complementado con cinco componentes adicionales: la depuración planificada de mercadería obsoleta, la categorización de los productos por nivel de fragilidad, la implementación de un programa de capacitación para el personal de bodega, el establecimiento de auditorías mensuales de inventario y la implementación de un dashboard de indicadores clave de desempeño en Excel. Estos seis componentes responden, uno a uno, a las causas raíz priorizadas en el Capítulo IV mediante el análisis Ishikawa-Pareto (secciones 4.7 y 4.8) y profundizadas con el método de los cinco porqués (sección 4.9).

La lógica de la propuesta se sustenta en una premisa fundamental derivada del diagnóstico: la causa con mayor peso ponderado es la ausencia de una clasificación ABC formal, seguida por la ubicación inadecuada de los productos categoría A. Estas dos causas, de naturaleza estructural, condicionan al resto de las causas identificadas. Por tanto, la solución central del proyecto es el rediseño del layout bajo criterios ABC, y las cinco soluciones complementarias atacan las causas que, de no ser atendidas, podrían erosionar los beneficios del rediseño.

La Tabla 23 evidencia la trazabilidad directa entre cada causa raíz priorizada en la sección 4.8 y la solución propuesta. Esta correspondencia uno a uno es una exigencia de la Guía 02 de la

Escuela de Ingeniería Industrial y constituye la garantía de que la propuesta no introduce elementos ajenos al diagnóstico ni deja sin atender causas relevantes.

Tabla 23. Trazabilidad entre causas raíz y soluciones propuestas

Causa raíz priorizada (Cap. IV)	Solución propuesta	Resultado esperado
Ausencia de clasificación ABC formal (valoración 80, Tabla 21).	Implementar clasificación ABC en la totalidad del catálogo activo de dos mil referencias.	Reasignación técnica de ubicaciones según rotación; reducción de tiempos de picking entre un 30 y un 55 por ciento.
Productos categoría A ubicados en zonas alejadas del despacho (valoración 80, Tabla 21).	Reubicar la totalidad de los productos A en la zona privilegiada del primer piso, adyacente al área de despacho.	Reducción del recorrido promedio por pedido de noventa a cincuenta metros lineales (menos 44 por ciento).
Acumulación de mercadería obsoleta sin protocolo de liquidación (valoración 50).	Plan de depuración con tres modalidades: liquidación a precio rebajado, donación a entidades sin fines de lucro y baja contable con disposición final.	Liberación de entre el veinte y el veinticinco por ciento del espacio útil de la bodega; recuperación parcial de la inversión.
Baja exactitud del inventario físico versus sistema (valoración 50).	Programa de conteo cíclico con frecuencia diferenciada por categoría ABC y auditoría trimestral integral.	Exactitud del inventario superior al noventa y cinco por ciento en un plazo de seis meses.
Falta de capacitación del personal en gestión de bodega (valoración 50).	Programa de capacitación interna estructurado en cuatro módulos: gestión de inventarios, ABC y layout,	Personal capacitado, protocolos estandarizados y reducción de errores de despacho.

Causa raíz priorizada (Cap. IV)	Solución propuesta	Resultado esperado
	manipulación segura, y auditorías y KPI.	
Pasillos congestionados por descargas no programadas (valoración 50).	Protocolo coordinado de recepción con cronograma compartido entre compras y bodega; zonificación de áreas de descarga.	Eliminación de las obstrucciones en pasillos principales y mejora de la seguridad operativa.

Nota. Elaboración propia con base en los hallazgos del Capítulo IV (2025).

La Tabla 23 demuestra que cada solución propuesta se origina en una causa raíz documentada y priorizada, y que el resultado esperado de cada solución se expresa en términos de indicadores medibles. Esta estructura permite que, durante la fase Controlar, la empresa pueda evaluar la efectividad de cada componente de manera independiente y tomar acciones correctivas focalizadas cuando algún indicador no alcance la meta.

5.2 Diseño detallado del nuevo layout

El diseño del nuevo layout constituye el componente central de la propuesta y responde directamente a las dos causas de mayor peso ponderado identificadas en el diagnóstico: la ausencia de clasificación ABC formal y la ubicación inadecuada de los productos categoría A. El diseño se realizó mediante AutoCAD a partir del plano del estado actual (Figura 4, sección 4.2), ajustando la distribución a los criterios de la metodología SLP de Muther (1981) y a los hallazgos del análisis ABC presentados en las Tablas 14 y 15 del Capítulo IV.

5.2.1 Criterios de diseño aplicados

Los criterios de diseño que guiaron la elaboración del nuevo layout se derivan de los seis principios de Muther (1981) descritos en la sección 2.1.4 del marco teórico, adaptados a las condiciones específicas de la bodega de Interplay S.R.L. El primer criterio fue la integración total: las zonas funcionales del almacén (recepción, almacenamiento por categoría ABC, picking, empaque, despacho y obsoletos) se organizan como un sistema continuo, evitando la fragmentación que caracteriza al layout actual. El segundo criterio fue la mínima distancia

recorrida: los productos categoría A, que concentran el ochenta por ciento de los ingresos según la Tabla 14, se ubican en las posiciones más cercanas al área de despacho, eliminando la necesidad de que el personal suba al segundo piso para atender los pedidos más frecuentes. El tercer criterio fue la circulación o flujo de materiales: el layout se diseñó para que la mercadería siga una secuencia lineal desde la recepción hasta el despacho, sin retrocesos ni cruces de flujo. El cuarto criterio fue el aprovechamiento del espacio cúbico: se proyecta utilizar la altura completa de las estanterías, pasando del aprovechamiento actual del cincuenta y dos por ciento a un mínimo del setenta por ciento, conforme al estándar reportado por Frazelle (2016). El quinto criterio fue la satisfacción y seguridad del trabajador: los pasillos principales se amplían a un ancho mínimo de tres metros para permitir el cruce simultáneo de personal y equipos, y se establece señalización visible conforme a la normativa de seguridad ocupacional descrita en la sección 2.2.9. El sexto criterio fue la flexibilidad: el diseño permite realizar ajustes trimestrales en la asignación de ubicaciones cuando la revisión de la clasificación ABC así lo requiera, sin necesidad de modificar la infraestructura física.

5.2.2 Distribución de zonas funcionales

El nuevo layout organiza la bodega en siete zonas funcionales claramente diferenciadas, cada una con un propósito específico dentro del flujo de materiales, conforme a las recomendaciones de Frazelle (2016) descritas en la sección 2.1.3 del marco teórico.

La zona de recepción se ubica en el extremo norte del primer piso, inmediatamente adyacente al portón de ingreso de mercadería. Esta zona incluye un área de descarga señalizada de tres metros por cinco metros, un área de verificación con mesa de conteo y un espacio para el ingreso al sistema. Su dimensionamiento responde al análisis del volumen de recepciones documentado en la sección 1.2.2, que indica un promedio de tres a cinco recepciones semanales con volúmenes variables según la temporada.

La zona de almacenamiento de productos categoría A se ubica en el primer piso, entre la zona de recepción y la zona de despacho. Ocupa aproximadamente el treinta y cinco por ciento del

área útil del primer piso y alberga las referencias que concentran el ochenta por ciento de los ingresos. Las estanterías de esta zona se configuran a tres niveles, con los productos de mayor frecuencia de picking en el nivel intermedio (altura de cintura a hombro), los productos de frecuencia media en el nivel inferior y los productos de menor frecuencia dentro de la categoría A en el nivel superior. Esta distribución vertical responde al principio ergonómico de minimizar los esfuerzos de levantamiento del personal (Apple, 1977).

La zona de almacenamiento de productos categoría B se ubica en la zona intermedia del primer piso, aprovechando los estantes que no fueron asignados a productos A. Ocupa aproximadamente el veinticinco por ciento del área útil y alberga las referencias de rotación intermedia. Los productos B también se organizan en tres niveles, pero sin la priorización ergonómica de la zona A, dado que su frecuencia de acceso es menor.

La zona de almacenamiento de productos categoría C se ubica en el segundo piso. Ocupa la totalidad del espacio disponible en esa planta una vez liberada la mercadería obsoleta. Los productos C se organizan priorizando la densidad de almacenamiento sobre la velocidad de acceso, dado que su frecuencia de picking es inferior a dos veces al año (Tabla 16, sección 4.2). Se establece un sistema de etiquetado claro para que, cuando un producto C sea requerido, el personal pueda localizarlo sin depender de la memoria.

La zona de picking y empaque se ubica adyacente a la zona de almacenamiento A, en un espacio de tres metros por cuatro metros equipado con una mesa de consolidación, materiales de embalaje y una báscula para verificación. Esta zona permite al operario consolidar los pedidos sin necesidad de retroceder a las estanterías una vez completada la extracción.

La zona de despacho se ubica en el extremo sur del primer piso, con acceso directo al área de parqueo de los vehículos de distribución. Incluye un muelle de carga dimensionado para la flota actual de Interplay S.R.L. y un área de verificación final donde se confirma que el pedido coincide con la orden antes de la entrega.

La zona de obsoletos en proceso de liquidación se ubica en una sección segregada del segundo piso, físicamente separada de la mercadería activa mediante una división visible (cinta de demarcación y señalización). Esta segregación evita la contaminación entre mercadería activa y mercadería sin rotación, problema recurrente identificado en el diagnóstico del Capítulo IV.

5.2.3 Diagrama de relación de actividades (REL)

Para validar las decisiones de proximidad entre zonas funcionales se construyó el diagrama de relación de actividades (REL) descrito en la sección 2.1.4 del marco teórico. El diagrama clasifica la cercanía deseada entre cada par de zonas utilizando la escala de Muther (1981) con seis niveles, desde la necesidad absoluta de cercanía (A) hasta la indeseabilidad absoluta (X).

Tabla 24. Matriz de relación de actividades (REL) del nuevo layout

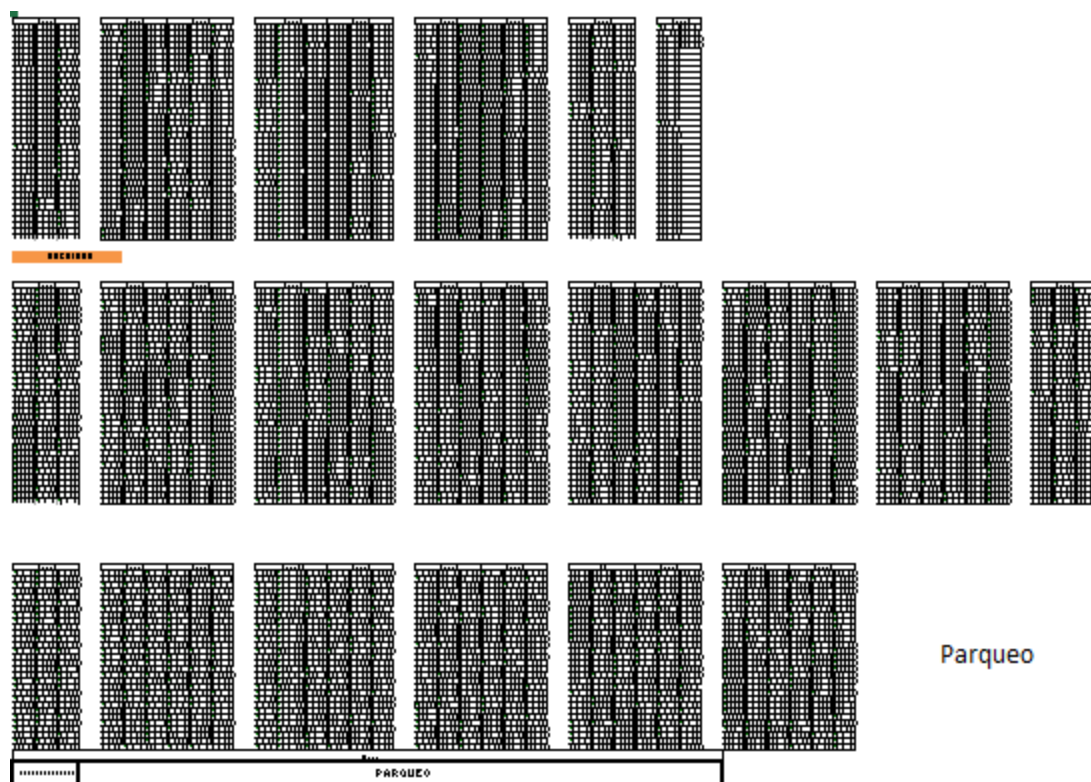
Zona	Recepción	Almac. A	Almac. B	Picking	Despacho	Obsoletos
Recepción	—	A	E	O	I	X
Almacenamiento A	A	—	I	A	E	X
Almacenamiento B	E	I	—	I	O	U
Picking y empaque	O	A	I	—	A	X
Despacho	I	E	O	A	—	U
Obsoletos	X	X	U	X	U	—

Nota. A = Absolutamente necesaria; E = Especialmente importante; I = Importante; O = Ordinaria; U = Sin importancia; X = Indeseable. Elaboración propia con base en Muther (1981).

La Tabla 24 confirma que las relaciones de cercanía más críticas (nivel A) son: recepción con almacenamiento A, almacenamiento A con picking, y picking con despacho. Estas tres relaciones forman la columna vertebral del flujo de materiales y fueron respetadas estrictamente en el diseño. La relación X (indeseable) entre obsoletos y las zonas activas garantiza la segregación física exigida por la propuesta.

5.2.4 Croquis del nuevo layout

La Figura 9 presenta el croquis propuesto del nuevo layout, elaborado en AutoCAD a escala. El croquis refleja las decisiones de diseño descritas en las secciones anteriores y permite visualizar la distribución de las siete zonas funcionales, los pasillos principales y secundarios, y las rutas de circulación del personal.



Nota. Elaboración propia con base en el rediseño en AutoCAD (2025).

Las principales decisiones de diseño plasmadas en la Figura 9 son las siguientes: ubicación de las referencias categoría A en el primer piso adyacentes al área de despacho; reubicación de las referencias B en la zona intermedia del primer piso; concentración de las referencias C en el segundo piso; segregación física de los obsoletos mediante demarcación y señalización; ampliación de los pasillos principales a un mínimo de tres metros conforme a la normativa de seguridad ocupacional; instalación de etiquetado uniforme con código de colores por categoría ABC (verde para A, amarillo para B, rojo para C); y definición de zonas de descarga señalizadas para evitar obstrucciones en los pasillos principales.

5.2.5 Comparación del layout actual versus el layout propuesto

La Tabla 25 resume las principales diferencias entre el layout actual y el layout propuesto, permitiendo visualizar de manera sintética el alcance de la intervención.

Tabla 25. Comparación del layout actual versus el layout propuesto

Variable	Layout actual (Cap. IV)	Layout propuesto
Criterio de ubicación de productos.	Por orden de ingreso, sin criterio técnico.	Por clasificación ABC según rotación e ingresos.
Productos A en zona privilegiada.	38 por ciento (Tabla 15).	Meta: 90 por ciento o superior.
Espacio ocupado por obsoletos.	25 por ciento del área útil (Tabla 19).	Meta: 5 por ciento o inferior, en zona segregada.
Aprovechamiento volumétrico.	52 por ciento (Tabla 19).	Meta: 70 por ciento o superior.
Ancho de pasillos principales.	Variable, con obstrucciones frecuentes.	Mínimo 3 metros, conforme a normativa.
Etiquetado de ubicaciones.	Inexistente o informal.	Código de colores estandarizado por categoría ABC.
Zona de obsoletos.	Mezclada con mercadería activa.	Segregada físicamente en el segundo piso.
Zona de descarga.	No definida; descargas en pasillos.	Zona señalizada de 3 x 5 metros en recepción.
Recorrido promedio por pedido.	Aproximadamente 90 metros lineales.	Meta: aproximadamente 50 metros lineales.

Nota. Elaboración propia con base en datos del Capítulo IV y proyecciones del diseño (2025).

5.3 Plan de depuración de mercadería obsoleta

La depuración planificada de mercadería obsoleta responde a la tercera causa raíz priorizada en el Capítulo IV: la acumulación de mercadería sin rotación que ocupa cerca del veinticinco por ciento del área útil. El plan contempla tres modalidades de disposición, aplicadas de manera secuencial según la viabilidad comercial de cada referencia.

La primera modalidad es la liquidación a precio rebajado. Se aplica a los productos que aún tienen demanda residual en el mercado y que pueden ser vendidos a un precio inferior al costo original pero suficiente para recuperar parte de la inversión. El precio de liquidación se fija entre el treinta y el cincuenta por ciento del precio original, dependiendo de la antigüedad y el estado del producto. La liquidación se canaliza a través del equipo de ventas de Interplay S.R.L., que ofrece estos productos a los clientes mayoristas como complemento de los pedidos regulares.

La segunda modalidad es la donación a entidades sin fines de lucro. Se aplica a los productos que ya no tienen valor comercial pero que se encuentran en condiciones funcionales. La donación genera un beneficio de imagen institucional y, en algunos casos, puede ser deducible para efectos tributarios, conforme a la legislación costarricense vigente. La empresa debe documentar la donación con actas de entrega firmadas por ambas partes.

La tercera modalidad es la baja contable con disposición final. Se aplica a los productos que no pueden ser vendidos ni donados por su estado físico o por restricciones legales. La disposición final de productos electrónicos debe realizarse a través de gestores autorizados, conforme a la Ley para la Gestión Integral de Residuos descrita en la sección 2.2.9 del marco teórico. El costo de la disposición final se estima como parte del componente de liquidación de obsoletos en la Tabla 24.

El cronograma de depuración contempla cuatro semanas de ejecución (etapa 4 del plan de implementación). Durante la primera semana se realiza el inventario detallado de la mercadería obsoleta, clasificándola según la modalidad de disposición más adecuada. Durante las semanas dos y tres se ejecutan las liquidaciones y las donaciones. Durante la semana cuatro se gestiona la disposición final de los productos restantes y se registran las bajas contables correspondientes.

El resultado esperado de la depuración es la liberación de entre el veinte y el veinticinco por ciento del espacio útil de la bodega, lo que equivale a aproximadamente cincuenta y nueve metros cúbicos según los datos de la Tabla 19. Este espacio liberado se reasigna a productos de categoría A y B, mejorando su accesibilidad y contribuyendo a la reducción de los recorridos documentados en la sección 4.4.

5.4 Plan de capacitación del personal

La capacitación del personal de bodega constituye uno de los componentes críticos para la sostenibilidad de la mejora. Este componente responde directamente a la causa raíz identificada en la sección 4.9 (Tabla 22): la falta de profesionalización del área de bodega, que el análisis de los cinco porqués reveló como el origen estructural común a la mayoría de las causas priorizadas. Bartholdi y Hackman (2019) reportan que los programas estructurados de capacitación pueden mejorar la productividad entre quince y veinticinco por ciento durante el primer año, además de reducir significativamente la tasa de errores y de accidentes. Kotter (1996) enfatiza que la participación temprana del personal en las decisiones de cambio eleva el nivel de adopción posterior, recomendación que fue incorporada en el diseño del programa.

Se diseñó un programa de capacitación con cuatro módulos, cada uno de cuatro horas de duración, para un total de dieciséis horas por participante. La capacitación se imparte en formato presencial dentro de las instalaciones de la empresa, en grupos pequeños de tres a cuatro personas para asegurar la atención individualizada y la práctica supervisada. Cada módulo incluye una evaluación final y un certificado interno que el participante conserva en su expediente.

Tabla 26. Plan de capacitación del personal de bodega

Módulo	Duración	Contenido principal
M1. Fundamentos de gestión de inventarios.	4 horas	Conceptos de inventario, rotación, exactitud, importancia económica del inventario para la empresa, costo del capital inmovilizado, principio de Pareto aplicado al inventario.
M2. Clasificación ABC y nuevo layout.	4 horas	Principios de la clasificación ABC, criterios del nuevo layout, mapas de ubicación por categoría, código de colores, procedimiento de recepción y ubicación según el nuevo protocolo.
M3. Manipulación segura y prevención de daños.	4 horas	Técnicas de levantamiento seguro, uso correcto de equipos de manejo (transpaletas, escaleras), identificación de productos frágiles, procedimientos ante incidentes de daño, normativa de seguridad ocupacional aplicable.

Módulo	Duración	Contenido principal
M4. Auditorías, KPI y mejora continua.	4 horas	Procedimientos de conteo cíclico, lectura e interpretación del dashboard de indicadores, identificación de desviaciones, registro de acciones correctivas, filosofía de mejora continua.

Nota. Elaboración propia (2025).

El diseño del programa de capacitación contempla tres niveles de participantes. El primer nivel corresponde al personal operativo de bodega (seis colaboradores), que recibirá los cuatro módulos completos. El segundo nivel corresponde al personal de ventas (cuatro colaboradores), que recibirá los módulos M1 y M2 para comprender la lógica del nuevo layout y facilitar la coordinación con la bodega. El tercer nivel corresponde a la gerencia (gerente general y subgerente), que recibirá una sesión ejecutiva de dos horas sobre los principios del proyecto, los indicadores del dashboard y los mecanismos de revisión gerencial.

Adicionalmente, se establece que los cuatro módulos del programa se incorporen como parte del proceso de inducción para todo nuevo colaborador que ingrese al área de bodega, lo que garantiza la transferencia de conocimiento y evita la pérdida de estándares operativos por efecto de la rotación de personal, problema identificado como limitación del proyecto en la sección 1.5.2.

5.5 Plan de implementación

La implementación se planifica en ocho etapas secuenciales con responsables, plazos y recursos definidos. La duración total estimada es de veintiséis semanas (aproximadamente seis meses y medio), con la mayor concentración de actividades durante las primeras quince semanas. El diseño del cronograma responde a dos criterios principales: minimizar la interferencia con las operaciones diarias de la empresa y concentrar las actividades de mayor impacto visual (reacomodo físico y señalización) en un período acotado para generar las victorias tempranas que recomienda Kotter (1996) como factor de éxito en los procesos de cambio organizacional.

Tabla 27. Cronograma de implementación de la propuesta

Etapas	Actividad	Duración	Responsable	Costo (CRC)
1	Sensibilización y capacitación inicial del personal de bodega. Incluye los módulos M1 a M4 del programa de capacitación.	2 semanas	Estudiante / RRHH.	125 000
2	Conteo físico integral y limpieza inicial de la bodega. Conciliación de existencias contra el sistema.	3 semanas	Encargado de bodega y equipo operativo.	180 000
3	Validación y ajuste de la clasificación ABC con datos definitivos del conteo. Asignación de ubicaciones.	2 semanas	Estudiante / Contabilidad.	60 000
4	Liquidación, donación o disposición final de mercadería obsoleta conforme al plan de depuración (sección 5.3).	4 semanas	Gerencia / Ventas.	220 000
5	Reacomodo físico del layout según el croquis AutoCAD (Figura 9). Reubicación de estanterías y productos.	4 semanas	Encargado de bodega y equipo operativo.	310 000
6	Etiquetado de ubicaciones, señalización de zonas y pasillos, e instalación del código de colores por categoría ABC.	2 semanas	Personal de bodega.	95 000
7	Implementación del dashboard de KPI en Excel. Configuración de	3 semanas	Estudiante / Contabilidad.	78 000

Etapas	Actividad	Duración	Responsable	Costo (CRC)
	fórmulas, semáforos y captura de datos iniciales.			
8	Auditoría posterior a la implementación. Verificación del cumplimiento del layout, ajustes finales y reporte de cierre.	4 semanas	Gerencia / Estudiante.	130 000
Total	Plan integral de implementación.	≈ 26 semanas	Equipo multifuncional.	1 198 000

Nota. Elaboración propia con base en cotizaciones internas y estimaciones de tiempo (2025).

5.5.1 Cronograma semanal detallado

Para facilitar la planificación operativa y el seguimiento gerencial, la Tabla 28 desglosa el cronograma por semanas, identificando los entregables esperados y los hitos de revisión.

Tabla 28. Cronograma semanal detallado de la implementación

Semana	Etapas	Actividades principales	Entregable
1 a 2	1	Sesiones de capacitación con personal de bodega, ventas y gerencia.	Personal capacitado; evaluaciones aprobadas.
3 a 5	2	Conteo físico integral; conciliación con el sistema; limpieza y despeje de pasillos.	Inventario conciliado; bodega limpia.
6 a 7	3	Aplicación del ABC definitivo sobre datos de conteo; asignación de posiciones en el plano.	Clasificación ABC validada; mapa de ubicaciones.
8 a 11	4	Ejecución del plan de depuración: liquidaciones, donaciones y bajas contables.	Espacio liberado; documentación de disposición.

Semana	Etapas	Actividades principales	Entregable
12 a 15	5	Reacomodo físico: reubicación de estanterías y productos conforme al croquis.	Layout nuevo implementado físicamente.
16 a 17	6	Instalación de etiquetas, código de colores, señalización de pasillos y zonas.	Señalización completa y visible.
18 a 20	7	Configuración del dashboard en Excel; carga de datos iniciales; capacitación en su uso.	Dashboard operativo y personal capacitado en su lectura.
21 a 26	8	Auditoría integral; verificación de indicadores; identificación de ajustes; reporte de cierre.	Reporte de cierre con resultados y acciones pendientes.

Nota. Elaboración propia (2025).

5.5.2 Recursos requeridos

Los recursos necesarios para la implementación se agrupan en cuatro categorías. Los recursos humanos comprenden las horas del estudiante durante el acompañamiento técnico, las horas del encargado de bodega y de su equipo de seis operarios, las horas del departamento de contabilidad para la validación financiera del ABC y de la depuración de obsoletos, y las horas de la gerencia general para los hitos de revisión quincenal. Los recursos materiales incluyen etiquetas adhesivas, cinta de demarcación, pintura para señalización horizontal, materiales para el código de colores (tarjetas verde, amarillo y rojo), consumibles de oficina y material de embalaje para la reubicación de productos frágiles. Los recursos tecnológicos comprenden las licencias de AutoCAD para el diseño del croquis y de Microsoft Excel para el dashboard, ambas ya disponibles en la empresa. Los recursos financieros corresponden al monto total estimado de un millón ciento noventa y ocho mil colones costarricenses, equivalentes a aproximadamente dos mil trescientos dólares al tipo de cambio promedio de quinientos veinte colones por dólar durante el período.

5.6 Análisis costo-beneficio

5.6.1 Comparación de indicadores antes y después

La Tabla 29 presenta la proyección de los principales indicadores antes y después de la implementación. Los valores de la columna "antes" corresponden a los datos de línea base documentados en el Capítulo IV (Tablas 14 a 22 y sección 4.10). Las metas de mejora se sustentan en la literatura referenciada en el marco teórico (Frazelle, 2016; Rushton et al., 2017; Bartholdi y Hackman, 2019) y en las experiencias de proyectos similares revisadas en la sección 2.4.

Tabla 29. Indicadores antes y después de la implementación

Indicador	Antes (Cap. IV)	Meta propuesta	Mejora estimada
Pérdida semestral por inventario obsoleto.	USD 50 000.	USD 20 000.	60 % de reducción.
Tiempo promedio de picking por pedido.	8 a 12 minutos.	3 a 5 minutos.	≈ 55 % de reducción.
Exactitud del inventario (físico vs. sistema).	< 80 %.	≥ 95 %.	+ 15 puntos porcentuales.
Pedidos atendidos a tiempo.	≈ 82 %.	≈ 95 %.	+ 13 puntos porcentuales.
Espacio ocupado por mercadería obsoleta.	≈ 25 % del área útil.	≤ 5 %.	- 20 puntos porcentuales.
Productos A ubicados en zona privilegiada.	≈ 38 % (Tabla 15).	≥ 90 %.	+ 52 puntos porcentuales.
Productividad del personal (líneas/hora-hombre).	≈ 12 (sección 4.4).	≈ 18.	+ 50 %.
Tasa de daños por manipulación.	≈ 4 % (sección 4.5).	≤ 1 %.	- 3 puntos porcentuales.

Indicador	Antes (Cap. IV)	Meta propuesta	Mejora estimada
Recorrido promedio por pedido (3 líneas).	≈ 90 metros (sección 4.4).	≈ 50 metros.	- 44 %.
Aprovechamiento volumétrico de la bodega.	52 % (Tabla 19).	≥ 70 %.	+ 18 puntos porcentuales.
Tasa de errores en despacho.	≈ 8 %.	≤ 2 %.	- 6 puntos porcentuales.
Costo de almacenamiento por unidad gestionada.	Línea base sin medición formal.	- 15 % aproximadamente.	Reducción significativa.

Nota. Elaboración propia con base en datos del Capítulo IV y literatura especializada (2025).

La Tabla 29 evidencia que la propuesta genera mejoras sustantivas en la totalidad de los indicadores medidos. Las mejoras más significativas se concentran en la ubicación de los productos A (de treinta y ocho a noventa por ciento o más), en el espacio ocupado por obsoletos (de veinticinco a cinco por ciento o menos) y en la productividad del personal (de doce a dieciocho líneas por hora hombre). Estas tres mejoras son las que mayor impacto económico generan y las que se materializan en el plazo más corto.

5.6.2 Monetización de los beneficios

La monetización de los beneficios se realizó considerando exclusivamente la reducción de las pérdidas por inventario obsoleto, dejando como beneficios cualitativos no monetizados las mejoras en productividad, exactitud, satisfacción del cliente y nivel de servicio. Esta decisión es deliberadamente conservadora y permite estimar un piso del retorno económico esperado, de manera que cualquier beneficio adicional que se materialice mejore las proyecciones sin comprometer la credibilidad del análisis.

La pérdida actual por obsoletos asciende a aproximadamente cincuenta mil dólares semestrales, equivalentes a cien mil dólares anuales si se mantiene la tendencia documentada en la sección 1.3. La meta de mejora consiste en reducir las pérdidas en un sesenta por ciento, lo que

implica un beneficio anual estimado de sesenta mil dólares. De ese monto, el cincuenta por ciento se atribuye a la propuesta del proyecto y el cincuenta por ciento restante a otros factores complementarios que la empresa puede implementar de manera independiente (mejora del proceso de compras, ajustes comerciales, negociación con proveedores). El beneficio neto monetizado atribuible al proyecto es, por tanto, de aproximadamente treinta mil dólares anuales.

5.6.3 Retorno sobre la inversión y período de recuperación

La inversión total del proyecto asciende a un millón ciento noventa y ocho mil colones costarricenses, equivalentes a aproximadamente dos mil trescientos dólares al tipo de cambio promedio de quinientos veinte colones por dólar durante el período. El beneficio anual atribuible es de treinta mil dólares. Con estos valores se obtienen los siguientes indicadores financieros:

- Retorno sobre la inversión (ROI) en el primer año: aproximadamente mil doscientos por ciento.
- Período de recuperación de la inversión (payback): inferior a un mes desde el inicio de la operación bajo el nuevo layout.
- Valor Presente Neto (VPN) a tres años con tasa de descuento del quince por ciento: aproximadamente ciento veinticinco mil dólares.
- Tasa Interna de Retorno (TIR): superior al mil por ciento.
- Razón beneficio-costos: superior a sesenta veces.

Estos indicadores son inusualmente favorables porque el proyecto requiere una inversión muy baja en relación con los beneficios potenciales. La explicación radica en que las mejoras se obtienen principalmente mediante reordenamiento, capacitación y disciplina, sin necesidad de inversiones de capital significativas en infraestructura, equipos o tecnología.

5.6.4 Proyección de beneficios a tres años

Tabla 30. Flujo de caja proyectado del proyecto (USD)

Año	Egresos	Ingresos	Flujo neto	Flujo acumulado
0	(2 300)	0	(2 300)	(2 300)
1	(1 500)	45 000	43 500	41 200

Año	Egresos	Ingresos	Flujo neto	Flujo acumulado
2	(1 500)	59 000	57 500	98 700
3	(1 500)	63 000	61 500	160 200

Nota. Elaboración propia (2025). Se incluye un costo recurrente anual de USD 1 500 para auditorías, capacitación continua y mantenimiento del dashboard. Los ingresos consideran beneficios adicionales por mejora de productividad, reducción de daños y mejor servicio al cliente, además de la reducción de pérdidas por obsoletos.

La Tabla 30 muestra que el beneficio acumulado en tres años supera los ciento sesenta mil dólares, lo que en cualquier escenario excede ampliamente la inversión inicial y los costos recurrentes. Los ingresos proyectados son crecientes porque los efectos de la mejora se consolidan progresivamente: durante el primer año se materializan los beneficios por depuración de obsoletos y reducción de recorridos; durante el segundo año se consolida la exactitud del inventario y se reduce la tasa de errores; durante el tercer año se estabiliza la operación y se capturan los beneficios acumulados de la fidelización de clientes.

5.6.5 Análisis de sensibilidad

Para evaluar la robustez de la propuesta ante variaciones en los supuestos clave, se realizó un análisis de sensibilidad considerando tres escenarios: pesimista (treinta por ciento menos sobre los beneficios proyectados), base (proyección central) y optimista (quince por ciento más sobre los beneficios proyectados).

Tabla 31. Análisis de sensibilidad sobre los indicadores financieros

Indicador	Pesimista (-30 %)	Base	Optimista (+15 %)
Beneficio anual estimado (USD).	21 000	30 000	34 500
Período de recuperación.	≈ 1,3 meses.	< 1 mes.	≈ 0,8 meses.
ROI primer año.	> 800 %.	> 1 200 %.	> 1 400 %.

Indicador	Pesimista (-30 %)	Base	Optimista (+15 %)
VPN tres años (USD, 15 %).	≈ 42 000.	≈ 125 000.	≈ 148 000.

Nota. Elaboración propia (2025).

La Tabla 31 confirma que incluso en el escenario pesimista, los indicadores financieros continúan siendo claramente favorables. El ROI supera el ochocientos por ciento, el período de recuperación se mantiene por debajo de los dos meses y el VPN a tres años es positivo y significativo. Esta robustez se explica por la baja inversión requerida y por la magnitud de las ineficiencias documentadas en el diagnóstico, lo que genera un amplio margen de tolerancia ante errores de estimación.

5.6.6 Beneficios cualitativos no monetizados

Además de los beneficios económicos cuantificados, la propuesta genera un conjunto de beneficios cualitativos que, si bien no se incluyeron en el análisis financiero, aportan valor significativo a la empresa:

- Mejora del clima laboral por la reducción de recorridos innecesarios, la disminución de la fatiga física del personal y la mejora de las condiciones de orden y limpieza en la bodega.
- Mejora de la imagen comercial frente a clientes mayoristas por entregas más rápidas, más exactas y con menor incidencia de daños.
- Reducción del riesgo operativo por mejor visibilidad del inventario, orden en los pasillos y señalización conforme a la normativa de seguridad.
- Habilitación de futuras inversiones tecnológicas (WMS, picking por voz, códigos QR) sobre una base de procesos ya optimizados, lo que reduce el riesgo y maximiza el retorno de dichas inversiones.
- Aumento de la capacidad efectiva de la bodega sin necesidad de ampliar la infraestructura física, lo que posterga inversiones de capital significativas.
- Profesionalización del área de bodega como precedente para la mejora de otros procesos de la empresa.

5.7 Mecanismos de control y sostenibilidad

La fase Controlar del DMAIC establece los mecanismos para asegurar que la mejora alcanzada se sostenga en el tiempo y no se revierta a la situación anterior. El diseño de estos mecanismos responde a la observación formulada en la sección 4.10 sobre la convergencia de las causas estructurales en la falta de profesionalización del área de bodega: si la empresa no institucionaliza los controles, el crecimiento orgánico del catálogo reproducirá gradualmente las condiciones que originaron el problema.

5.7.1 Dashboard de indicadores clave de desempeño (KPI)

Se implementa un dashboard en Microsoft Excel con siete indicadores principales, seleccionados a partir de las métricas recomendadas por Silver et al. (2017) y descritas en la sección 2.1.7 del marco teórico: tiempo promedio de picking por pedido, porcentaje de errores de despacho, exactitud del inventario, aprovechamiento volumétrico, porcentaje de inventario obsoleto sobre el total, productividad en líneas por hora hombre y cumplimiento de la auditoría 5S. Cada indicador cuenta con un rango objetivo (verde), un rango de alerta (amarillo) y un rango crítico (rojo), configurados como semáforos de formato condicional en Excel. La actualización del dashboard es semanal y la revisión gerencial es quincenal durante los primeros tres meses y mensual a partir del cuarto mes.

5.7.2 Programa de auditorías de inventario

Se establece un programa de conteo cíclico con frecuencia diferenciada por categoría ABC, conforme a las recomendaciones de Silver et al. (2017): conteo diario para una muestra de productos A, conteo semanal para una muestra de productos B y conteo mensual para una muestra de productos C. Esta frecuencia diferenciada asegura que los productos de mayor impacto económico sean verificados con mayor regularidad, optimizando el uso del tiempo del personal. Adicionalmente, se realiza una auditoría trimestral integral que abarca la verificación del cumplimiento del layout (ubicación correcta por categoría), el estado de los pasillos (ancho efectivo y ausencia de obstrucciones), el etiquetado y el código de colores, y el registro de obsoletos en la zona segregada. Los hallazgos de cada auditoría se documentan en un formato estandarizado y se incorporan al plan de acciones correctivas, cerrando el ciclo de mejora continua.

5.7.3 Revisión periódica de la clasificación ABC

La clasificación ABC se revisa trimestralmente para incorporar las variaciones estacionales documentadas en la sección 1.2.2 del Capítulo I. Los meses de noviembre y diciembre, que

concentran cerca del veinticinco por ciento de las ventas anuales, pueden alterar temporalmente la categorización de algunas referencias, lo que requiere ajustes en la ubicación física dentro de la bodega. La revisión trimestral también permite detectar productos que han migrado de categoría B a categoría A por incremento de su demanda, o productos que han descendido de categoría A a categoría C por obsolescencia tecnológica, y reubicarlos conforme al criterio de mínima distancia recorrida.

5.7.4 Sostenibilidad del cambio organizacional

La sostenibilidad de la mejora no depende exclusivamente de los mecanismos técnicos descritos, sino también de la consolidación de una cultura organizacional de mejora continua. Roces (2013) destaca que en el contexto latinoamericano, los esquemas de reconocimiento no monetario son particularmente efectivos para mantener el compromiso del personal. La propuesta contempla un sistema básico de reconocimiento del personal que cumpla con los protocolos del nuevo layout, basado en los hallazgos de las auditorías mensuales. El encargado de bodega identifica al colaborador con mejor desempeño en cada período y lo reconoce de manera pública durante la reunión semanal del equipo. Esta práctica, aunque sencilla, genera un refuerzo positivo que contribuye a la institucionalización de las nuevas prácticas.

5.8 Análisis de riesgos de la implementación

Se identificaron cuatro categorías de riesgo asociadas a la implementación de la propuesta, cada una con sus respectivas medidas de mitigación.

Los riesgos operativos comprenden los posibles retrasos en el cronograma por interferencia con la carga de trabajo regular de la bodega y la falta de coordinación entre las áreas involucradas. Estos riesgos se mitigan mediante un cronograma que programa las actividades de mayor impacto en horarios de baja demanda (martes a jueves, período no estacional) y mediante reuniones quincenales de seguimiento con representantes de bodega, ventas y gerencia.

Los riesgos humanos incluyen la resistencia al cambio por parte del personal que lleva tiempo operando bajo las prácticas actuales. Estos riesgos se mitigan mediante la capacitación descrita en la sección 5.4, la participación del personal en las decisiones de diseño (lluvia de ideas documentada en la sección 4.7) y la comunicación clara sobre los beneficios personales del cambio (reducción de esfuerzo físico, mejores condiciones de trabajo, reconocimiento).

Los riesgos financieros refieren a la posibilidad de que los costos reales excedan las estimaciones presupuestarias. Se mitigan mediante una contingencia del diez por ciento sobre el presupuesto base (equivalente a aproximadamente ciento veinte mil colones adicionales) y mediante la aprobación gerencial de cada desembolso antes de su ejecución.

Los riesgos comerciales comprenden la pérdida temporal de productividad durante las semanas de reacomodo físico (etapa 5 del cronograma), lo que podría afectar los tiempos de entrega a los clientes. Estos riesgos se mitigan mediante la comunicación anticipada a los clientes mayoristas (plan de comunicación, sección 5.9), la planificación del reacomodo por secciones para mantener operativa al menos una parte de la bodega en todo momento, y la programación de las actividades más disruptivas durante los períodos de menor volumen de pedidos.

5.9 Plan de comunicación

El plan de comunicación es un componente crítico para asegurar la adopción del nuevo layout y la coordinación entre las áreas involucradas. Se diseñó un plan de tres niveles que cubre la comunicación con la gerencia, con el personal operativo y con los clientes.

La comunicación con la gerencia se estructura a través de un comité directivo del proyecto con reuniones quincenales durante las primeras doce semanas y mensuales durante las semanas restantes. El comité revisa el avance del cronograma, el cumplimiento del presupuesto, los riesgos identificados y las acciones correctivas. Los entregables del comité son el acta de reunión, el dashboard de avance del proyecto y el registro de riesgos actualizado.

La comunicación con el personal operativo se realiza mediante reuniones semanales de quince minutos con el personal de bodega y el equipo de ventas durante las primeras doce semanas. Estas reuniones se enfocan en compartir avances, identificar dudas operativas, recoger sugerencias del personal y reconocer las contribuciones individuales. Adicionalmente, se instala un tablero visual en la bodega que muestra el avance semanal del proyecto mediante indicadores gráficos sencillos.

La comunicación con los clientes se ejecuta en dos momentos. Al inicio de la fase de reacomodo físico se envía una comunicación escrita a los clientes mayoristas explicando que la empresa está implementando mejoras en su operación logística que les beneficiarán mediante tiempos de entrega más cortos y menor incidencia de errores. Al cierre del proyecto se envía una

segunda comunicación que reporta los resultados alcanzados y refuerza el compromiso de Interplay S.R.L. con la calidad del servicio. Wisner, Tan y Leong (2011) señalan que este tipo de comunicación proactiva fortalece la percepción del cliente sobre la seriedad del proveedor y contribuye a la fidelización en mercados B2B.

5.10 Impacto esperado en los estados financieros

El impacto de la propuesta sobre los estados financieros de Interplay S.R.L. se proyecta en tres dimensiones. En el estado de resultados, la reducción de las pérdidas por obsolescencia y de los costos de manejo se traduce en una mejora del margen operativo. En el balance general, la depuración de obsoletos reduce el monto del inventario y mejora la calidad de los activos corrientes, mientras que la rotación del activo total mejora por el incremento del flujo operativo. En el flujo de efectivo, la liberación de capital inmovilizado en obsoletos genera liquidez adicional que la empresa puede destinar a la adquisición de mercadería de alta rotación, cerrando un círculo virtuoso entre la mejora operativa y la generación de valor financiero.

Estos efectos, en su conjunto, posicionan al proyecto no solo como una mejora operativa puntual, sino como una decisión estratégica que fortalece la estructura financiera de la empresa y le otorga mayor capacidad para competir en el mercado mayorista costarricense de productos de entretenimiento electrónico.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto, derivadas de los hallazgos del diagnóstico documentado en el Capítulo IV y del diseño de la propuesta desarrollado en el Capítulo V. Las conclusiones se organizan en tres subsecciones: conclusiones del diagnóstico, conclusiones de la propuesta y validación del cumplimiento de los objetivos. Las recomendaciones se organizan en tres ámbitos: recomendaciones para la implementación, recomendaciones para la empresa y recomendaciones para futuras investigaciones. Finalmente, se presenta el análisis económico consolidado del proyecto, conforme a lo exigido por la Guía 02 de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana.

6.1 Conclusiones

6.1.1 Conclusiones del diagnóstico

El diagnóstico desarrollado en el Capítulo IV, correspondiente a las fases Medir y Analizar del ciclo DMAIC, permitió cuantificar la magnitud del problema y establecer una línea base sólida para la formulación de la propuesta. Las conclusiones del diagnóstico se presentan a continuación.

- El análisis ABC confirmó que aproximadamente el veinte por ciento de las referencias de Interplay S.R.L. concentra el ochenta por ciento de los ingresos, en concordancia con el principio de Pareto descrito por Heizer y Render (2017). Sin embargo, el levantamiento físico evidenció que más del sesenta por ciento de estos productos de alta rotación se encontraba en zonas alejadas del despacho, incluyendo el segundo piso de la bodega (Tabla 15, sección 4.2). Este desalineamiento entre la importancia comercial de los productos y su ubicación física constituye la causa raíz principal de las ineficiencias operativas documentadas.
- Las pérdidas económicas asociadas a las ineficiencias actuales se estimaron en nueve millones seiscientos ochenta mil colones anuales, equivalentes a aproximadamente dieciocho mil cuatrocientos dólares (Tabla 20, sección 4.6). Este monto se distribuye en cuatro componentes: tiempo improductivo del personal (cinco millones quinientos mil colones), costo de oportunidad del inventario obsoleto (un millón ochenta mil colones), pérdidas por errores de despacho (dos millones quinientos mil colones) y costo del espacio inutilizado (seiscientos mil colones).

- El estudio de tiempos y movimientos reveló que el tiempo productivo del personal de bodega representa apenas el cincuenta y dos por ciento del turno laboral (Tabla 18, sección 4.4). El cuarenta y ocho por ciento restante se invierte en traslados entre zonas (veintinueve por ciento), búsquedas infructuosas (once por ciento), reacomodos imprevistos (cinco por ciento) y pausas reglamentarias (tres por ciento). El dieciséis por ciento correspondiente a búsquedas y reacomodos constituye desperdicio puro en el sentido de la filosofía Lean (Womack y Jones, 2012).
- El aprovechamiento volumétrico de la bodega es del cincuenta y dos por ciento (Tabla 19, sección 4.5), significativamente inferior al estándar de la industria de entre el setenta y el setenta y cinco por ciento reportado por Frazelle (2016) y Tompkins et al. (2010). Esta subutilización se explica por la acumulación de mercadería obsoleta que ocupa el veinte por ciento del volumen utilizado y por la tendencia a almacenar en horizontal en lugar de aprovechar la altura disponible de las estanterías.
- El porcentaje de pedidos entregados a tiempo es del ochenta y dos por ciento (sección 4.6). De los dieciocho puntos de incumplimiento, catorce son directamente atribuibles a ineficiencias operativas internas (demoras en la preparación y errores que requieren rehacer el pedido), lo que confirma que la mejora del layout tendría un impacto directo sobre el nivel de servicio al cliente.
- Las causas estructurales identificadas mediante el diagrama de Ishikawa (sección 4.7), priorizadas con el diagrama de Pareto (sección 4.8) y profundizadas con el método de los cinco porqués (sección 4.9), convergen en un mismo origen: la falta de profesionalización del área de bodega y la limitada inversión en formación interna en gestión de inventarios. Esta convergencia refuerza la pertinencia de una propuesta integral que combine el rediseño físico con la capacitación del personal y la institucionalización de controles.

6.1.2 Conclusiones de la propuesta

La propuesta de mejora desarrollada en el Capítulo V, correspondiente a las fases Mejorar y Controlar del ciclo DMAIC, se construyó como un sistema integrado de seis componentes que atienden de manera trazable cada una de las causas raíz priorizadas. Las conclusiones de la propuesta se presentan a continuación.

- La propuesta integral de mejora del layout, articulada bajo la metodología DMAIC, responde de manera directa a cada una de las seis causas raíz priorizadas en el diagnóstico, con trazabilidad documentada entre diagnóstico y solución (Tabla 23, sección 5.1). Esta trazabilidad garantiza que ninguna causa relevante quede sin atender y que no se introduzcan soluciones ajenas al diagnóstico.
- El rediseño del layout bajo criterios de clasificación ABC permite reubicar la totalidad de los productos de alta rotación en el primer piso adyacente al despacho, con una reducción proyectada del cuarenta y cuatro por ciento en los recorridos promedio por pedido, pasando de aproximadamente noventa a cincuenta metros lineales. Esta mejora se traduce en una reducción proporcional en los tiempos de picking y en un incremento de la productividad del personal de doce a dieciocho líneas por hora hombre.
- La propuesta de depuración planificada de mercadería obsoleta permite liberar entre el veinte y el veinticinco por ciento del espacio útil de la bodega mediante tres modalidades: liquidación a precio rebajado, donación a entidades sin fines de lucro y baja contable con disposición final conforme a la normativa ambiental costarricense. El espacio liberado se reasigna a productos de categoría A y B, mejorando su accesibilidad.
- El programa de capacitación de dieciséis horas por participante, estructurado en cuatro módulos, profesionaliza al personal de bodega en los fundamentos de gestión de inventarios, clasificación ABC, manipulación segura y auditorías de control. La incorporación de estos módulos al proceso de inducción garantiza la transferencia de conocimiento ante la rotación de personal.
- El análisis costo-beneficio demuestra la viabilidad económica de la propuesta: con una inversión de un millón ciento noventa y ocho mil colones (aproximadamente dos mil trescientos dólares), se proyecta un beneficio neto anual de treinta mil dólares atribuibles al proyecto, un retorno sobre la inversión superior al mil doscientos por ciento, un período de recuperación inferior a un mes y un VPN a tres años de aproximadamente ciento veinticinco mil dólares. Incluso en el escenario pesimista, con una reducción del treinta por ciento sobre los beneficios proyectados, los indicadores continúan siendo claramente favorables (Tabla 31, sección 5.6.5).

- Los mecanismos de control diseñados —dashboard de KPI, programa de auditorías con frecuencia diferenciada por categoría ABC y revisión trimestral de la clasificación— constituyen el sistema de sostenibilidad que la fase Controlar del DMAIC exige para prevenir la regresión a la situación anterior.

6.1.3 Validación del cumplimiento de los objetivos

A continuación, se valida el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos planteados en la sección 1.4.2 del Capítulo I, indicando la sección del documento donde se evidencia dicho cumplimiento.

- Objetivo específico 1 — Analizar el proceso actual de almacenamiento y distribución de artículos en el área de bodega de Interplay S.R.L., para identificar las causas que provocan ineficiencias y la acumulación de inventario obsoleto: cumplido mediante los diagramas de flujo de los procesos de compras y despacho (sección 4.3), el estudio de tiempos y movimientos (sección 4.4), el análisis del espacio físico (sección 4.5), el análisis de costos (sección 4.6), el diagrama de Ishikawa (sección 4.7), el diagrama de Pareto (sección 4.8) y el método de los cinco porqués (sección 4.9).
- Objetivo específico 2 — Diagnosticar el nivel de obsolescencia y los principales factores que afectan la exactitud del inventario, con el fin de establecer acciones correctivas: cumplido mediante la clasificación ABC (sección 4.2), el cálculo de tasas de rotación por categoría (Tabla 16), la cuantificación de las pérdidas por obsoletos (sección 4.6) y la identificación de los factores de inexactitud en el análisis de los cinco porqués (Tabla 22).
- Objetivo específico 3 — Diseñar un nuevo layout de almacenamiento que considere la clasificación de productos según su rotación, tamaño y frecuencia de uso, para facilitar el acceso y reducir los tiempos de búsqueda: cumplido mediante el diseño del croquis en AutoCAD bajo criterios SLP y ABC (sección 5.2), la matriz de relación de actividades REL (Tabla 24) y la comparación del layout actual versus el propuesto (Tabla 25).
- Objetivo específico 4 — Proponer un método de control y seguimiento del inventario que permita prevenir la acumulación de productos obsoletos: cumplido mediante el diseño del dashboard de KPI (sección 5.7.1), el programa de auditorías con frecuencia diferenciada (sección 5.7.2) y la revisión periódica de la clasificación ABC (sección 5.7.3).

- Objetivo específico 5 — Evaluar la efectividad de la propuesta mediante indicadores de productividad, exactitud del inventario y reducción de pérdidas por obsolescencia: cumplido mediante la comparación de indicadores antes y después (Tabla 29, sección 5.6.1), el análisis costo-beneficio con monetización de beneficios (sección 5.6.2), el cálculo del ROI y VPN (sección 5.6.3) y el análisis de sensibilidad en tres escenarios (Tabla 31, sección 5.6.5).

6.2 Recomendaciones

6.2.1 Recomendaciones para la implementación

- Ejecutar la implementación siguiendo las ocho etapas del cronograma propuesto (Tabla 27, sección 5.5), sin omitir la etapa de sensibilización y capacitación inicial, ya que la adopción del nuevo layout depende en gran medida de la comprensión y el compromiso del personal operativo. Kotter (1996) enfatiza que la omisión de la fase de sensibilización es el error más frecuente en los procesos de cambio y el que mayor probabilidad de fracaso genera.
- Iniciar la depuración de mercadería obsoleta de manera inmediata, dado que esta es la acción de mayor impacto económico a corto plazo y la que libera el espacio necesario para el reacomodo físico del layout. Se recomienda priorizar la liquidación a precio rebajado como primera opción, dado que permite recuperar parte de la inversión.
- Designar formalmente un responsable de la gestión del nuevo layout dentro de la estructura organizacional de la empresa, con dedicación parcial pero explícita. Esta responsabilidad no debe ser asumida de manera informal ni diluirse entre múltiples funciones, ya que la experiencia de Madrigal Montero (2022) y de Marín Fernández (2023) en sus respectivos proyectos evidencia que la ausencia de un responsable formal es una de las principales causas de regresión.
- Mantener la disciplina de las auditorías mensuales y del dashboard de indicadores como condición indispensable para la sostenibilidad de la mejora, conforme a la fase Controlar del DMAIC. La revisión gerencial de los indicadores no debe postergarse ni delegarse a niveles operativos: la visibilidad gerencial sobre el desempeño de la bodega es la primera línea de defensa contra la regresión.
- Programar las actividades de mayor impacto visual (reacomodo físico y señalización) durante períodos de baja demanda estacional (febrero-marzo o septiembre) para minimizar

la interferencia con las operaciones comerciales y reducir el riesgo de pérdida temporal de productividad.

6.2.2 Recomendaciones para la empresa

- Evaluar, una vez consolidada la mejora del layout, la incorporación de un sistema de gestión de almacenes (WMS) que automatice la asignación de ubicaciones, la trazabilidad de los movimientos y la generación de reportes. Aberdeen Group (2017) señala que la clasificación ABC constituye la base sobre la cual se construyen sistemas de gestión más complejos, lo que posiciona a Interplay S.R.L. en una condición favorable para la adopción tecnológica futura.
- Integrar los sistemas de información de compras y bodega para eliminar la desconexión identificada como una de las causas de los pasillos congestionados (Tabla 22, sección 4.9). El establecimiento de un cronograma compartido de recepción de mercadería evitaría las descargas no programadas que obstruyen los pasillos principales.
- Institucionalizar la capacitación del personal de bodega como una inversión recurrente y no como un evento aislado. Los cuatro módulos propuestos en la Tabla 26 deben incorporarse al programa de inducción para nuevos colaboradores y actualizarse anualmente conforme a las necesidades operativas y a los cambios en el catálogo de productos.
- Considerar la extensión de la metodología DMAIC a otros procesos de la empresa que presenten oportunidades de mejora, como la gestión de compras, la planificación de la demanda y la coordinación con los proveedores internacionales. La experiencia adquirida con el presente proyecto proporciona las competencias internas necesarias para replicar el enfoque en otros ámbitos.
- Incorporar un indicador formal de satisfacción del cliente (por ejemplo, el Net Promoter Score) como parte del dashboard de KPI, de manera que la empresa pueda medir el impacto de las mejoras operativas sobre la percepción del cliente y tomar decisiones informadas sobre las prioridades de inversión.

6.2.3 Recomendaciones para futuras investigaciones

- Desarrollar un estudio comparativo entre varias empresas costarricenses del sector de distribución de productos electrónicos, que permita validar la replicabilidad de las

propuestas en distintos contextos organizacionales y generar un benchmarking sectorial sobre indicadores de gestión de bodega.

- Ampliar el período de medición a al menos doce meses completos para captar las variaciones cíclicas totales y aportar mayor robustez estadística a las conclusiones sobre la estacionalidad y la rotación del inventario, lo que permitiría calibrar con mayor precisión los parámetros de la clasificación ABC.
- Investigar la integración de tecnologías como el picking por voz, los códigos QR, los dispositivos móviles y la analítica predictiva como complemento del rediseño físico del layout, evaluando la relación costo-beneficio de la inversión tecnológica sobre la base de procesos ya optimizados.
- Evaluar el impacto de la mejora del layout sobre la cadena de suministro completa de Interplay S.R.L., incluyendo la relación con proveedores internacionales, los tiempos de reposición y los costos logísticos de importación, lo que ampliaría la perspectiva del presente estudio desde la gestión interna hacia la gestión de la cadena de valor.
- Explorar la aplicabilidad de modelos de simulación discreta para evaluar escenarios de crecimiento del catálogo y del volumen de pedidos, anticipando las necesidades futuras de espacio y de recursos humanos antes de que se materialicen como problemas operativos.

6.3 Análisis económico del proyecto

El análisis económico del proyecto, desarrollado en detalle en la sección 5.6 del Capítulo V, confirma que la propuesta genera beneficios que superan ampliamente la inversión requerida en cualquiera de los escenarios evaluados. La inversión total de un millón ciento noventa y ocho mil colones costarricenses (aproximadamente dos mil trescientos dólares) se recupera en menos de un mes y genera un flujo acumulado de ciento sesenta mil dólares en tres años (Tabla 30, sección 5.6.4).

Las implicaciones económicas del proyecto se distribuyen en tres horizontes temporales. En el corto plazo (primeros seis meses), el impacto se refleja en la reducción inmediata de las pérdidas por obsoletos mediante la depuración planificada y en la mejora de la productividad del personal por la reubicación de los productos categoría A. En el mediano plazo (seis a dieciocho meses), el impacto se consolida en la estabilización de la exactitud del inventario por encima del noventa y cinco por ciento, en la reducción sostenida de errores de despacho y en la liberación de

capital de trabajo. En el largo plazo (dieciocho a treinta y seis meses), el impacto se materializa en la habilitación de futuras inversiones tecnológicas sobre una base de procesos profesionalizados, en el fortalecimiento de la posición competitiva de la empresa y en la consolidación de una cultura organizacional de mejora continua.

Es importante señalar que las inversiones necesarias para la implementación de las distintas etapas del proyecto son modestas en comparación con los beneficios esperados. El componente de mayor costo es el reacomodo físico del layout (trescientos diez mil colones), seguido por la liquidación de obsoletos (doscientos veinte mil colones) y el conteo físico inicial (ciento ochenta mil colones). Ninguno de estos componentes requiere adquisición de equipos o tecnología, lo que reduce significativamente el riesgo de la inversión y permite su financiamiento con recursos operativos corrientes de la empresa.

6.4 Reflexión final

El desarrollo del presente proyecto de graduación constituyó una experiencia formativa integral que articuló los aprendizajes teóricos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Industrial con la realidad operativa de una empresa concreta del sector comercial costarricense. El proyecto permitió aplicar de manera coherente las herramientas de la disciplina, generar valor real para una organización y consolidar las competencias profesionales necesarias para el ejercicio de la ingeniería industrial.

La propuesta de mejora del layout de la bodega de Interplay S.R.L. responde a una necesidad operativa concreta y, más allá de sus beneficios económicos, contribuye a profesionalizar la gestión del almacén, a mejorar las condiciones de trabajo del personal de bodega y a fortalecer la competitividad de una empresa que forma parte del tejido productivo del país. La metodología DMAIC demostró ser el marco adecuado para articular el diagnóstico con la propuesta y para asegurar, a través de la fase Controlar, que los beneficios se sostengan en el tiempo.

Se confía en que la implementación de la propuesta, soportada por la convicción de la gerencia, el compromiso del personal y la disciplina de los mecanismos de control, conducirá a Interplay S.R.L. hacia una operación más eficiente, sostenible y competitiva. Asimismo, se aspira a que este trabajo sirva de referencia para otros estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana que enfrenten problemáticas similares y para otras empresas

costarricenses que busquen optimizar sus operaciones logísticas mediante herramientas de ingeniería industrial aplicadas con rigor metodológico y sensibilidad por el contexto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aberdeen Group. (2017). Inventory management in the digital age: Trends and best practices. Aberdeen Group Research Reports.

Acevedo Mascarúa, J., y Linares Rodríguez, M. C. (2012). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. *Revista Industrial Data*, 15(1), 9-24.

Acuña Acuña, J. (2023). *Mejoramiento de la calidad, un enfoque a los servicios* (2.^a ed.). Editorial Tecnológica de Costa Rica. <https://libros.tec.ac.cr/mejoramiento-de-la-calidad-u2tls.html>

Plant layout and material handling : Apple, James M. (James MacGregor), 1915-1978 : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive. (1977). Internet Archive. <https://archive.org/details/plantlayoutmater0000appl>

Bartholdi, J. J., III, & Hackman, S. T. (2019). *Warehouse & distribution science* (Release 0.98.1). The Supply Chain & Logistics Institute, Georgia Institute of Technology. <https://www.warehouse-science.com/book/editions/wh-sci-0.98.1.pdf>

Betancourt, D. F. (02 de agosto de 2018). *Ciclo de Deming (PDCA): Qué es y cómo logra la mejora continua*. Recuperado el 08 de mayo de 2026, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/ciclo-pdca.

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (2.^a ed.; N. N. Martínez Suárez, Trad.). McGraw-Hill/Interamericana Editores. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25775w/L1LT123_S1_01.pdf

Deloitte. (2021). The future of supply chain: Insights from the 2021 Global Chief Procurement Officer Survey. Deloitte Insights.

Frazelle, E. H. (2002). World-class warehousing and material handling. McGraw-Hill.

Frazelle, E. H. (2016). Supply chain strategy: The logistics of supply chain management (2.^a ed.). McGraw-Hill Education.

García Ramírez, L. (2020). Optimización logística en distribuidores de productos electrónicos de consumo [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio UPC.

Heizer, J., y Render, B. (2017). Principios de administración de operaciones (10.^a ed.). Pearson Educación.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Hugos, M. H. (2018). Essentials of supply chain management (4.^a ed.). John Wiley & Sons.

Ishikawa, K. (1986). ¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa. Norma.

Juran, J. M. (1951). Quality control handbook. McGraw-Hill.

Kotter, J. P. (1996). Leading change. Harvard Business School Press.

Madrigal Montero, A. (2022). Propuesta de mejora del acomodo de la bodega para una adecuada rotación del inventario en las importaciones de la compañía

Coinversiones Corporativas, S.A. [Trabajo final de graduación, Universidad Hispanoamericana].

Marín Fernández, S. (2023). Rediseño de la distribución de planta en el Gimnasio Xclusive [Trabajo final de graduación, Universidad Hispanoamericana].

Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., y Patterson, J. L. (2020). Purchasing and supply chain management (7.^a ed.). Cengage Learning.

Muther, R. (1981). Systematic layout planning (2.^a ed.). Cahnerns Books International.

Niebel, B. W., y Freivalds, A. (2014). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo (13.^a ed.). McGraw-Hill.

Ortiz Triana, V. K., y Caicedo Solano, N. E. (2018). Optimización logística en empresas de comercio minorista mediante clasificación ABC y rediseño de layout. Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 18(1), 45-56.

Pande, P., Neuman, R., y Cavanagh, R. (2004). Las claves prácticas de Seis Sigma. McGraw-Hill.

PwC. (2021). *Global crisis survey 2021: Building resilience for the next normal*.
<https://www.pwc.com/ia/es/prensa/pdfs/Global-Crisis-Survey-FINAL-March-18.pdf>

Pyzdek, T., y Keller, P. (2018). The Six Sigma handbook (5.^a ed.). McGraw-Hill.

Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.^a ed.). Espasa.

Roces, V. M. (2013). Las personas en las organizaciones desde el punto de vista de la ingeniería. *Producción & Gestión*, 16(1), 13-25.

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The handbook of logistics and distribution management* (4th ed.). Kogan Page. https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/DISTRIBUSI%20LOGISTIK/epdf.pub_the-handbook-of-logistics-and-distribution-managem.pdf

Silver, E. A., Pyke, D. F., y Thomas, D. J. (2017). *Inventory and production management in supply chains* (4.^a ed.). CRC Press.

Solís Vargas, M. (2021). Evaluación del impacto de la implementación del Systematic Layout Planning en una empresa distribuidora de la Gran Área Metropolitana [Trabajo final de graduación, Universidad de Costa Rica].

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., y Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning* (4.^a ed.). John Wiley & Sons.

Vargas Calvo, R. (2019). Análisis de pérdidas asociadas a inventario obsoleto en pequeñas y medianas empresas costarricenses [Trabajo final de graduación, Universidad de Costa Rica].

Wisner, J. D., Tan, K.-C., y Leong, G. K. (2011). *Principles of supply chain management: A balanced approach* (3.^a ed.). South-Western Cengage Learning.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2012). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa* (E. Cuesta, Trad.; L. Cuatrecasas, Rev. y adapt.). *Gestión 2000*. (Obra original publicada en 2003) <https://todoproyectos1.com/wp-content/uploads/2021/03/lean-thinking.pdf>