

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN PRODUCCION INDUSTRIAL
MAESTRIA EN SISTEMAS MODERNOS DE MANUFACTURA**

**Modelo de almacén de materia prima para las nuevas instalaciones productivas de LabCen
acorde al RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC para aumento de la capacidad
instalada**

**Proyecto para optar por el grado de
Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura**

Dra. Judith Gamboa Granados

**Cartago, Costa Rica
24 de noviembre, 2025**

ACTA DE APROBACIÓN

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL MAESTRÍA EN SISTEMAS MODERNOS DE MANUFACTURA ACTA DE DEFENSA PÚBLICA

Se certifica que el Proyecto de Graduación presentado por JUDITH GAMBOA GRANADOS, titulado **"Modelo de Almacén de Materia Prima para las Nuevas Instalaciones Productivas de LabCen acorde al RTCA 11/.03.42:07, No.38732-S-COMEX-MEIC para Aumento de la Capacidad Instalada"** cumple con las regulaciones y requisitos establecidos en el Reglamento del Proyecto de Graduación, para optar al grado de Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura.

La nota que corresponde es 100 .

TRIBUNAL EXAMINADOR

BILJHANA
SHAKIRA FARAH
GUZMAN (FIRMA)
Firmado digitalmente por
BILJHANA SHAKIRA FARAH
GUZMAN (FIRMA)
Fecha: 2025.11.24 20:36:22
-06'00'

Ing. Biljhana Farah G., M. Eng.
Profesor Lector

TEC | Tecnológico de Costa Rica
Firmado digitalmente por
ESTEBAN ADOLFO LE MAITRE
GONZALEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.11.24 20:37:58 -06'00'

Ing. Esteban Lemaitre G, PhD.
Profesor Lector

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Firmado digitalmente por
DENNIS RICARDO ARIAS
RAMIREZ (FIRMA)
Fecha: 2025.11.24 20:32:30
-06'00'

Ing. Dennis Arias R., M.Eng.
Profesor Lector

KLEIBER
GABRIEL ROJAS
VARELA (FIRMA)
Firmado digitalmente por
KLEIBER GABRIEL ROJAS
VARELA (FIRMA)
Fecha: 2025.11.24
20:39:06 -06'00'

Ing. Kleiber Rojas V., M.Eng.
Profesor Tutor

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Firmado digitalmente por
DENNIS RICARDO ARIAS
RAMIREZ (FIRMA)
Fecha: 2025.11.24
20:32:42 -06'00'

Ing. Dennis Arias Ramírez, M.Eng.
Coordinador Maestría

Cartago, 24 de noviembre, 2025

RESUMEN

Gamboa Granados, J. Instituto Tecnológico de Costa Rica, noviembre 2025. Modelo de almacén de materia prima para las nuevas instalaciones productivas de LabCen acorde al RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC para aumento de la capacidad instalada. Profesor Asesor: Ing. Kleiber Gabriel Rojas Varela, MEng.

LabCen es una empresa farmacéutica costarricense dedicada a la manufactura de medicamentos, cosméticos y productos naturales, con operaciones basadas en la innovación y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). El crecimiento sostenido y la proyección hacia mercados institucionales y de exportación, generaron la necesidad de ampliar su capacidad instalada y adecuar su infraestructura a las exigencias regulatorias, especialmente las establecidas en el RTCA 11.03.42:07.

El diagnóstico realizado en el almacén de Materia prima evidenció deficiencias en segregación de materiales, trazabilidad y aprovechamiento del espacio, con una ocupación del 134 % del área disponible. El desafío ingenieril consistió en diseñar un modelo de almacenamiento farmacéutico que garantizara el cumplimiento regulatorio, aumentara la eficiencia operativa y permitiera el crecimiento modular de la capacidad instalada sin interrumpir la continuidad productiva.

El proyecto se desarrolló bajo la metodología DMAIC, abarcando el análisis de la situación actual, la evaluación del cumplimiento normativo y la simulación de alternativas de rediseño. La solución seleccionada propone un modelo de almacén escalable, con flujo unidireccional y control de temperatura y humedad. La simulación en FlexSim confirmó mejoras en la eficiencia de movimientos, en el uso del espacio y en el cumplimiento integral del RTCA.

La propuesta constituye una alternativa técnica viable y sostenible que fortalece la gestión de almacenamiento, asegura la conformidad regulatoria y apoya la expansión productiva de LabCen.

Palabras clave: *Almacén de materia prima; Industria farmacéutica; RTCA 11.03.42:07; Simulación discreta; Gestión de capacidad instalada.*

ABSTRACT

Gamboa Granados, J. Costa Rica Institute of Technology, November 2025. Raw Material Warehouse Model for LabCen's New Production Facilities in Compliance with RTCA 11.03.42:07 No. 38732-S-COMEX-MEIC to Increase Installed Capacity. Advisor: Eng. Kleiber Gabriel Rojas Varela, MEng.

LabCen is a Costa Rican pharmaceutical company dedicated to the manufacture of medicines, cosmetics, and natural products, with operations based on innovation and Good Manufacturing Practices (GMP). Its sustained growth and expansion toward institutional and export markets created the need to increase installed capacity and adapt infrastructure to regulatory requirements, particularly those established by RTCA 11.03.42:07.

The diagnostic assessment of the raw material warehouse revealed deficiencies in material segregation, traceability, and space utilization, with an occupancy rate of 134% of the available area. The engineering challenge was to design a pharmaceutical storage model that ensured regulatory compliance, improved operational efficiency, and enabled modular expansion of installed capacity without disrupting production continuity.

The project was developed under the DMAIC methodology, encompassing analysis of the current state, evaluation of regulatory compliance, and simulation of redesign alternatives. The selected solution proposes a scalable warehouse model with unidirectional flow and controlled temperature and humidity. Discrete-event simulation confirmed improvements in movement efficiency, space utilization, and full compliance with RTCA standards.

The proposal represents a technically viable and sustainable alternative that strengthens warehouse management, ensures regulatory conformity, and supports LabCen's production expansion.

Keywords: *Raw material warehouse; Pharmaceutical industry; RTCA 11.03.42:07; Discrete-event simulation; Installed capacity management.*

DEDICATORIA

Con todo mi amor;

A mi familia de sangre y de vida, por ser el refugio y la fuerza que han sostenido cada paso de mi camino.

Su confianza, paciencia y cariño han sido el impulso silencioso detrás de cada logro, y la inspiración para llevar adelante este proyecto con la entrega y el rigor que merecen.

Les dedico este trabajo con gratitud profunda, por acompañarme con afecto en los días de duda y por celebrar conmigo cada triunfo.

Este logro también les pertenece, porque en cada esfuerzo habita un poco de su fe en mí.

AGRADECIMIENTOS

A cada compañero que, con su ejemplo, conocimiento y compromiso, ha contribuido a fortalecer mi visión como profesional de la industria farmacéutica.

De cada experiencia compartida surgió la convicción de que la excelencia en la producción de medicamentos requiere no solo rigor científico, sino también una comprensión profunda de la ingeniería y de los procesos que la sustentan.

Gracias a quienes, con su dedicación y espíritu colaborativo, sembraron en mí la necesidad de seguir creciendo para convertirme en una profesional integral, capaz de aportar valor real a la operación, garantizando productos de calidad, seguridad y eficacia asegurada para los pacientes que confían en nuestro trabajo.

EPIGRAFE

“El diseño de la calidad es la consolidación de desarrollar productos y procesos capaces de cumplir consistentemente con las necesidades del cliente.

Implica comprender esas necesidades, traducirlas en características medibles, y diseñar los medios por los cuales la organización puede producir esas características de manera controlada.

Solo cuando la calidad se diseña desde el inicio, puede asegurarse su permanencia en el resultado final.”

Joseph M. Juran, 1992

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
EPIGRAFE.....	vii
CONTENIDO.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Generalidades de la organización.....	16
1.1.1 Antecedentes históricos.....	16
1.1.2 Número de empleados.....	18
1.1.3 Tipos de productos.....	19
1.1.4 Mercados.....	21
1.1.5 Estructura organizacional.....	21
1.1.6 Misión, Visión y Valores.....	23
1.2 Descripción del proceso productivo.....	24
1.2.1 Procesos estratégicos.....	25
1.2.2 Procesos misionales.....	26
1.2.3 Procesos de apoyo.....	26
1.3 Planteamiento del problema.....	27
1.3.1 Definición del problema.....	27
1.4 Justificación del proyecto.....	28
1.5 Objetivos.....	28
1.5.1 Objetivo General.....	28
1.5.2 Objetivos Específicos.....	29
1.6 Alcance y Limitaciones.....	29
1.6.1 Alcance.....	29

1.6.2	Limitaciones	30
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	31
2.1	Generalidades de la industria farmacéutica.....	32
2.2	Bases teóricas del marco metodológico del proyecto	34
2.2.1	Pronóstico.....	34
2.2.2	Demanda.....	35
2.2.3	Almacenes: gestión, modelado y diseño	36
2.2.4	Capacidad instalada de almacenes	38
2.2.5	Consideraciones normativas.....	39
2.2.6	Simulación del diseño	40
2.2.7	Implementación del proyecto	40
2.3	Soporte teórico de las herramientas ingenieriles del proyecto	41
2.3.1	Metodología DMAIC	41
2.3.2	Análisis estratégico	42
2.3.3	SIPOC.....	42
2.3.4	Análisis de causa raíz	42
2.3.5	Gemba	43
2.3.6	Matriz RACI.....	43
2.3.7	Check list.....	44
2.3.8	Herramientas estadísticas y de análisis de riesgos	44
2.3.9	Análisis de factibilidad.....	44
2.3.10	Matriz esfuerzo impacto.....	44
2.3.11	Project Charter.....	45
2.3.12	Diagrama Gantt	45
2.3.13	Plan de contingencia.....	45
2.3.14	Indicadores de desempeño y Balanced Scorecard.....	45
2.3.15	Manual de usuario o procedimiento operativo estándar.....	46
2.3.16	Normas ISO y Six Sigma	46
3.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	48
4.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	52
4.1	Contexto organizacional.....	54

4.2	Proceso de almacenamiento materia prima	56
4.2.1	Proveedores	57
4.2.2	Entradas	57
4.2.3	Proceso	57
4.2.4	Salidas	58
4.2.5	Clientes.....	58
4.2.6	Requerimientos.....	59
4.3	Infraestructura	60
4.3.1	Layout actual	60
4.3.2	Flujo de materiales	61
4.3.3	Equipo	61
4.3.4	Riesgos asociados al proceso	62
4.4	Cumplimiento normativo	63
4.4.1	Impacto regulatorio	67
4.5	Gestión y control	68
4.5.1	Infraestructura	68
4.5.2	Inventario	69
4.5.3	ERP.....	71
4.5.4	Capacidad	72
4.6	Recurso humano	76
4.7	Proyecto expansión	78
4.7.1	Exportaciones	78
4.7.2	Mercado institucional.....	78
4.7.3	Crecimiento del mercado	79
4.8	Conclusiones del diagnóstico de situación actual	79
5.	SOLUCIÓN AL PROBLEMA PLANTEADO.....	80
5.1	Introducción	82
5.2	Propuestas de solución	84
5.2.1	Propuesta 1. Rediseño integral de las sub-áreas del almacén de MP	84
5.2.2	Propuesta 2. Diseño total del almacén de MP	86
5.3	Análisis de factibilidad.....	88

5.3.1	Factibilidad técnica	89
5.3.2	Factibilidad operativa	89
5.3.3	Factibilidad económica	90
5.4	Priorización de soluciones.....	92
5.4.1	Criterios de evaluación.....	92
5.4.2	Evaluación de alternativas.....	93
5.5	Desarrollo de la solución.....	95
5.5.1	Forecast	96
5.5.2	Diseño físico y distribución del almacén	101
5.5.3	Análisis financiero de la solución	103
5.5.4	Validación	105
5.6	Plan de implementación	110
5.6.1	Project Charter.....	110
5.6.2	Diagrama Gantt	112
5.6.3	Matriz de involucrados.....	112
5.6.4	Análisis de riesgos.....	113
5.6.5	Plan de contingencia.....	115
5.6.6	Gestión de cambio	116
5.7	Actividades post-implementación	118
5.7.1	Sistema de seguimiento	118
5.7.2	Manual de usuario	119
6.	CONCLUSIONES	121
6.1	Conclusiones	122
6.2	Recomendaciones.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....		125
APÉNDICES.....		132
Apéndice A: Siglas y abreviaturas		133
Apéndice B: Inventario actual por kg para cada SKU		135
Apéndice C: Salidas de inventario 2025		139
Apéndice D: Área superficial por tipo de contenedor.....		142
Apéndice E: Área superficial ocupada por artículo (SKU) según inventario		144

Apéndice F: Ingresos por compra de MP 2025	149
Apéndice G: Configuración del Forecast	160
Apéndice H: Receta genérica de productos de interés	162
Apéndice I: Estructura de Costos	164
Apéndice J: Process flow FlexSim modelo almacén MP	166
Apéndice K: Manual de usuario almacén MP	168
ANEXOS	171
Anexo 1: Capítulo 8 Reglamento técnico centroamericano 11.03.42:07	172
Anexo 2: Productos de Interés Plan anual de compas SICOP 2025	174
Anexo 3: Tasa de capital referencia Banco Central de Costa Rica	176
Anexo 4: Licencia Creative Commons	178
CURRICULUM	180
Hoja de vida 01: Dra. Judith Gamboa Granados	181

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Línea de tiempo de LabCen	18
Figura No. 2 Tipos de productos de LabCen	20
Figura No. 3 Organigrama de LabCen	23
Figura No. 4 Mapa de procesos de LabCen	25
Figura No. 5 Ishikawa capacidad instalada LabCen	27
Figura No. 6 Factores de impacto del proyecto	28
Figura No. 7 Proceso metodológico aplicado al proyecto	51
Figura No. 8 Esquema de análisis de contexto organizacional	54
Figura No. 9 FODA contexto actual LabCen.....	55
Figura No. 10 SIPOC almacenamiento MP LabCen	56
Figura No. 11 Layout almacén MP LabCen	61
Figura No. 12 Resultados cumplimiento de criterios críticos	67
Figura No. 13 Resultados cumplimiento de criterios mayores	68
Figura No. 14 Cantidad de kilogramos por artículo (SKU) según inventario.....	69
Figura No. 15 Salidas por artículo (SKU) durante 2025.....	70
Figura No. 16 Área superficial por tipo de contenedor.....	70
Figura No. 17 Área superficial ocupada por artículo (SKU) según inventario.....	71
Figura No. 18 Distribución de área superficial del almacén	72
Figura No. 19 Ocupación de área del inventario actual	72
Figura No. 20 Esquema ingenieril de las alternativas de solución	81
Figura No. 21 Matriz esfuerzo-impacto alternativas de solución	95
Figura No. 22 Layout propuesto	103
Figura No. 23 Modelo base almacén MP (T0).....	107
Figura No. 24 Modelo en proceso almacén MP (TX).....	107
Figura No. 25 Dashboard FlexSim almacén MP	108
Figura No. 26 Project Charter	111
Figura No. 27 Cronograma del proyecto.....	112
Figura No. 28 FMEA del proyecto	114

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1	Distribución de colaboradores por género y área.....	18
Cuadro No. 2	Marco metodológico del proyecto.....	49
Cuadro No. 3	FMEA almacenamiento MP.....	62
Cuadro No. 4	Checklist cumplimiento guía de verificación BPM	63
Cuadro No. 5	Estimación de área superficial de cuarentena actual	73
Cuadro No. 6	Matriz RACI proceso almacenamiento	77
Cuadro No. 7	Inversión alternativa 1	90
Cuadro No. 8	Inversión alternativa 2	90
Cuadro No. 9	Análisis de factibilidad de las alternativas de solución.....	91
Cuadro No. 10	Elementos del criterio impacto.....	93
Cuadro No. 11	Elementos del criterio esfuerzo	93
Cuadro No. 12	Evaluación de impacto de las alternativas de solución	94
Cuadro No. 13	Evaluación de esfuerzo de las alternativas de solución.....	94
Cuadro No. 14	Forecast de almacenamiento de MP proyecto expansión.....	97
Cuadro No. 15	Indicadores financieros de viabilidad del proyecto.....	104
Cuadro No. 16	Resultados de la simulación FlexSim por tipo de contenedor (SKU).....	106
Cuadro No. 17	Comparación entre forecast y resultados de FlexSim (1 mes)	109
Cuadro No. 18	Matriz RACI del proyecto	113
Cuadro No. 19	Plan de contingencia del proyecto.....	115
Cuadro No. 20	Plan de implementación del proyecto	116
Cuadro No. 21	KPIs del almacén de MP	119

1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades de la organización

1.1.1 Antecedentes históricos

En la década de 1950 inicia el desarrollo de la Industria Farmacéutica en Costa Rica, con un número reducido de fábricas, entre estas el Laboratorio Central Juan Bta. Ortiz e Hijos Ltda. Sucs. (LabCen) fundado en 1953.

En los laboratorios farmacéuticos se pueden producir diferentes tipos de productos, ya sea cosméticos, medicamentos, productos para higiene, productos naturales, entre otros y la reglamentación y vigilancia sanitaria varían según esas categorías. Durante los primeros 30 años la actividad principal de LabCen se centró en la producción de cosméticos y algunos medicamentos básicos para comercializarse en el territorio nacional, teniendo como producto principal la primera versión de la Crema ALBA® reconocida por su eficacia en el tratamiento de la pañalitis. Posteriormente, en el marco de cambio de gerencia en 1980 se construye la planta en Granadilla de Curridabat para lograr abastecer la demanda del mercado que en ese momento se limitaba a la venta a detalle a las farmacias de todo el país.

El Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y Estados Unidos, generó un cambio significativo para los productores de medicamentos en Costa Rica pues permitió el establecimiento de empresas farmacéuticas multinacionales con la capacidad para producir un amplio portafolio de medicamentos a menor costo. En tales circunstancias esta empresa diseña un plan estratégico de modernización y enfoque hacia un nuevo público meta, desarrollando las marcas Alba Pediatric®, Alba Materna® y Alba Babys® para la salud materno-infantil. La adopción de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) bajo la norma ISO 9001:2015 marcaron un hito en la competitividad. Dado lo anterior, en 2009 se concreta un acuerdo comercial para fabricar productos para la marca Walmart Centroamérica. El fortaleciendo de la compañía y el aumento en la demanda generó la ampliación de la planta construida en los 80's y la duplicación del personal en octubre de 2020.

Actualmente la Junta Directiva tiene como objetivo dejar de ser una PYME, diversificando el portafolio de productos y aumentando la cobertura de mercado. Los medicamentos se pueden comercializar en el Mercado Privado vendiendo a las Droguerías que distribuyen los productos en las Farmacias y en el Mercado Institucional vendiendo al Estado costarricense (CCSS, INS, etc.), donde LabCen desea fortalecer su presencia pues representa mayor volumen de ventas e ingresos económicos aprovechándose de la experticia en la materia.

El RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC, señala: Artículo 5 “Definiciones”.

5.45 “Laboratorio fabricante: entidad autorizada con instalaciones diseñadas, para realizar todas las operaciones que involucren la fabricación de productos farmacéuticos”

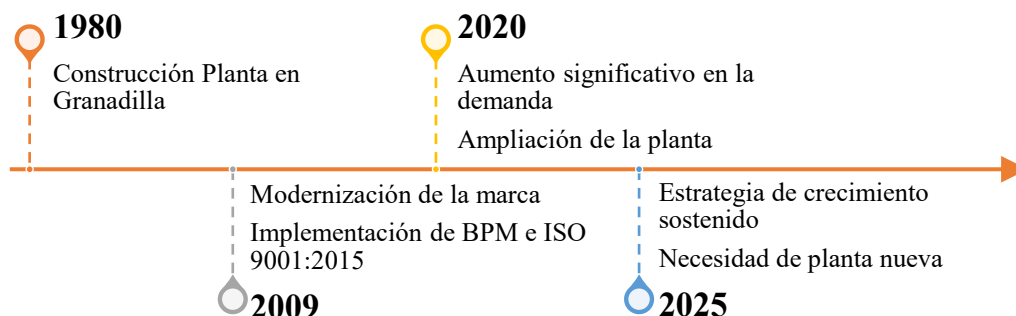
Asimismo, esta norma, señala: Artículo 8 (**Anexo 1**). “Edificios e instalaciones”

“8.1 Ubicación, diseño y características de la construcción

8.1.1 De las generalidades. Las instalaciones deben diseñarse, construirse, remodelarse y mantenerse de forma conveniente a las operaciones que deben realizarse. Su disposición y diseño deben tender a minimizar el riesgo de errores y a permitir limpieza y mantenimiento efectivo para evitar la contaminación cruzada, la acumulación de polvo o suciedad y, en general, cualquier efecto negativo sobre la calidad de los productos.” (Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO), 2014)

La acción principal para garantizar el crecimiento planteado por los directivos es la construcción de una planta con diseño técnico científico y alta tecnología, que cumpla con los requerimientos del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC para que obtenga conformidad de operación como Laboratorio Farmacéutico mediante el certificado de BPM (Ver Siglas y abreviaturas de este documento en el **Apéndice A**).

Este proceso evolutivo puede visualizarse en la figura siguiente.



Fuente: Elaborado con base a memoria histórica de la familia Ortiz.

Figura No. 1 Línea de tiempo de LabCen

1.1.2 Número de empleados

Actualmente en LabCen laboran **23 personas**, algunas de estas desempeñan varios puestos, basados en su función principal están distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro No. 1 Distribución de colaboradores por género y área

Área de trabajo	Mujeres	Hombres	Total	% de la población
Gerencia General	0	1	1	4%
Gestión de Calidad	4	0	4	17%
Producción	8	0	8	35%
Contable y Proveeduría	1	0	1	4%
Facturación	2	0	2	9%
Reparto	0	1	1	4%
Publicidad y Mercadeo	1	3	4	17%
Mantenimiento	0	1	1	4%
Investigación y desarrollo	1	0	1	4%
Total	17	6	23	100%

Fuente: Recursos Humanos LabCen.

Al tratarse de una industria de manufactura la mayor parte del recurso se centra en la operación, con un 35% del personal dedicado a la producción. Debido a la alta regulación y exigencia que implica la fabricación de medicamentos un 17% del talento humano está

enfocado en la calidad del producto y brindar soporte a la estructura, además se cuenta con un 27% de personal administrativo y de servicio.

Por otra parte, en relación con la estrategia de crecimiento sostenido y ampliación de mercado un 4% de la organización está destinado al desarrollo de nuevos productos y un 17% conforma el cuerpo de ventas y mercadeo.

1.1.3 Tipos de productos

Actualmente el Laboratorio tiene un portafolio de productos bajo las marcas LabCen, Alba Pediatric®, Alba Materna® y Alba Babys®, que se agrupan según las definiciones de la normativa sanitaria por tipo de producto:

a. Cosmético:

Productos de libre venta destinados a limpiar, perfumar o modificar el aspecto de los dientes o una parte superficial del cuerpo humano.

b. Medicamento:

Son productos que se comercializan a través de las Droguerías o distribuidoras para la venta final al público para diagnosticar, tratar, prevenir alguna enfermedad o sus síntomas.

c. Producto natural (medicamento natural):

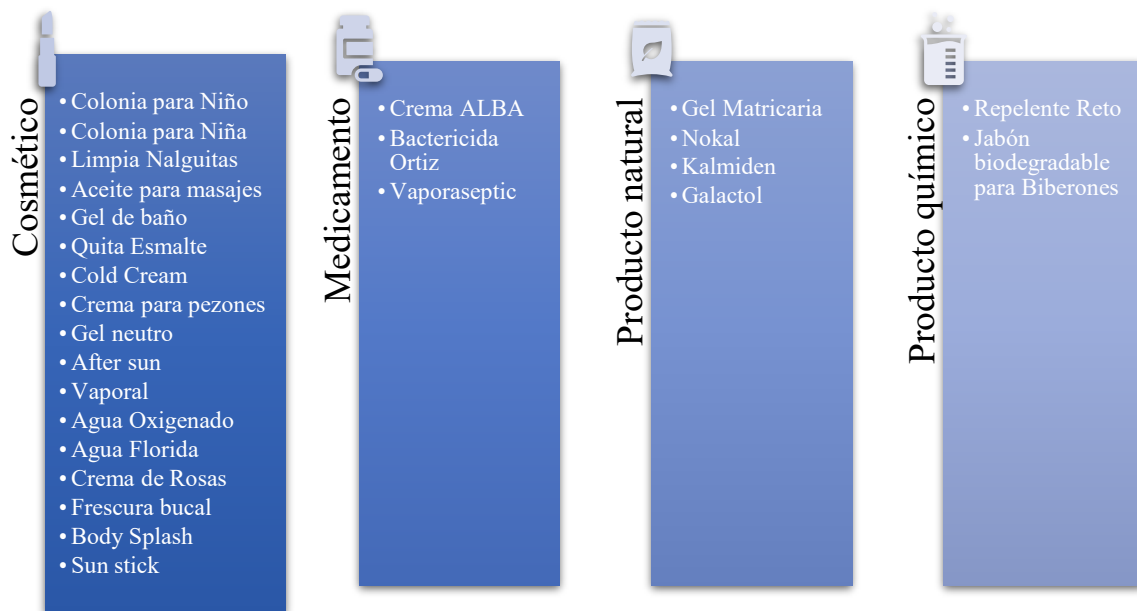
Son productos con acciones medicinales que en su fórmula contienen como ingrediente activo una sustancia obtenida de las plantas, animales, minerales o mezclas de éstos. Su comercialización es de libre venta.

d. Producto químico:

Son todos los productos utilizados por las personas con diferentes propósitos, que contienen algún ingrediente tóxico, combustible, comburente, inflamable, irritante, corrosivo, u otro declarado como tal por el Ministerio de Salud de Costa Rica y aquellos que clasifiquen en algún peligro físico, para la salud y el medio ambiente,

de acuerdo con los criterios establecidos en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA).

En la figura a continuación se detallan los productos que actualmente tiene registrado y comercializa LabCen:



Fuente: ERP LabCen.

Figura No. 2 Tipos de productos de LabCen

Una de las metas de la nueva estrategia que incluye el diseño de planta es el Mercado Institucional del país, que proporciona fichas técnicas con las descripciones de los productos específicos que desea comprar, por ende, el portafolio de LabCen debe crecer en función de esta demanda. Además, debe trabajarse arduamente en Investigación y Desarrollo para registrar productos innovadores que sean competitivos en el medio local y por supuesto en el exterior.

1.1.4 Mercados

El mercado farmacéutico costarricense se divide fundamentalmente en dos canales principales: privado e institucional. El primero representa más de la mitad del mercado total de medicamentos e incluye la venta directa al público a través de droguerías y farmacias (tanto cadenas como independientes), con una dinámica caracterizada por una alta concentración en pocos operadores (GFI, CEFA y COFASA) que controlan alrededor del 60% de la distribución mayorista de medicamentos. Este segmento atiende a consumidores directos y a consultorios médicos privados.

Por otro lado, el mercado institucional está dominado por la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), Hospitales que gestionan sus compras directamente y el Instituto Nacional de Seguros (INS) que abastece al Hospital de Trauma principalmente. La adjudicación de licitaciones a estas instituciones genera contratos de hasta 2 años, algunos prorrogables por un periodo más, lo cual permite contar con ingresos fijos durante este tiempo. Sin embargo, estos acuerdos implican compromisos de pago de indemnizaciones en caso de fallas a calidad o retrasos en las entregas, lo cual genera alta presión en el cumplimiento de las condiciones pactadas.

1.1.5 Estructura organizacional

El organigrama de LabCen responde a un modelo jerárquico funcional que refleja tanto la distribución formal de responsabilidades como la realidad operativa de una empresa de tamaño reducido, donde los colaboradores asumen múltiples funciones en distintos niveles. En la cúspide se ubica tanto la Gerencia General, responsable de la dirección estratégica, como la Regencia-Gestión de Calidad encargada del cumplimiento normativo. Ambos, en conjunto, definen de los lineamientos para alcanzar los objetivos de crecimiento sostenido.

De estas direcciones se desprenden las áreas operativas, entre las que destacan:

a. Departamento contable:

Integrado por contabilidad, crédito y cobro que controlan los recursos económicos y de gestión interna.

b. Publicidad y Mercadeo:

Lidera las actividades de ventas, mercadeo y servicio al cliente; además de facturación y el reparto de productos.

c. Gerencia de Producción:

Encargada de la proveeduría para el abastecimiento de materiales e insumos, producción, almacenamiento y mantenimiento de instalaciones y equipo.

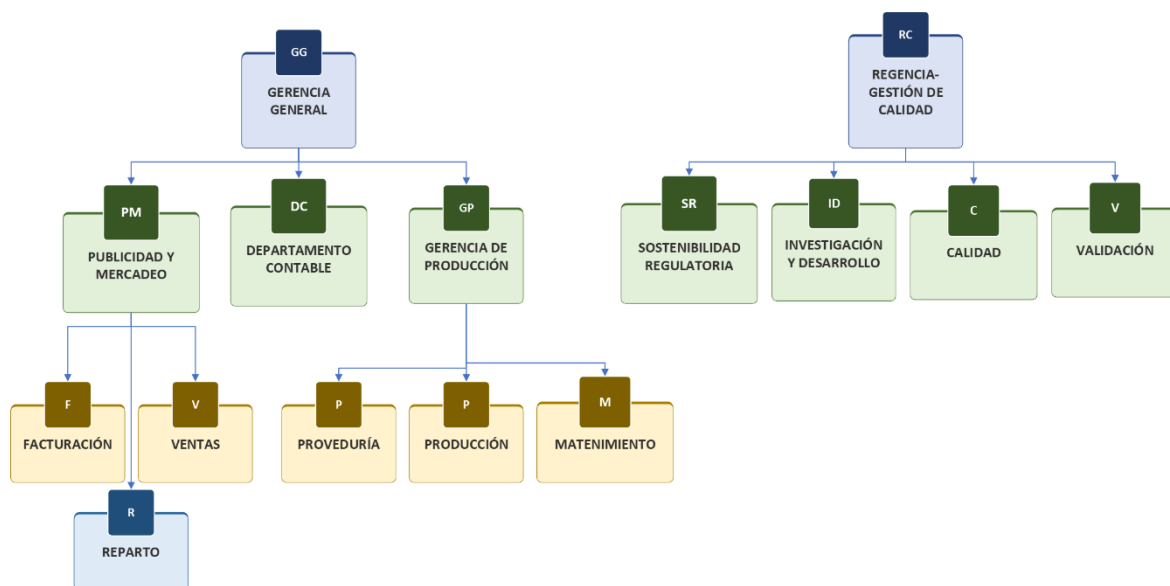
d. Calidad:

Administra el sistema de gestión de calidad y realiza controles para asegurar la calidad de los productos.

e. Sostenibilidad Regulatoria, Validación e Investigación y Desarrollo:

Ejecutan actividades estratégicas para la continuidad del negocio.

Este modelo garantiza la alineación entre la estrategia corporativa y la operación diaria, permitiendo mantener la trazabilidad, la flexibilidad y la mejora continua en un entorno altamente regulado como el farmacéutico. El organigrama oficial se presenta en la **Figura No. 3**, donde se ilustran las relaciones jerárquicas y la interdependencia entre las diferentes áreas de la empresa.



Fuente: Recursos Humanos, LabCen.

Figura No. 3 Organigrama de LabCen

1.1.6 Misión, Visión y Valores

a. Misión:

“Queremos ser una organización líder en el desarrollo y fabricación de productos farmacéuticos innovadores y alternativos, para ser comercializados a nivel internacional, orientados a los bebés y las madres en estado de Pre y Post parto, promoviendo el uso de plantas naturales”. Fuente: Recursos Humanos LabCen

b. Visión:

“Ser una empresa farmacéutica, al servicio de la Población Regional, ofreciendo productos de calidad Internacional, alternativos y altamente innovadores, comprometidos con la protección del medio ambiente y responsabilidad social”.

Fuente: Recursos Humanos LabCen

c. Valores:

- Estilo de vida:

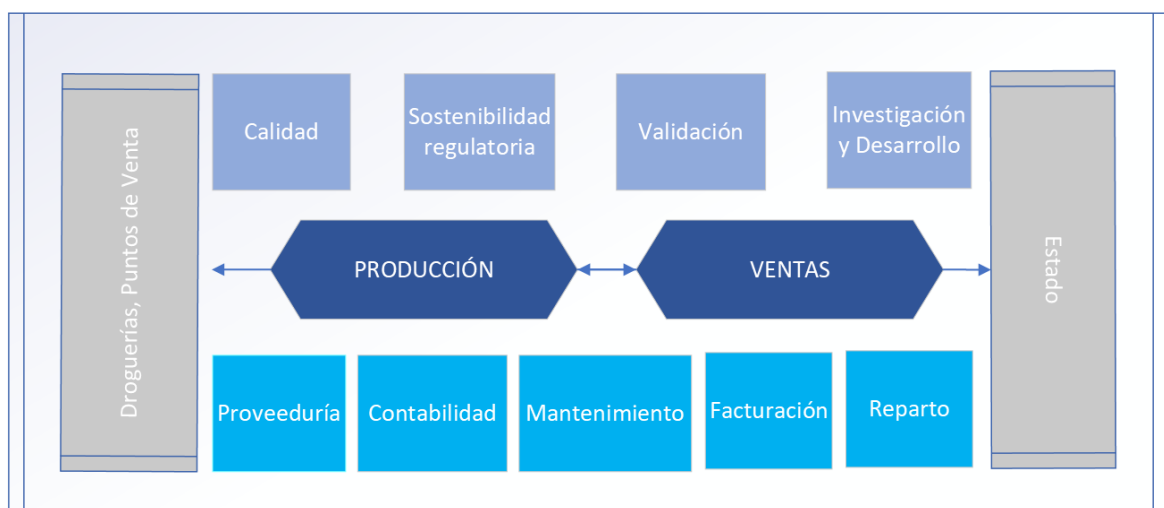
“Incorporamos como línea de vida la Innovación y la Calidad en todo cuanto hacemos en la empresa y en nuestro trabajo”.

- **Honestidad y Respeto:**
 “Actuamos con profesionalidad, honestidad e integridad moral, en la relación con clientes, accionistas, socios y compañeros, y personas en general. Valoramos a todas las personas por lo que son y cuidamos todos los bienes ajenos que se encuentran a nuestro alrededor”.
- **Cumplimiento:**
 “Velamos por el cumplimiento de un buen servicio a nuestros clientes, de las Buenas Prácticas de Manufactura, políticas de seguridad y salud, como del ambiente”.
- **Compromiso con la Salud y Seguridad:**
 “Asegurar las oportunidades a través del entusiasmo y la inspiración el desarrollo de nuestros colaboradores, en el ámbito laboral y personal, y basadas en el mérito y el aporte profesional”.
- **Responsabilidad Social y ambiental:**
 “Promovemos la conciencia social y ambiental de nuestros colaboradores para generar una transformación integral en todos los ámbitos y llegar hasta sus familias”.
- **Mejora continua:**
 “Promovemos el análisis continuo en nuestros procesos, para generar una cultura preventiva en la organización en donde se implemente la mejora continua. Generamos espacios para puedan aportar sus ideas y se visualicen e integren a la gestión de innovación”.

1.2 Descripción del proceso productivo

El proceso productivo de LabCen se estructura a partir de un mapa de procesos integrados que permite visualizar la interacción entre actividades estratégicas, operativas y de apoyo, en función de los dos canales de comercialización principales: el mercado privado (droguerías y puntos de venta) y el mercado institucional (Estado).

En el núcleo operativo se ubican los procesos de Producción y Ventas, considerados la cadena de valor central de la organización. Los procesos estratégicos incluyen Calidad, Sostenibilidad Regulatoria, Validación e Investigación y Desarrollo. Estos garantizan el cumplimiento normativo, la certificación bajo ISO 9001:2015, la incorporación de nuevos productos al portafolio y la continuidad del negocio en un entorno altamente competitivo y regulado. Por último, los procesos de apoyo proporcionan los recursos y servicios necesarios para que la operación central se ejecute de manera eficiente. Ver la cadena de valor descrita en la figura siguiente:



Nota: Elaboración propia.

Figura No. 4 Mapa de procesos de LabCen

1.2.1 Procesos estratégicos

a. Calidad:

Encabezado por la Regente, asegura el cumplimiento del marco normativo y de las BPM; gestiona el sistema documental, libera lotes y promueve la mejora continua del SGC.

b. Sostenibilidad regulatoria:

Mantiene la vigencia de registros y permisos, coordina inspecciones con autoridades, gestiona cambios regulatorios y la vigilancia post comercialización.

c. Validación:

Demuestra la capacidad y consistencia del proceso productivo y de los métodos analíticos; califica equipos e instalaciones y gestiona revalidaciones.

d. Investigación y desarrollo (I+D):

Desarrolla y mejora formulaciones, transfiere tecnología a planta y apoya la expansión del portafolio conforme a oportunidades de mercado.

1.2.2 Procesos misionales

a. Producción:

Integra el abastecimiento interno de materiales, la fabricación bajo controles en proceso, el acondicionado y empaque, el almacenamiento intermedio, la liberación y la distribución del producto terminado, garantizando trazabilidad y continuidad operativa.

b. Ventas:

Gestiona la colocación de productos en mercado privado (droguerías y puntos de venta) y mercado institucional (Estado), incluyendo la preparación de expedientes, requisitos técnicos y coordinación con facturación y despacho para asegurar el servicio al cliente.

1.2.3 Procesos de apoyo

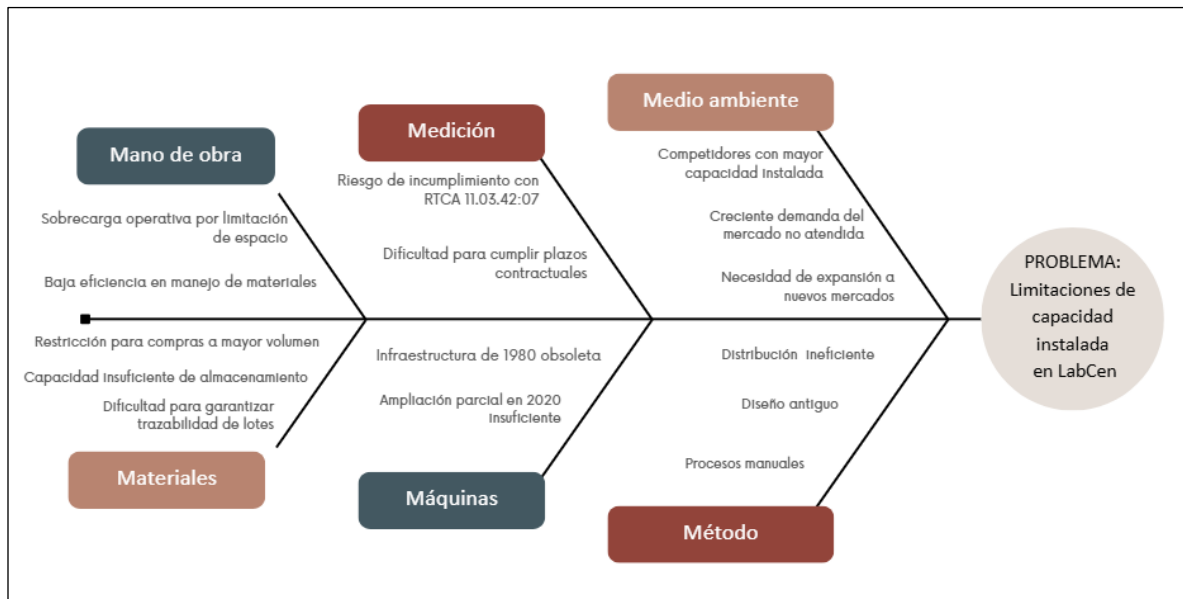
Se cuenta con los siguientes procesos de apoyo que proporcionan los recursos, servicios y condiciones necesarias para que los procesos misionales se desarrollen con eficacia:

- Proveeduría
- Contabilidad
- Mantenimiento
- Facturación
- Reparto

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Definición del problema

La capacidad instalada de la planta de LabCen es insuficiente para cumplir las expectativas de la Junta Directiva y presenta diversos problemas que se pueden visualizar en la figura siguiente:



Nota: Elaboración propia.

Figura No. 5 Ishikawa capacidad instalada LabCen

La infraestructura fue construida en la década de 1980 y ampliada parcialmente en 2020, presenta limitaciones significativas en capacidad instalada y distribución de espacios, lo que restringe el cumplimiento pleno de los estándares regulatorios y dificulta atender la creciente demanda del mercado. La planta carece de áreas adecuadas para el almacenamiento de materia prima lo que limita la posibilidad de compras a mayor volumen y el crecimiento proyectado a 5 años.

Estas condiciones generan cuellos de botella operativos y regulatorios, con riesgo de incumplir plazos contractuales en el mercado institucional, restringiendo la expansión hacia nuevos productos y mercados. De mantenerse este escenario, la empresa enfrentaría pérdida

de competitividad frente a empresas con mayor capacidad instalada, así como limitaciones para consolidar alianzas comerciales estratégicas en la región centroamericana.

1.4 Justificación del proyecto

Es importante señalar que es indispensable el Cumplimiento regulatorio, por lo que la nueva planta deberá ajustarse a lo establecido en el RTCA 11.03.42:07 y en las BPM, garantizando la certificación de operación y descartando el riesgo de sanciones.



Nota: Elaboración propia.

Figura No. 6 Factores de impacto del proyecto

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de almacén de materias primas para las nuevas instalaciones productivas de LabCen, que cumpla con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC y asegure la capacidad requerida para atender el crecimiento proyectado a 5 años.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a.** Analizar los procesos actuales de almacenamiento de materia prima de LabCen, identificando entradas, salidas, recursos y limitaciones de capacidad instalada.
- b.** Evaluar la demanda proyectada por la empresa para los próximos 5 años y las brechas existentes frente a los requerimientos técnicos y regulatorios.
- c.** Diseñar un modelo de almacén de materia prima eficiente, que contemple elementos para salvaguardar la seguridad humana y automatización con alta tecnología acorde con las necesidades competitivas del mercado.
- d.** Validar el modelo propuesto mediante simulación en FlexSim, evaluando su desempeño en términos de eficiencia, cumplimiento regulatorio y capacidad de respuesta al crecimiento proyectado.
- e.** Proponer un plan de implementación por fases que sea aplicable el diseño de las áreas productivas restantes y la posterior puesta en marcha del modelo de almacén, considerando recursos, tiempos y riesgos asociados.

1.6 Alcance y Limitaciones

1.6.1 Alcance

- a.** Este proyecto tendrá alcance en el diseño de las instalaciones del área de almacén de materia prima de LabCen.
- b.** Atenderá las brechas identificadas en capacidad instalada de almacenamiento de materia prima y cumplimiento normativo establecidas en el RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC, mediante una propuesta de distribución esta área para las nuevas instalaciones productivas.

1.6.2 Limitaciones

- a.** El proyecto se limita al diseño y validación conceptual del modelo de almacén de materias primas, abarcando la distribución, flujos operativos y cumplimiento regulatorio conforme al RTCA 11.03.42:07 y las Buenas Prácticas de Manufactura. No incluye planos constructivos ni ejecución física de obra.

- b.** La simulación computacional se restringe al modelo del almacén de materia prima, utilizando FlexSim para evaluar su capacidad, sin extenderse a los procesos productivos o logísticos externos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

REVISIÓN DE LITERATURA

Analizar la capacidad instalada de un almacén de materias primas, su diseño, distribución y validación mediante herramientas de simulación, requiere primero comprender la industria farmacéutica en Costa Rica en la que se inserta el proyecto, sus particularidades regulatorias y sus exigencias operativas. Para ello es necesario revisar los principales constructos teóricos que la sustentan, desde la proyección de la demanda y la capacidad de almacenamiento, hasta el modelado de áreas, la simulación de procesos y los planes de implementación. Este marco teórico permite establecer los fundamentos conceptuales que orientan la propuesta, garantizando que el modelo planteado responda a los requerimientos técnicos, normativos y estratégicos de la organización.

2.1 Generalidades de la industria farmacéutica

La industria farmacéutica costarricense constituye un sector estratégico para la salud pública y la economía nacional, caracterizado por un mercado compuesto por laboratorios, droguerías y farmacias. Este mercado alcanza un valor cercano a los mil millones de dólares anuales, dividido en dos segmentos principales: el privado, dominado por la venta en farmacias y distribuidores, y el institucional, liderado por la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) y el Instituto Nacional de Seguros (INS) (Estudio del sector farmacéutico en Costa Rica, 2023)

De los más de 6.000 productos farmacéuticos registrados en el país, alrededor de 1.400 se producen localmente, lo que refleja tanto la importancia de la manufactura nacional como la fuerte dependencia de importaciones (Fabricación de farmacéuticos en Costa Rica, 2023). Este balance representa un reto para laboratorios nacionales como LabCen, que deben invertir en investigación y desarrollo para competir con las multinacionales presentes en el país y aprovechar oportunidades en el mercado institucional del país.

Un aspecto crítico que enfrenta el sector es el alto precio de los medicamentos, ya que Costa Rica presenta algunos de los costos más elevados de Centroamérica. Aunque los medicamentos genéricos fabricados a nivel local pueden costar entre un 30% y un 40%

menos que los productos innovadores importados, la concentración de la distribución en pocas empresas, los altos precios de entrada al país y los costos asociados a patentes y materias primas influyen directamente en el acceso de la población a tratamientos (Industria farmacéutica nacional: Se requiere más que “voluntad política”..., 2023). Esta situación refuerza la importancia de una industria nacional robusta, que permita ofrecer alternativas de calidad a precios competitivos en las licitaciones estatales y con una mayor estabilidad en el abastecimiento.

El entorno regulatorio es determinante en la operación de la industria. La CCSS, como principal comprador institucional, concentra la mayor demanda mediante procesos de licitación pública, lo que obliga a las empresas a garantizar altos estándares de calidad, cumplimiento regulatorio y capacidad de respuesta (Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), 2023). Esto se vincula directamente con la necesidad de ampliar y modernizar la capacidad instalada de los almacenes de materias primas, dado que el incumplimiento en tiempos de entrega o en requisitos de calidad puede derivar en sanciones contractuales.

Por otro lado, estudios recientes muestran que la industria farmacéutica en Costa Rica se consolida como un destino atractivo para la inversión extranjera, principalmente en zonas francas, gracias a factores como la disponibilidad de mano de obra calificada, el marco institucional estable y la cercanía con mercados internacionales (Revista Summa, 2022). Estos elementos contribuyen a un entorno competitivo donde los laboratorios nacionales deben fortalecer sus capacidades logísticas y productivas para asegurar su permanencia en el mercado.

En el ámbito operativo, la aplicación de metodologías de gestión de riesgos como el Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA) en empresas farmacéuticas locales ha permitido estandarizar procesos y reducir la probabilidad de fallas críticas en la producción y almacenamiento (Mora-Román, Ortiz-Ureña, & Vargas-Monge, 2021). Estos enfoques refuerzan la importancia de contar con almacenes diseñados bajo lineamientos técnicos y normativos, como los establecidos en el RTCA 11.03.42:07, para garantizar la calidad del producto y la seguridad del personal.

En conjunto, estas características de la industria farmacéutica en Costa Rica justifican la necesidad de proyectos como este, orientado a diseñar un modelo de almacén de materias primas que permita a LabCen incrementar su capacidad instalada, cumplir con la normativa vigente y responder al crecimiento de la demanda tanto en el mercado privado como en el institucional.

2.2 Bases teóricas del marco metodológico del proyecto

2.2.1 Pronóstico

El pronóstico o forecasting constituye una de las funciones críticas en la gestión de operaciones, pues permite para estimar valores futuros de variables como la demanda, la capacidad o el inventario a partir de información histórica y métodos analíticos. Su objetivo es reducir la incertidumbre y apoyar la toma de decisiones estratégicas en planificación de producción, compras y asignación de recursos (Iravani, 2021).

En resumen, el forecasting es la aplicación de la distribución de probabilidad de ocurrencia y otros métodos para proyectar una variable en un horizonte definido (Iravani, 2021).

a. Principios del forecasting:

La literatura señala principios fundamentales que orientan el uso de modelos de pronóstico. En primer lugar, todo pronóstico está sujeto a error, por lo que es necesario incluir medidas de precisión como el MAPE, MAD o RMSE para evaluar su confiabilidad. En segundo lugar, los pronósticos de corto plazo tienden a ser más precisos que los de largo plazo, ya que la probabilidad de cambios en las condiciones del entorno aumenta con el tiempo. Finalmente, los pronósticos agregados (familias de productos) presentan menor variabilidad que los pronósticos a nivel individual, lo que los hace más estables y útiles para la planificación estratégica (Iravani, 2021).

b. Modelos de forecasting:

Los modelos de pronóstico se clasifican en cualitativos y cuantitativos. Entre los cualitativos, útiles cuando se carece de datos históricos o cuando los factores externos predominan, se encuentran el método Delphi, el juicio de expertos y la analogía de

ciclo de vida. Estos modelos se emplean, por ejemplo, en la introducción de nuevos productos o en la planificación de mercados regulados como el institucional (Iravani, 2021).

En cuanto a los modelos cuantitativos, la categoría más utilizada son las series de tiempo, que proyectan patrones históricos de tendencia, estacionalidad y ciclos. Dentro de estas, el modelo de Holt o doble suavizamiento exponencial permite capturar tanto el nivel como la tasa de crecimiento, resultando adecuado para escenarios de expansión progresiva como la incursión en exportaciones. Otros modelos relevantes son los cíclicos, que explican patrones periódicos asociados a fenómenos no estrictamente estacionales, como es el caso de las licitaciones bianuales (Orozco-Crespo, Sablón-Cossío, Barrezueta-Arias, & Sánchez-Galván, 2020).

Estos modelos, combinados con indicadores como el MAPE, RMSE y MAD, permiten evaluar la precisión del pronóstico y anticipar decisiones de compra o almacenamiento (Chackelson, Santos, & Errasti, 2013).

2.2.2 Demanda

La proyección de la demanda constituye el punto de partida para la planificación de la capacidad y el diseño de instalaciones requeridas por la Junta directiva, ya que “el principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es determinar y medir cuáles son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto de un bien o servicio, así como establecer la posibilidad de participación del producto proyectado en la satisfacción de dicha demanda.” (Baca Urbina, 2022).

La demanda, también llamada consumo nacional aparente se determina mediante la ecuación:

$$\text{Demanda} = \text{producción nacional} + \text{importaciones} - \text{exportaciones}.$$

Siendo el mercado meta principal el Estado costarricense, el tipo de demanda asociado según lo describe Baca (2022) es Satisfecha no saturada de bienes social y nacionalmente necesarios

cíclica o estacional; ya que se trata de medicamentos para uso en la Seguridad Social con cantidades definidas por periodos (pp.31-32).

Además, otra definición de ese término que es atinente al proyecto es la demanda por obsolescencia, o por capacidad insuficiente de las instalaciones para almacenamiento de la materia prima requerida para suplir a los procesos productivos del laboratorio, y es en ella que nos concentramos.

La empresa por su trayectoria en el mercado ya conoce las cantidades y los periodos de apertura de los concursos de licitación para la cartera de productos que están en desarrollo para el mercado institucional, y para el sector privado el objetivo es suplir la demanda insatisfecha por falta de capacidad actual. Por tanto, se conoce la demanda esperada y es posible anticipar los volúmenes futuros de requerimiento de materias primas, lo que permite dimensionar adecuadamente el espacio de almacenamiento.

2.2.3 Almacenes: gestión, modelado y diseño

La gestión de almacenes ha evolucionado en los últimos años como respuesta al crecimiento de cadenas de suministro más complejas y dinámicas.

El diseño eficiente de estas instalaciones permite reducir costos operativos y mejorar la precisión en las operaciones de preparación de pedidos (Johnson, Designing warehouses for efficiency, 2013).

Además, los almacenes no solo cumplen una función de resguardo de materiales, sino que actúan como nodos estratégicos que regulan los flujos de entrada y salida de mercancías en la organización (Faveto, Traini, Bruno, & Chiabert, 2024).

a. Enterprise Resource Planning (ERP):

El ERP es un sistema de software que integra los procesos clave de una organización en una única base de datos compartida, eliminando duplicidades y mejorando la coherencia de la información. Su estructura modular conecta áreas como

manufactura, finanzas, ventas y recursos humanos, permitiendo que las transacciones y reportes se actualicen en tiempo real (Jacobs F. R., 2024)

En el ámbito de la manufactura, el ERP soporta funciones como el plan maestro de producción (MPS), la planeación de requerimientos de materiales (MRP), el control de inventarios y la gestión de órdenes de compra, integrando datos de toda la cadena de suministro. Además, los ERP no solo registran transacciones, sino que proveen métricas e informes que facilitan la toma de decisiones estratégicas y mejoran la eficiencia operativa (Jacobs F. R., 2024)

En síntesis, el ERP constituye una plataforma estratégica para la competitividad de las empresas manufactureras, alinear la planeación productiva con las áreas logísticas y financieras, y responder de manera ágil a las demandas del mercado.

b. Modelado de áreas:

El modelado de áreas se centra en representar gráficamente y mediante software los flujos de materiales, relaciones de cercanía y seguridad. El modelado conceptual asistido por computadora facilita la construcción de esquemas multidimensionales para la posterior simulación del sistema (Gómez-Beltrán, Moreno-Rodríguez, & Pérez-Vázquez, 2014).

Además, la aplicación de metodologías como SLP permite estructurar layouts bajo criterios de ergonomía, eficiencia y cumplimiento normativo, generando distribuciones más seguras y competitivas (Orozco-Crespo, Sablón-Cossío, Barrezueta-Arias, & Sánchez-Galván, 2020).

c. Diseño de almacenes:

El diseño de instalaciones industriales en el sector farmacéutico depende de múltiples factores: regulaciones nacionales, normativas internacionales, tipo de producto, demanda proyectada y capital disponible. En Costa Rica, las plantas modernas incorporan sistemas de automatización y control (PLC, SCADA), distribución

eléctrica (transformadores, tableros, acometidas), seguridad y protección (interruptores, sistemas contra incendios), instrumentación (sensores de presión, temperatura, consumo energético), y sistemas de procesos (tuberías de acero inoxidable, bombas, válvulas y tanques). Asimismo, incluyen sistemas de refrigeración y climatización, detectores de gases, y componentes orientados a la eficiencia energética como sistemas fotovoltaicos e iluminación inteligente, alineados con estándares nacionales (INTECO) e internacionales de calidad y sostenibilidad (Faveto, Traini, Bruno, & Chiabert, 2024).

La tendencia global muestra que, aunque no existen guías universales para el diseño de almacenes farmacéuticos, la adopción de soluciones de automatización, monitoreo en tiempo real y criterios de eficiencia energética han sido determinantes para elevar la competitividad y reducir riesgos operativos (Johnson, Designing warehouses for efficiency, 2013); (Medan & Seserman, 2023).

2.2.4 Capacidad instalada de almacenes

Al plantear un proyecto para elevar la capacidad instalada, entendida como el nivel máximo de operación sostenible según las limitaciones de espacio, recursos y tecnología; es esencial considerar tres aspectos clave: preservar el equilibrio del sistema, definir adecuadamente la frecuencia de los ajustes de capacidad y valorar el uso de capacidad externa (Jacobs F. , 2022).

El diseño de todas las áreas productivas del laboratorio se realizará por etapas, con el objetivo de mantener el equilibrio entre operaciones productivas y reducir el costo de oportunidad al no detener las actividades al mismo tiempo; el uso de capacidad externa se mantiene como una alternativa de contingencia en caso de ser requerido.

Estudios recientes evidencian que la determinación de esta capacidad requiere integrar indicadores de espacio, tiempos de proceso y utilización de equipos, con el fin de prevenir cuellos de botella (Faveto, Traini, Bruno, & Chiabert, 2024).

Asimismo, la planeación sistemática de la distribución (SLP) ha mostrado resultados positivos en la reducción de recorridos y la mejora de la productividad en almacenes industriales (Torres Soto, Flórez Peña, Sánchez, & Castañeda, 2020).

En el diseño de nuevas instalaciones es fundamental determinar la capacidad en función de variables como la superficie disponible, el volumen de materiales a almacenar y la rotación de inventario. Los indicadores más relevantes incluyen el porcentaje de ocupación, la densidad de almacenamiento y la utilización del espacio. Una correcta definición de la capacidad instalada permite prever cuellos de botella y planificar expansiones acordes con la demanda proyectada, garantizando que el almacén cumpla tanto con las necesidades operativas como con las exigencias regulatorias.

2.2.5 Consideraciones normativas

El Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11.03.42:07 establece que las instalaciones deben diseñarse, construirse y mantenerse de forma que minimicen los riesgos de errores, permitan limpieza efectiva y eviten la contaminación cruzada, polvo o acumulación de suciedad (Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO), 2014). Este reglamento aplica directamente al diseño de plantas y almacenes de uso farmacéutico en Centroamérica.

También, la normativa enfatiza en la protección del personal. Es obligatorio que los operarios cuenten con uniformes adecuados, gorros, mascarillas, guantes y calzado de seguridad. El diseño arquitectónico y constructivo debe complementar estas disposiciones, asegurando tanto la seguridad ocupacional como la integridad del producto (Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO), 2014)

Por lo tanto, cualquier proyecto de construcción de un nuevo almacén farmacéutico debe considerar estos lineamientos regulatorios, integrando componentes tecnológicos modernos y garantizando condiciones de seguridad para trabajadores y procesos.

2.2.6 Simulación del diseño

La simulación discreta se ha consolidado como una herramienta clave para evaluar alternativas de diseño y medir el impacto de cambios en los procesos logísticos.

FlexSim, por ejemplo, ha sido utilizado para representar el flujo de operaciones en almacenes, identificando tiempos de recepción, preparación de pedidos y utilización de recursos, lo que ha permitido reducir tiempos de ciclo y aumentar la productividad (Medan & Seserman, 2023).

La simulación también respalda la validación de escenarios de expansión o rediseño, disminuyendo la incertidumbre en la toma de decisiones (Chackelson, Santos, & Errasti, 2013).

2.2.7 Implementación del proyecto

El plan de implementación para el rediseño de un almacén requiere integrar la gestión de recursos, tiempos y riesgos, apoyándose en una planificación dinámica y respaldado por herramientas informáticas que permitan simular distintas combinaciones de actividades y recursos, representadas mediante gráficos de Gantt de actividades y de recursos (Pereña Brand, 2021).

Herramientas de gestión de proyectos como cronogramas y matrices de probabilidad e impacto permiten organizar fases y anticipar contingencias (Faveto, Traini, Bruno, & Chiabert, 2024).

Los indicadores clave de desempeño (KPIs) cumplen un papel esencial en esta etapa, ya que guían la ejecución y el seguimiento de resultados. Entre ellos destacan la rotación de inventario, el tiempo de ciclo, la utilización de recursos y los indicadores de sostenibilidad ambiental, social y económica, los cuales constituyen un marco integral para evaluar el éxito de la implementación (Faveto, Traini, Bruno, & Chiabert, 2024).

Además, el análisis de riesgos juega un papel central en esta etapa, utilizando metodologías como la matriz de probabilidad e impacto para identificar, evaluar y mitigar posibles desviaciones.

“En este sentido, la gestión del riesgo es una técnica que maneja los recursos disponibles en el proyecto para limitar la diferencia entre su EFD (estado final deseado) y su EFC (estado final conseguido). Si la diferencia supera un límite establecido, se materializa un riesgo de incumplimiento del objetivo.” (Munier & Fernández Diego, 2014).

2.3 Soporte teórico de las herramientas ingenieriles del proyecto

2.3.1 Metodología DMAIC

En este proyecto se recurre a metodologías consolidadas en la ingeniería industrial, particularmente DMAIC y DFSS. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), la metodología científica aplicada a la investigación permite estructurar los estudios en etapas de definición, medición y análisis que garantizan la validez y confiabilidad de los hallazgos. De forma complementaria, el Diseño para Six Sigma (DFSS) introduce un enfoque sistemático de creación o rediseño de procesos mediante el ciclo DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar), que resulta particularmente útil cuando se requiere construir capacidades nuevas desde cero o rediseñar instalaciones para alcanzar estándares regulatorios exigentes (Garro, 2018). La combinación de estas herramientas aporta un marco metodológico robusto, alineado con los objetivos de innovación y aseguramiento de la calidad en la industria farmacéutica.

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) constituye la columna vertebral de los proyectos de mejora continua en entornos industriales y de servicios. Su estructura sistemática permite abordar problemas complejos de calidad y productividad con un enfoque basado en datos. En el ámbito farmacéutico, esta metodología aporta rigor para caracterizar los procesos de almacenamiento y garantizar la confiabilidad de los resultados (Shankar, 2009). Estudios recientes destacan que la aplicación disciplinada del DMAIC contribuye a la reducción de la variabilidad y a la estandarización de los

procesos, lo cual se alinea con las exigencias regulatorias propias de la industria (Berardinelli, 2012).

2.3.2 Análisis estratégico

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una de las herramientas más utilizadas para la planeación estratégica y diagnóstica. Su propósito es identificar factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que influyen en el desempeño de la organización. Según Sánchez Huerta (Sánchez Huerta, 2020), el FODA permite no solo describir la situación actual de una empresa, sino también priorizar acciones estratégicas, ya que relaciona capacidades internas con las condiciones del entorno.

2.3.3 SIPOC

La herramienta SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) es esencial en la fase de definición de los procesos. Su empleo permite mapear de manera estructurada la relación entre proveedores, insumos, procesos, salidas y clientes internos, brindando una visión integral del sistema. Autores como (Alexander, 2024) destacan que su uso en proyectos de diseño para Six Sigma (DFSS) fortalece la claridad de los límites del proceso y facilita la comunicación entre los actores involucrados. De igual forma, investigaciones sobre integración del SIPOC con el Balanced Scorecard demuestran su valor para alinear indicadores estratégicos con la operación diaria (Cao, Clarke, & Lehaney, 2015).

2.3.4 Análisis de causa raíz

En la fase de análisis, las herramientas más comunes para identificar y validar las causas raíz de los problemas detectados son el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Ishikawa. El Pareto organiza problemas o defectos en orden de frecuencia o impacto, bajo el principio del vital poco y trivial mucho, lo que facilita centrar los esfuerzos de mejora en el 20% de las causas que explican la mayor parte de los efectos (Pyzdek, 2022). Por su parte, el Diagrama de Ishikawa, también llamado de causa y efecto o espina de pescado, permite representar gráficamente las categorías de posibles causas (hombre, máquina, método, material y

entorno) y profundizar en ellas mediante la técnica de los “5 porqués”, hasta identificar los factores que originan los problemas (Marquez, 2020).

2.3.5 Gemba

La caminata Gemba se origina como parte de la filosofía de calidad de Toyota y consiste en que los líderes visiten el Gemba (el lugar donde se genera valor) para observar directamente los procesos, comprender problemas y aprender de la realidad operativa. Su objetivo no es fiscalizar, sino aprender y fomentar la mejora continua, fortaleciendo la comunicación con los trabajadores y detectando oportunidades de eliminación de desperdicios (Soliman, 2020)

Es una herramienta metodológica que permitirá caracterizar el almacén de materia prima y los procesos a partir de la observación directa, asegurando que la descripción se base en la práctica real y no solo en registros documentales.

2.3.6 Matriz RACI

La matriz RACI es una herramienta de gestión que facilita la definición y documentación de responsabilidades en torno a una actividad o tarea. En ella, cada acción se asocia con cuatro roles: el responsable de la ejecución (Responsible), el verificador (Accountable), quienes deben ser consultados por su experiencia (Consulted) y aquellos que requieren ser informados del progreso (Informed). Su uso es común en proyectos de ingeniería para asegurar coordinación y comunicación entre múltiples actores (Backer, 2019).

Sin embargo, la utilidad de esta herramienta trasciende el ámbito estrictamente de gestión de proyectos. La matriz RACI también puede aplicarse en el diseño y caracterización de procesos, ya que proporciona un marco para estandarizar funciones, fortalecer la comunicación y garantizar trazabilidad de responsabilidades. Este enfoque resulta especialmente valioso en sectores regulados como la industria farmacéutica, donde la claridad en la asignación de roles es esencial para cumplir con normativas y asegurar la calidad de los productos.

2.3.7 Check list

El checklist basado en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11.03.42:07 es un instrumento de verificación estructurado que permite evaluar el cumplimiento de requisitos normativos en los procesos productivos.

Su aplicación asegura que las operaciones cumplan con los estándares de calidad, higiene y trazabilidad exigidos por las autoridades sanitarias, convirtiéndose en una herramienta fundamental durante la fase Medir del DMAIC (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2011)

2.3.8 Herramientas estadísticas y de análisis de riesgos

Además del BSC y SIPOC, otras herramientas ingenieriles como el Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA) y el Diseño de Experimentos (DOE) resultan fundamentales en las fases de medición y análisis. Estas técnicas ayudan a identificar riesgos potenciales y validar hipótesis sobre los factores que impactan la variabilidad del sistema (Shankar, 2009)). Su uso en entornos farmacéuticos asegura un control proactivo de los procesos y fortalece la toma de decisiones basada en evidencia.

2.3.9 Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad tiene como propósito determinar el nivel de viabilidad de las diferentes propuestas de mejora, que permitirían su implementación dentro del proyecto de expansión de LabCen. El desarrollo de esta evaluación según las recomendaciones metodológicas de (Cleland & R.I., 2010) y (Garold, Spencer, & Lewis, 2022), permite obtener una propuesta técnicamente sólida, operacionalmente sostenible y financieramente equilibrada constituye la base para la ejecución exitosa de un proyecto de ingeniería.

2.3.10 Matriz esfuerzo impacto

Una herramienta de priorización propia de la fase Mejorar de la metodología DMAIC es la matriz esfuerzo-impacto. Este instrumento permite valorar de forma estructurada la relación entre el esfuerzo requerido para implementar cada solución (recursos, complejidad técnica, tiempo, inversión) y el impacto que genera en el cumplimiento de los objetivos estratégicos establecidos por la Junta directiva.

El uso de la matriz facilita la toma de decisiones basada en datos, ya que representa gráficamente las alternativas en cuatro cuadrantes, priorizando aquellas con alto impacto y bajo esfuerzo, que proporcionan el mayor beneficio con el menor consumo de recursos (Pyzdek, 2022).

2.3.11 Project Charter

El acta de constitución del proyecto (Project Charter) es el documento que autoriza formalmente el inicio de un proyecto, definiendo su propósito, objetivos, alcance, recursos disponibles, responsables y principales riesgos. Sirve como referencia base para el control del proyecto y facilita la comunicación entre los involucrados durante todo el ciclo DMAIC. Esta herramienta permite delimitar las responsabilidades y establecer una visión compartida sobre los resultados esperados desde la fase Definir (Pereña Brand, 2021).

2.3.12 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y control que permite representar gráficamente la secuencia y duración de las actividades de un proyecto. Facilita la identificación de dependencias entre tareas, la asignación de recursos y el seguimiento del avance respecto al cronograma establecido. Su uso en la fase Controlar permite monitorear el cumplimiento de los hitos del proyecto y evaluar desviaciones de manera oportuna (Pereña Brand, 2021).

2.3.13 Plan de contingencia

El plan de contingencia define las acciones y recursos necesarios para responder ante eventos imprevistos que puedan afectar el desarrollo del proyecto. Establece responsables, prioridades y procedimientos específicos para reducir el impacto de las desviaciones, asegurando la continuidad de las operaciones. Forma parte de la fase *Controlar*, al complementar las estrategias de gestión de riesgos (Kerzner, 2017).

2.3.14 Indicadores de desempeño y Balanced Scorecard

El Balanced Scorecard (BSC) se ha consolidado como una herramienta que traduce la estrategia en indicadores clave de desempeño, agrupados en dimensiones financieras, de

clientes, procesos internos y aprendizaje organizacional. En el contexto del proyecto, el uso de indicadores como tiempos de ciclo, capacidad utilizada y costos de operación permite evaluar objetivamente el impacto de las decisiones de rediseño (Cao, Clarke, & Lehaney, 2015). Su integración con herramientas propias de Six Sigma asegura que los resultados de la mejora continua puedan ser medidos y vinculados con los objetivos estratégicos de la organización.

2.3.15 Manual de usuario o procedimiento operativo estándar

El manual de usuario o procedimiento operativo estandarizado (POE o SOP en inglés) documenta las instrucciones, responsabilidades y pasos necesarios para ejecutar correctamente una operación o proceso. Su propósito es garantizar la uniformidad en las actividades, facilitar la capacitación del personal y reducir la variabilidad operativa. En el contexto del DMAIC, los POE se desarrollan en la fase Mejorar para formalizar los nuevos métodos, y su aplicación se refuerza en Controlar para asegurar la sostenibilidad de los resultados (Harrington, 2016).

2.3.16 Normas ISO y Six Sigma

El marco de referencia internacional que proporcionan las normas ISO y los principios de Six Sigma refuerzan la importancia de adoptar un lenguaje común y procedimientos estandarizados. Estas guías permiten integrar prácticas de gestión de calidad que favorecen la reducción de defectos y la alineación con estándares regulatorios globales (Johnson & Boulanger, ISO standards and Six Sigma: A combined framework for global quality management, 2012). Para proyectos de rediseño de almacenes de materias primas, su aplicación resulta clave, ya que facilita demostrar conformidad con normas de Buenas Prácticas de Manufactura y mantener la trazabilidad en cada etapa del proceso.

La integración de estas herramientas ingenieriles de la metodología DMAIC respaldan directamente los objetivos de este proyecto. En la fase de diagnóstico permiten caracterizar los procesos de almacenamiento y establecer una línea base. En el modelado y simulación, los indicadores estratégicos y las herramientas estadísticas ayudan a validar escenarios y reducir la incertidumbre. Finalmente, en la propuesta de implementación, la estandarización

mediante ISO y Six Sigma garantiza que los cambios respondan a criterios regulatorios y de sostenibilidad.

3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El desarrollo de este proyecto se guía por medio de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), siendo la que mejor se adapta pues permite trabajar sobre un proceso existente, como es el caso del almacén de materia prima, que requiere ser rediseñado para responder al aumento de la demanda y al cumplimiento normativo. Su enfoque ordenado facilita definir claramente el problema, medir la situación real con base en datos, analizar las causas que limitan la capacidad, proponer mejoras con herramientas como simulación en FlexSim, y finalmente establecer controles que aseguren la sostenibilidad de los cambios. De esta forma, DMAIC ofrece la estructura más adecuada para lograr un diagnóstico riguroso y una solución práctica alineada con las necesidades estratégicas de LabCen.

- Definir: Precisar el problema, alcance y objetivos del proyecto.
- Medir: Recopilar datos relevantes del proceso actual.
- Analizar: Identificar causas raíz de brechas e inefficiencias.
- Mejorar: Diseñar y validar propuestas de solución.
- Controlar: Establecer mecanismos que garanticen la sostenibilidad de las mejoras.

Para ello, se plantea el siguiente marco metodológico.

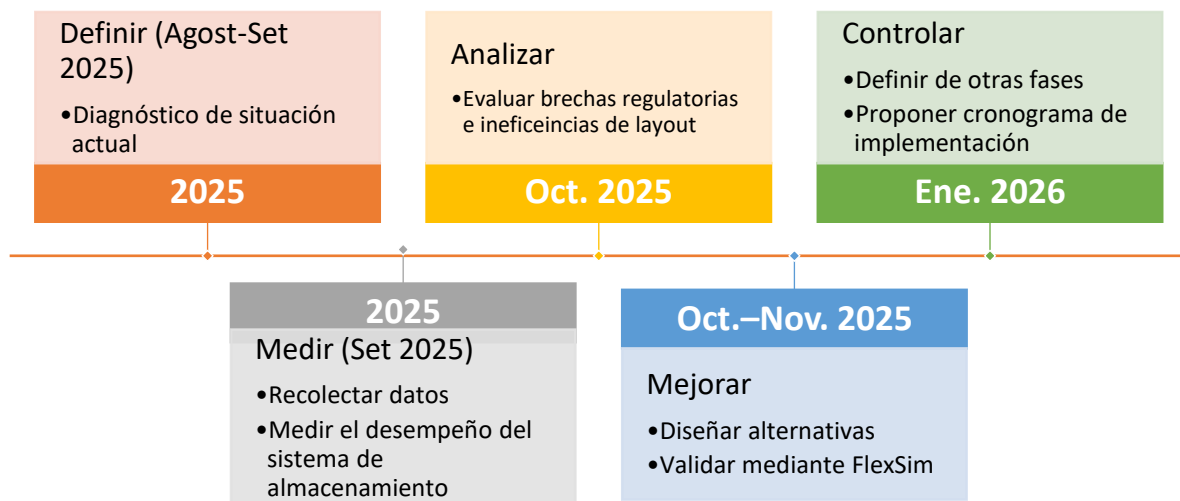
Cuadro No. 2 Marco metodológico del proyecto

Etapas	Objetivo	Actividades	Herramientas	Productos esperados
Definir	Precisar el problema, alcance y requerimientos regulatorios.	Identificación de brechas iniciales; definición del problema, alcance y objetivos del proyecto.	FODA, SIPOC.	Problema claramente definido, alcance establecido y alineado a requerimientos normativos y organizacionales.

Medir	Recolectar datos del sistema actual.	Levantamiento de información de inventarios, cumplimiento normativo, capacidad instalada y proyecciones de demanda.	Checklist de BPM/RTCA, indicadores de gestión, análisis de capacidad, gráficos descriptivos.	Línea base del desempeño actual del sistema de almacenamiento.
Analizar	Identificar causas raíz de brechas e ineficiencias.	Evaluación de brechas regulatorias; análisis de ineficiencias en procesos y riesgos críticos.	Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, FMEA, Gemba Walk, Matriz RACI (proceso).	Diagnóstico de brechas y causas raíz priorizadas.
Mejorar	Proponer y validar el nuevo modelo de distribución.	Diseño de alternativas de layout con SLP; validación mediante simulación en FlexSim.	Matriz Esfuerzo-impacto SLP, Matriz de factibilidad, FlexSim.	Layout propuesto y modelo de simulación validado.
Controlar	Garantizar la sostenibilidad de las mejoras.	Formulación de planes de control y gestión de riesgos; definición de cronograma de implementación.	Project Charter, Gantt, Plan de control, Plan de contingencia, Matriz RACI, Dashboard KPIs, Manual Usuario.	Plan de implementación y protocolos de control documentados.

Nota: Elaboración Propia.

El proceso metodológico aplicado al proyecto está estructurado en tres etapas con ciclos similares para: almacén de materia prima, áreas productivas y de empaque, y finalmente almacén de producto terminado, garantizando un enfoque integral en el diseño de la planta completa según se describe en la figura siguiente.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 7 Proceso metodológico aplicado al proyecto

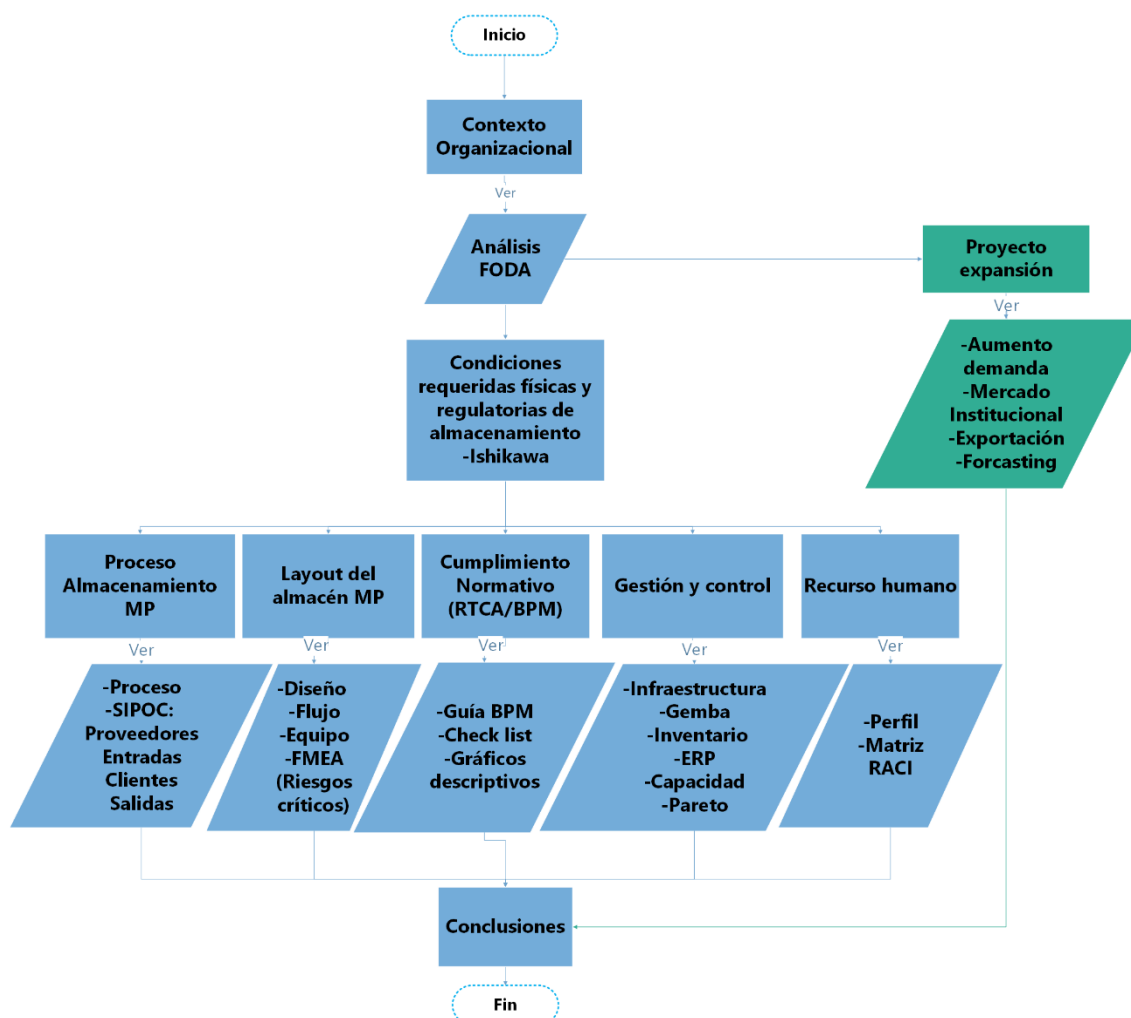
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El diagnóstico de la situación actual de LabCen se desarrollará según se describe en la **Figura No. 8**, con el propósito de identificar las condiciones físicas, regulatorias y operativas del almacén de materia prima, así como las brechas frente a los requerimientos normativos, de gestión y de expansión. Para ello se analizan el contexto organizacional, el análisis FODA, y las condiciones de almacenamiento exigidas por la normativa, complementados con la revisión de procesos de almacenamiento, el layout del almacén, el cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura, los mecanismos de gestión y control, y los perfiles del recurso humano.

El diagnóstico se apoya en herramientas ingenieriles como SIPOC, FMEA, checklists, análisis de capacidad, Pareto y matriz RACI de proceso, que estructuran la evaluación de manera objetiva y sistemática.

Este análisis constituye la base para comprender las limitaciones actuales de capacidad y operación, y orienta el planteamiento del proyecto de expansión, que incluye el aumento de la demanda, la incursión en el mercado institucional, la proyección de exportaciones y la aplicación de forecasting, aspectos que serán desarrollados en la propuesta de solución.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 8 Esquema de análisis de contexto organizacional

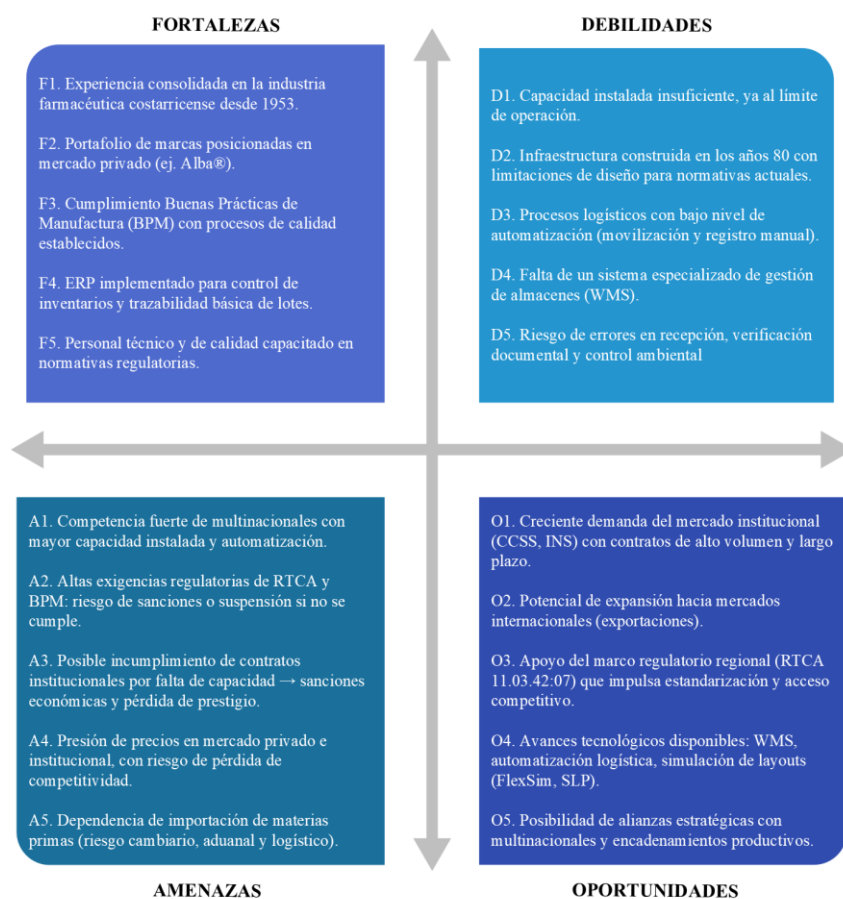
4.1 Contexto organizacional

El almacén de materia prima de LabCen se ubica en el centro de las operaciones productivas y constituye un eslabón crítico en la cadena de valor de la manufactura farmacéutica. Su función principal es garantizar el suministro oportuno de principios activos y excipientes bajo condiciones controladas de almacenamiento, cumpliendo con las disposiciones del RTCA 11.03.42:07 y de las Buenas Prácticas de Manufactura.

El análisis FODA que se muestra en la **Figura No.9** refleja que, si bien la organización cuenta con fortalezas en experiencia, cumplimiento de BPM, un sistema ERP que respalda la

trazabilidad y personal técnico capacitado, también enfrenta debilidades críticas como la capacidad instalada ya al límite, la ausencia de un sistema especializado de gestión de almacenes (WMS) y procesos logísticos con bajo nivel de automatización. Estos factores aumentan el riesgo de errores en la recepción, el registro y el control ambiental, comprometiendo la eficiencia y el cumplimiento normativo.

A nivel externo, se identifican oportunidades significativas asociadas al aumento de la demanda institucional y la posibilidad de expansión hacia exportaciones, así como la adopción de tecnologías de automatización que ofrecen una vía clara de mejora. No obstante, también se observan amenazas como la fuerte competencia de multinacionales con mayor capacidad instalada, la presión de precios en el mercado institucional y privado, el riesgo de incumplir contratos por las limitaciones actuales, y la dependencia de materias primas importadas.



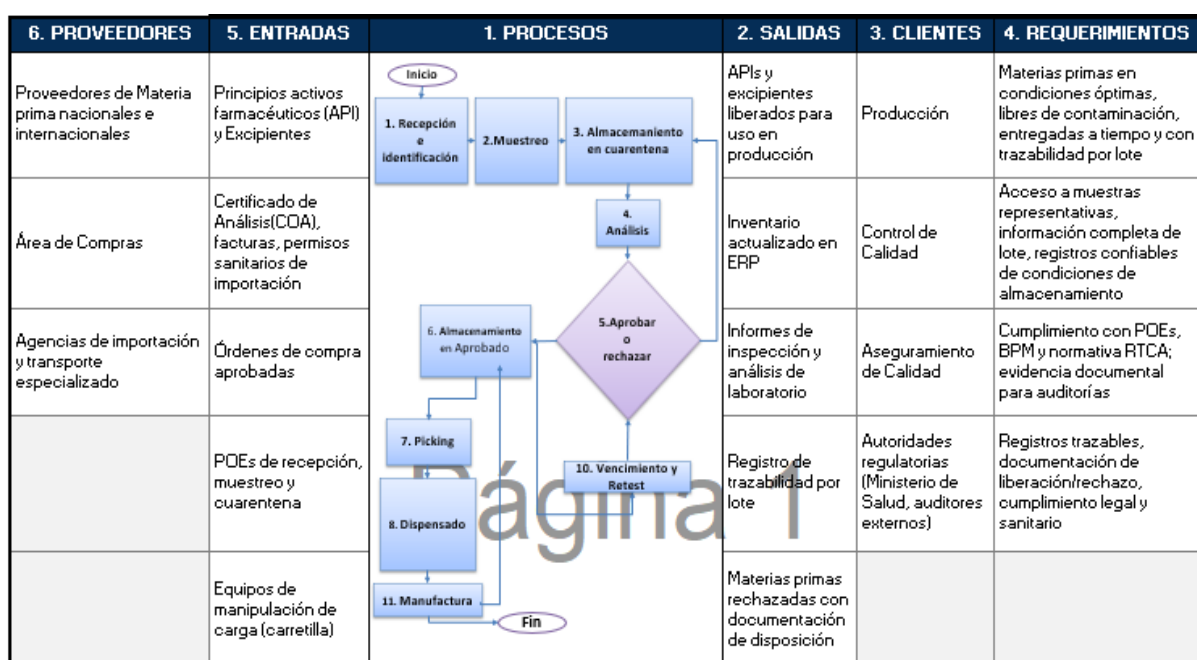
Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 9 FODA contexto actual LabCen

Estos hallazgos se refuerzan en el diagrama de Ishikawa (**Figura No.5**), que ilustra las causas principales que generan la situación actual del almacén. Entre ellas destacan la infraestructura obsoleta, la falta de tecnología en la gestión de inventarios, la sobrecarga del recurso humano y las brechas frente a la normativa, sumadas al impacto de factores externos como el crecimiento de la demanda y la presión competitiva. Este análisis permite comprender que el proceso de almacenamiento de materia prima que es el punto inicial de la cadena productiva representa un cuello botella y se establece como la base para priorizar las acciones de mejora.

4.2 Proceso de almacenamiento materia prima

Se elabora un diagrama de SIPOC para caracterizar el proceso actual de Almacenamiento de materia prima, el cual se muestra a continuación:



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 10 SIPOC almacenamiento MP LabCen

El diagrama de la figura anterior resume de manera general el proceso de almacenamiento de materia prima, que permite visualizar de forma integrada el funcionamiento actual del proceso tal como se describe a continuación:

4.2.1 Proveedores

En el caso del proceso de almacenamiento de materia prima, los proveedores corresponden principalmente a los fabricantes y proveedores internacionales y locales de principios activos y excipientes. También forman parte de este grupo el área de compras y las agencias de importación que facilitan la logística de abastecimiento hacia la planta.

4.2.2 Entradas

Las entradas del proceso están conformadas por las materias primas, acompañados de la documentación requerida para su recepción y control. Entre estas se incluyen las órdenes de compra, los certificados de análisis (CoA), los permisos sanitarios y los procedimientos operativos estandarizados (POEs) que rigen la recepción, inspección y muestreo.

4.2.3 Proceso

El proceso de almacenamiento de materia prima inicia con la recepción de los principios activos y excipientes en la zona de descarga, donde se realiza la verificación documental de facturas, permisos sanitarios y certificados de análisis. Posteriormente, se procede con la inspección física de los bultos, verificando condiciones de empaque, integridad y etiquetado. Una vez superada esta revisión inicial, el área de Control de Calidad ejecuta la toma de muestras representativas, las cuales son enviadas al laboratorio para su análisis. Durante este tiempo, la materia prima se custodia en el espacio de cuarentena, permaneciendo en resguardo hasta que se emite el dictamen de aprobación o rechazo. Los lotes que cumplen con los estándares son liberados, registrados en el sistema ERP y trasladados a las áreas de almacenamiento definitivas bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y segregación.

Cuando la materia prima es dispensada hacia producción, cualquier remanente no utilizado debe retornar al área de almacén en las mismas condiciones de control y trazabilidad. Asimismo, en los casos en que un lote de inventario alcanza su fecha de vencimiento, este se traslada nuevamente a cuarentena hasta que se realice el retest (reanálisis) correspondiente que confirme su posible extensión de vida útil o, en su defecto, su disposición final.

Finalmente, los lotes aprobados y vigentes quedan disponibles para su despacho para dispensado de lotes de manufactura.

4.2.4 Salidas

Las salidas del proceso comprenden, en primer lugar, las materias primas que han sido aprobadas por Control de Calidad y liberadas para su uso en producción. Estas se encuentran en condiciones adecuadas de almacenamiento y cumplen con las especificaciones establecidas en los procedimientos y en la normativa vigente.

Otra salida importante es el inventario actualizado en el sistema ERP, que permite mantener un control continuo sobre las existencias, su ubicación dentro del almacén, el estado de cada lote y su trazabilidad. Esta información actualizada y veraz, es esencial para la planificación de la producción y la toma de decisiones en compras y logística.

El proceso también genera como salida la documentación de soporte, entre la cual se incluyen los informes de inspección, análisis de laboratorio (CoAs), registros de trazabilidad (condiciones ambientales) y dictámenes de liberación o rechazo. Estos documentos constituyen evidencia necesaria para auditorías internas y externas, además de ser un respaldo frente a las autoridades regulatorias.

Finalmente, deben considerarse como salidas las materias primas que resultan rechazadas, retenidas o sometidas a retest. En estos casos, el sistema debe generar la documentación correspondiente que asegure la disposición adecuada, ya sea mediante destrucción controlada o reanálisis, según lo establecido en los POEs.

4.2.5 Clientes

Los clientes son principalmente internos. El área de Producción depende directamente de la disponibilidad de materia prima en condiciones óptimas y con la trazabilidad garantizada para llevar a cabo la fabricación de medicamentos.

Por su parte, el área de Control de Calidad requiere disponer de muestras representativas, para realizar los análisis y obtener información que les permita validar la conformidad de los lotes con las especificaciones técnicas.

Aseguramiento de la Calidad también es un cliente clave, ya que utiliza la información generada en el proceso para verificar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura y de los requisitos regulatorios, además de dar soporte en auditorías y certificaciones.

De manera indirecta, las autoridades regulatorias, como el Ministerio de Salud actúan como clientes, dado que exigen evidencia documentada y cumplimiento estricto de las condiciones de almacenamiento y manejo de la materia prima.

4.2.6 Requerimientos

Están asociados a las expectativas de cada cliente y constituyen las condiciones mínimas que debe cumplir el proceso. Producción requiere contar con materia prima disponible de forma oportuna, en la cantidad solicitada y bajo las condiciones de almacenamiento que aseguren su integridad.

Control de Calidad necesita que la información y los registros del proceso estén completos, actualizados y que las muestras tomadas sean representativas del lote, de manera que los resultados obtenidos sean confiables y reproducibles.

Aseguramiento de la Calidad demanda que el proceso cumpla con los POEs, las Buenas Prácticas de Manufactura y la normativa RTCA, así como la disponibilidad de evidencia documental para sustentar auditorías e inspecciones regulatorias.

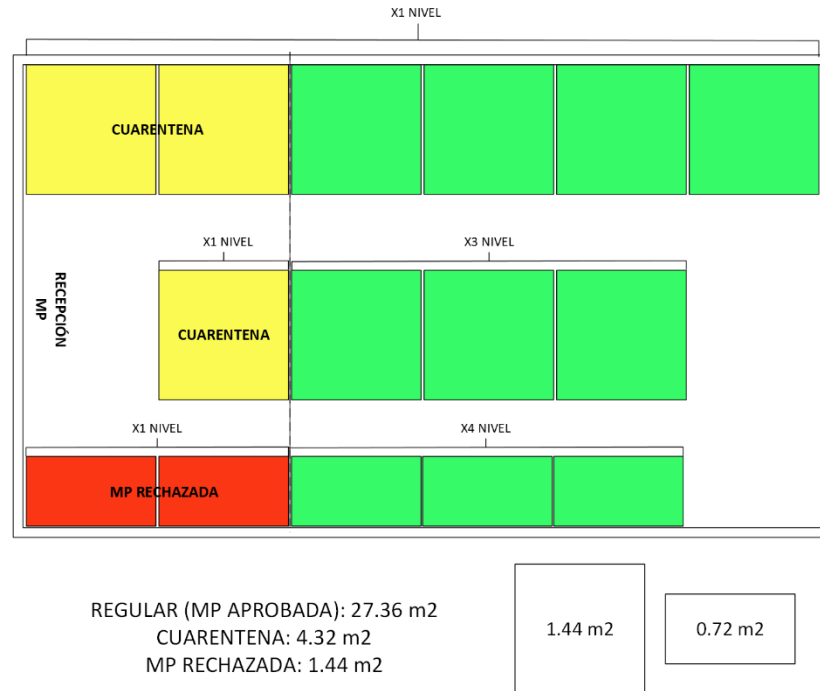
Por último, las autoridades externas requieren que el laboratorio garantice la trazabilidad de los lotes de materias primas, la documentación de los movimientos de inventario, la aplicación de cuarentena y retest cuando corresponde, y el cumplimiento estricto de las condiciones ambientales, para mantener la autorización de funcionamiento.

4.3 Infraestructura

4.3.1 Layout actual

El diseño del almacén de materia prima (**Figura No.11**) incluye áreas definidas para recepción, cuarentena, almacenamiento regular (MP aprobada) y materia prima rechazada; cabe mencionar que no hay área de picking para alisto de los materiales y se dispone de un cuarto independiente para muestreo (Dispensado). Aunque estas zonas cumplen con su función básica y BPM, el análisis revela limitaciones importantes en su diseño. La recepción y la cuarentena se encuentran demasiado próximas, lo que incrementa el riesgo de confusión y dificulta mantener la segregación de materiales recién ingresados respecto a los que aún no han sido liberados. Además, el espacio dedicado a cuarentena es de 4.32m² que representa un 15.8% del espacio disponible para almacenamiento regular (27.36m²), lo que genera restricciones para el resguardo de los materiales mientras se completan los análisis de Control de Calidad. Debido a lo anterior en algunas ocasiones se coloca la materia recién ingresada fuera del área de cuarentena, ya sea en el pasillo de recepción donde obstruye el paso o en área de almacenamiento regular originando una desviación a los POEs y la normativa.

A esto se suma que el área de dispensado, sitio donde se realiza el muestreo, es insuficiente para manejar contenedores grandes, lo que ocasiona dificultades operativas, riesgo de contaminación por mayor exposición y limitaciones para cumplir con los procedimientos, si se muestrea la MP en un pasillo del almacén pese a que se implementen medidas de contención.



Nota: Elaboración propia.

Figura No. 11 Layout almacén MP LabCen

4.3.2 Flujo de materiales

El layout (**Figura No.11**) permite un flujo adecuado, pues las materias primas avanzan linealmente de cuarentena al área de almacenamiento regular, y posteriormente a dispensado. Luego, del cuarto de dispensado regresan a la zona de almacenamiento regular.

Por otra parte, si un lote se vence y requiere retest, se devuelve a cuarentena y de ahí se mueve a rechazado o se regresa al área de materias primas aprobadas según corresponda.

4.3.3 Equipo

En cuanto a la manipulación de materiales, los procesos de ubicación y traslado de contenedores se realizan de manera manual, ya que el almacén no dispone de carretillas ni elevadores. Esta condición incrementa la carga física del personal, reduce la eficiencia en las operaciones y aumenta la probabilidad de incidentes en el manejo cotidiano.

4.3.4 Riesgos asociados al proceso

El análisis de riesgos mostrado en el **Cuadro No.3** FMEA Almacenamiento MP, muestra posibles fallas críticas que refuerzan las limitaciones del layout actual. Entre las fallas más relevantes según el número de prioridad de riesgo obtenido, se identifican: el control manual de condiciones ambientales (RPN=270), la gestión inadecuada del retorno de remanentes (RPN=180), errores en la verificación documental en la recepción y el picking (RPN=140), limitaciones en el sitio de muestreo (RPN=135), y deficiencias en la segregación de la cuarentena (RPN=108).

Cuadro No. 3 FMEA almacenamiento MP

#	Actividad	Modo de falla potencial (defectos)	Efectos de fallas potenciales	SEV	Potenciales causas de falla	OCC	Controles de procesos actuales	DET	RPN
1	Almacenamiento	Condiciones ambientales fuera de especificación (T°/HR)	Degradación del API/excipiente; riesgo de no conformidad	9	Sensores insuficientes; falta de alarma	5	Monitoreo manual diario	6	270
2	Recepción	Error en verificación documental (COA/Orden de Compra)	Ingreso de material no conforme; cuarentena inadecuada	7	Proceso manual; falta de checklist	4	Revisión manual	5	140
3	Cuarentena	Mezcla/uso no autorizado de lote no liberado	Uso de material no aprobado; desviación crítica	9	Segregación insuficiente; etiquetado extemporáneo	2	Etiquetas manuales; señalización	6	108
4	Picking	Selección de lote incorrecto (PVPS no aplicado)	Riesgo de vencimiento; trazabilidad afectada	7	Ausencia de WMS; señalización limitada	4	Listado manual	5	140
5	Retorno de remanentes	Retorno sin control del remanente	Contaminación o pérdida de trazabilidad	9	Registros manuales; rebajas tardías en el ERP	4	Formato en papel	5	180
6	Gestión vencimientos	No traslado oportuno a cuarentena	Uso de material vencido	10	Alertas no configuradas	2	Reporte manual	5	100
7	Muestreo	Contaminación cruzada durante muestreo	Resultado analítico no representativo	9	Área reducida; flujo de personas	3	POE muestreo/ POE limpieza	5	135

Nota: Elaboración Propia.

4.4 Cumplimiento normativo

Los Laboratorios de producción de medicamentos para uso humano deben garantizar que almacenamiento de materias primas se ajuste a lo establecido en el RTCA 11.03.42:07 (Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO), 2014), que en su punto 8.2 “Almacenes” establece la necesidad de contar con áreas con capacidad suficiente, segregadas según el estado de los materiales (cuarentena, aprobado, rechazado, devuelto, vencido), bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, y con registros confiables que aseguren la trazabilidad y minimicen los riesgos de contaminación o confusión.

Con el fin de evaluar el nivel de cumplimiento actual, se aplicó el Checklist (**Cuadro No.4**) de verificación que contempla los criterios derivados de la Guía de inspección en BPM (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2011) concernientes al apartado 8.2.

Cuadro No. 4 Checklist cumplimiento guía de verificación BPM

Detalle	Requisito	Criterio	SI	NO	N/A	Observaciones
8.2.1	¿Tienen las áreas de almacenamiento suficiente capacidad para permitir el almacenamiento ordenado de las diferentes categorías de materiales y productos?	MAYOR		X		
8.2.1	¿Están debidamente identificados?	MAYOR	X			
8.2.2	¿Los pisos, paredes, techos de los almacenes están contruidos de tal forma que no afectan la calidad de los materiales y productos que se almacenan y permite la fácil limpieza?	MAYOR		X		
8.2.3	¿Las áreas de almacenamiento se mantienen limpias y ordenadas?	MAYOR		X		Debido a la ocupación del almacén en ocasiones se debe colocar contenedores fuera del área establecida.
8.2.3	¿Hay instrumentos para medir la temperatura y humedad y estas mediciones están dentro de los parámetros establecidos para los materiales y productos almacenados?	CRITICO	X			

8.2.3	¿Las materias primas y productos que requieren condiciones especiales de refrigeración, se encuentran en cámara fría?	CRITICO			X	
8.2.3	¿Se llevan registros?	MAYOR	X			
8.2.3	¿Existen registros?	CRITICO	X			
8.2.3	¿Existe un sistema de alerta que indique los desvíos de la temperatura programada en la cámara fría?	INFOR			X	
8.2.4	¿Los materiales y productos están protegidos de las condiciones ambientales en los lugares de recepción y despacho?	MAYOR	X			
8.2.4	¿El área de recepción está diseñada de tal manera que los contenedores de materiales puedan limpiarse antes de su almacenamiento?	MAYOR		X		Las dimensiones del área de recepción y la falta de equipo para movilizar los contenedores dificulta la limpieza.
8.2.4	¿Existe un área de despacho de producto terminado?	MAYOR			X	
8.2.5	¿Las áreas donde se almacenan materiales y productos sometidos a cuarentena están claramente definidas y marcadas, el acceso a las mismas está limitado sólo al personal autorizado?	CRITICO	X			Si hay, pero son insuficientes, por eso se debe guardar material en cuarentena en las áreas de almacenamiento regular.
8.2.5	Si se cuenta con un sistema informático este debe ofrecer la misma seguridad que la identificación manual del producto	INFOR			X	No existe un sistema informático equivalente a la segregación física por cuarentena.
8.2.5	¿Existe documentación que lo demuestre?	MAYOR			X	No existe un sistema informático equivalente a la segregación física por cuarentena.
8.2.6	¿Existe un área separada de muestreo para materias primas?	CRITICO		X		Se muestrea en el área de almacenamiento, siguiendo un POE establecido para evitar la contaminación cruzada.
8.2.6	El área de muestreo cumple con las siguientes características: a) Las paredes, pisos y techos son lisos y con curvas sanitarias	MAYOR		X		Se muestrea en el área de almacenamiento, siguiendo un POE establecido para evitar la contaminación cruzada.

8.2.6	b) Existen controles de limpieza, temperatura y humedad dentro del área de muestreo	MAYOR		X		Se muestrea en el área de almacenamiento, siguiendo un POE establecido para evitar la contaminación cruzada.
8.2.6	c) La iluminación es suficiente para el desempeño del proceso	MAYOR	X			Existe oportunidad de mejora para la iluminación.
8.2.6	d) El sistema de aire es independiente	MAYOR		X		El almacén no cuenta con sistema de aire.
8.2.7	¿Cuenta el laboratorio con áreas de almacenamiento separadas para productos rechazados, retirados y devueltos?	MAYOR			X	
8.2.7	¿Tienen estas áreas acceso restringido y bajo llave?	CRITICO			X	
8.2.7	¿Existen procedimientos escritos que permitan identificar, separar, retirar y destruir los productos rechazados, retirados, vencidos y devueltos?	MAYOR			X	
8.2.7	¿Existen registros de la ejecución de estos procedimientos?	CRITICO			X	
8.2.8	¿Se almacenan los materiales de manera que faciliten la rotación de los mismos, siguiendo el sistema PEPS?	MAYOR	X			
8.2.8	¿Se almacenan los productos de manera que faciliten la rotación de los mismos, siguiendo el sistema PVPS?	MAYOR		X		Debido a la rotación de MP se sigue el sistema PEPS.
8.2.9	¿Están los materiales y productos identificados y colocados sobre tarimas o estanterías separadas de paredes de manera que permitan la limpieza e inspección?	MAYOR		X		
8.2.9	¿Los contenedores o envases de materiales y productos están bien cerrados?	MAYOR	X			
8.2.9	¿Los movimientos y operaciones se realizan de forma tal que no contaminen el ambiente ni los materiales allí almacenados?	MAYOR	X			

8.2.10	¿Se utilizan materias primas psicotrópicas o estupefacientes?	INFOR			X	
8.2.10	¿Existen áreas separadas, bajo llave, de acceso restringido e identificadas para almacenar materias primas y productos psicotrópicos y estupefacientes?	CRITICO			X	
8.2.10	¿El inventario físico de materias primas y productos coinciden con el registro manual (kárdex) o electrónico?	CRITICO		X		Existen diferencias entre el inventario físico y el ERP.
8.2.11	¿Existe un área para almacenamiento de productos inflamables y explosivos?	CRITICO			X	
8.2.11	¿Está el área alejada de las otras instalaciones, es ventilada y cuenta con medidas de seguridad contra incendios o explosiones, según la legislación nacional?	CRITICO			X	
8.2.12	¿Existe un área separada y de acceso restringido para almacenar material impreso (etiquetas, estuches, insertos y envases impresos)?	CRITICO			X	
8.2.12	¿Está identificada?	MENOR			X	

Fuente: RTCA 11.03.42:07.

Los resultados muestran que el almacén cumple de forma parcial con la normativa, presentando brechas relevantes en varios aspectos:

a. Segregación de cuarentena:

El espacio es insuficiente para el volumen de materias primas, y su ubicación contigua a la recepción aumenta el riesgo de confusión con lotes aún no liberados.

b. Control ambiental:

El registro manual no asegura continuidad ni confiabilidad, y la ausencia de alarmas dificulta actuar oportunamente ante desviaciones de temperatura y humedad.

c. Área de muestreo:

No es adecuada para contenedores de gran tamaño, lo que representa un incumplimiento respecto a lo que establece el RTCA sobre instalaciones diseñadas para minimizar contaminación cruzada.

d. Gestión documental:

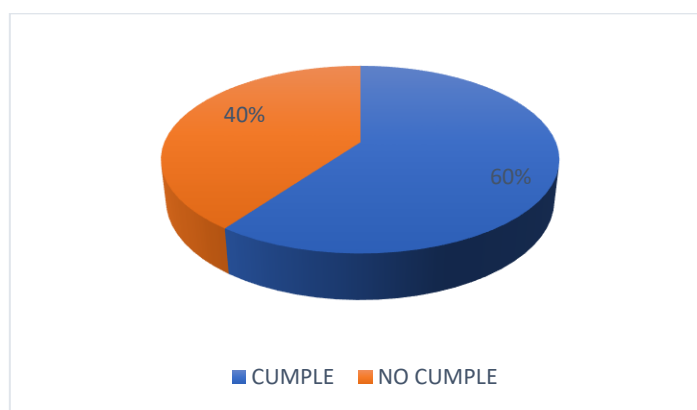
Los registros en papel y la verificación manual de certificados de análisis son vulnerables a errores, afectando la trazabilidad.

e. Manipulación de materiales:

Las operaciones manuales y sin equipos de apoyo, aunque no es una no conformidad directa, sí se considera una desviación frente al principio de BPM de minimizar riesgos de daño a materiales y garantizar seguridad en la operación.

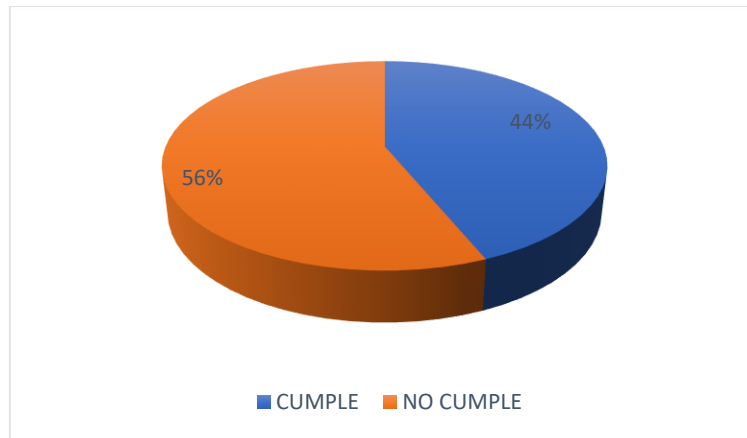
4.4.1 Impacto regulatorio

Según el criterio de aceptación definido en la Guía de Verificación de BPM (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2011), para la aprobación es necesario alcanzar cumplimiento del 100% de los criterios críticos y del 80% de los criterios mayores y menores. Dado que el almacén cumple con el 60 % en críticos (**Figura No.12**) y 44 % en mayores (**Figura No.13**), el resultado global es de no conformidad. Lo anterior implica la necesidad de acciones correctivas inmediatas.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 12 Resultados cumplimiento de criterios críticos



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 13 Resultados cumplimiento de criterios mayores

Las desviaciones identificadas pueden tener un impacto directo en la continuidad del negocio si se evidencian en las auditorías para la certificación en BPM por parte del Ministerio de Salud, además afectan la competitividad frente al mercado institucional (CCSS, INS) y limitan las posibilidades de expansión hacia mercados internacionales.

4.5 Gestión y control

4.5.1 Infraestructura

La caminata Gemba por las instalaciones permite observar que, el almacén de MP está segregado de las áreas productivas, constituido por paredes y pisos lisos que permiten la fácil limpieza, sin embargo, el techo no tiene aislante térmico y existen zonas de difícil acceso para limpieza y mantenimiento.

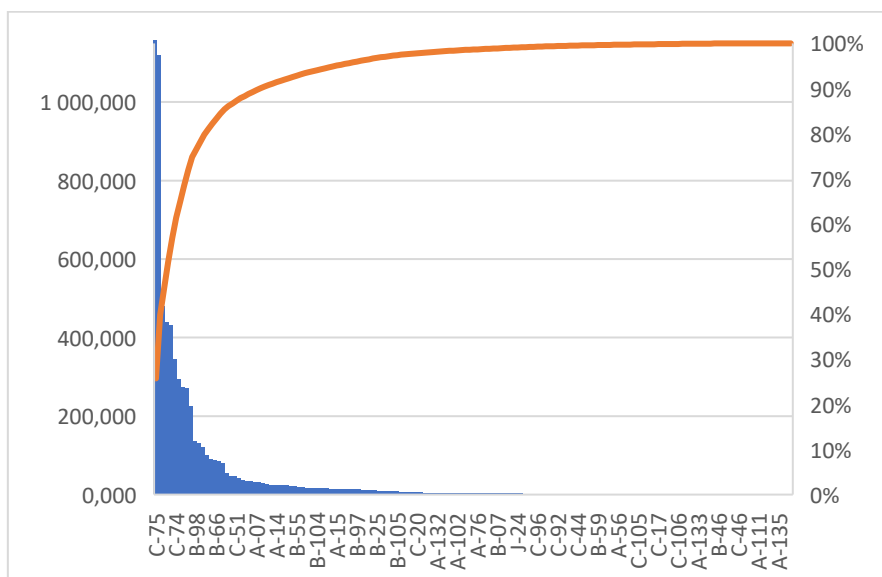
Los racks o estantes son firmes y están ubicados a la distancia requerida de la pared para permitir la limpieza. Se dispone de tarimas (pallets) para las ubicaciones inferiores, evitando que los materiales estén almacenados directamente sobre el piso.

Actualmente, el almacén carece de sistema de aire acondicionado y extractores, lo cual constituye una limitante para mantener las condiciones ambientales requeridas para asegurar la calidad de las materias primas y genera posibles riesgos asociados a la estacionalidad climática.

4.5.2 Inventario

Las operaciones del almacén se registran de manera física y luego se ingresan en el ERP, para facilitar el manejo se asigna un código alfanumérico a cada artículo (SKU). Este procedimiento permite registro inmediato, pero genera duplicidad de información y posible riesgo de errores humano al transcribir.

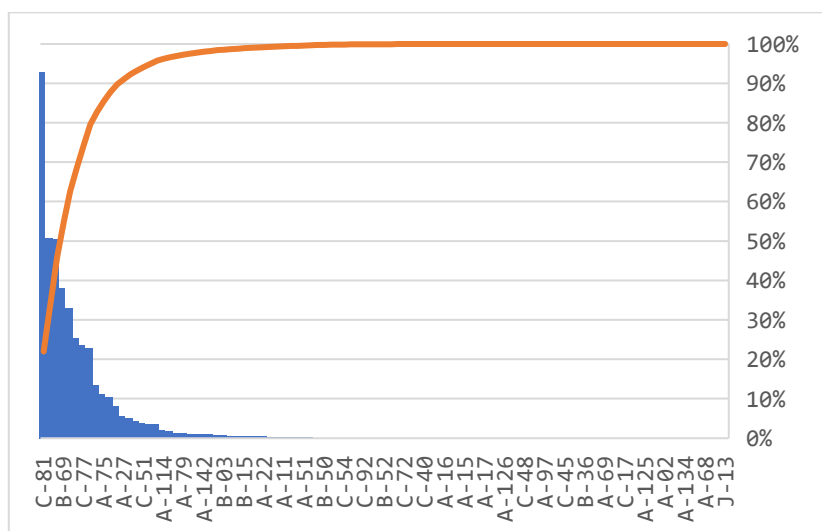
Actualmente, según datos del ERP de LabCen (**Apéndice B**) se dispone de 160 materias primas activas (UKS), que representan un inventario total de 7923,662kg, con cantidades variables desde los 0,035kg hasta 2039,232kg. Donde los siguientes 13 SKU; C-75, C-81, B-61, C-80, C-77, C-74, A-60, B-69, B-70, A-46, A-75, B-98 y C-60, representa el 80% del peso total de almacenamiento, según se puede observar en la **Figura No.14**.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 14 Cantidad de kilogramos por artículo (SKU) según inventario

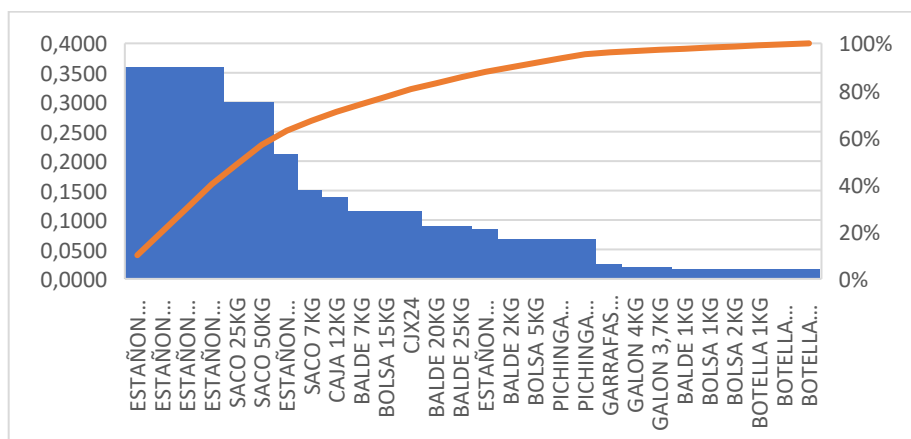
Sin embargo, los kilogramos de peso por SKU no permiten dimensionar la ocupación del almacén, por tanto, se analizan las salidas de materiales en 2025 (**Apéndice C**) para determinar los que tienen mayor rotación y por ende siempre ocupan espacio. Los 7 SKU que representan el 80% de salidas son C-81, B-61, B-70, B-69, C-80, A-60, C-77 y C-75, según se muestra en el gráfico de Pareto siguiente.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 15 Salidas por artículo (SKU) durante 2025

Por otra parte, para cuantificar la ocupación del almacén, es necesario tomar en cuenta que cada artículo en inventario requiere de un área superficial de almacenamiento según las dimensiones de su contenedor, los cuales van desde 0.0169m^2 a 0.3600m^2 (**Apéndice D**). En la **Figura No.16** se puede observar que los estañones y sacos tiene la mayor dimensión en m^2 .

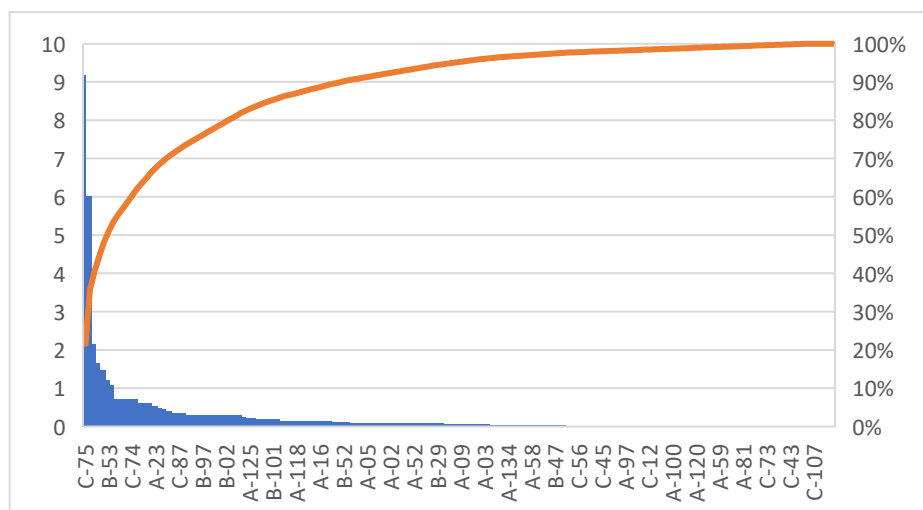


Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 16 Área superficial por tipo de contenedor

Al asignar el espacio (m^2) requerido por cada artículo según existencia, se obtiene que 31 SKU representan el 80% de la superficie ocupada por el inventario actual de materia

prima(**Apéndice E**). Los artículos mencionados son C-75, B-61, C-81, B-98, C-80, B-53, C-77, B-70, B-69, A-60, C-74, A-46, B-66, B-15, B-68, A-23, C-72, B-93, C-86, C-60, C-87, C-76, B-104, B-14, B-03, B-97, B-85, A-51, A-14, A-15 y B-02, como se indica en la figura siguiente.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 17 Área superficial ocupada por artículo (SKU) según inventario

4.5.3 ERP

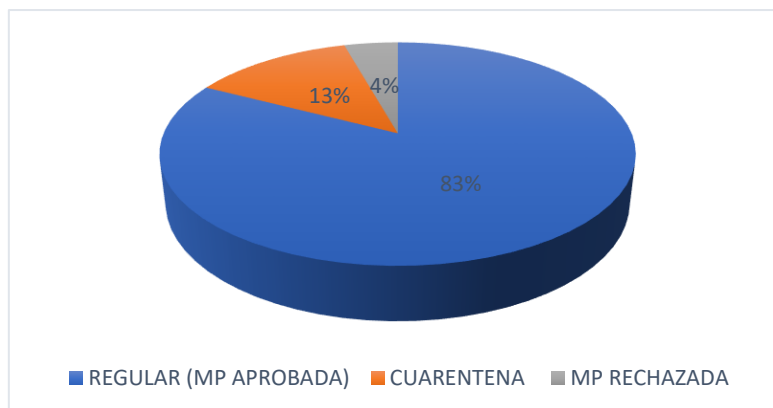
El Sistema Planificación de Recursos Empresariales (ERP) con que se cuenta permite manejar el inventario e integrar la información para generar reportes de saldos y movimientos para cada artículo, sin embargo, no se cuenta con indicadores ni reportes de ocupación del almacén.

Por otra parte, los POEs de la compañía establecen que la planificación de compras se realiza de forma manual con frecuencia semanal, basándose en la explosión de materiales de un programa de producción tentativo a dos semanas y el inventario reportado en las tarjetas (documentos físicos del almacén).

Por tanto, la información proporcionada por el ERP no es explotada integralmente en la toma de decisiones para el proceso de gestión de inventarios.

4.5.4 Capacidad

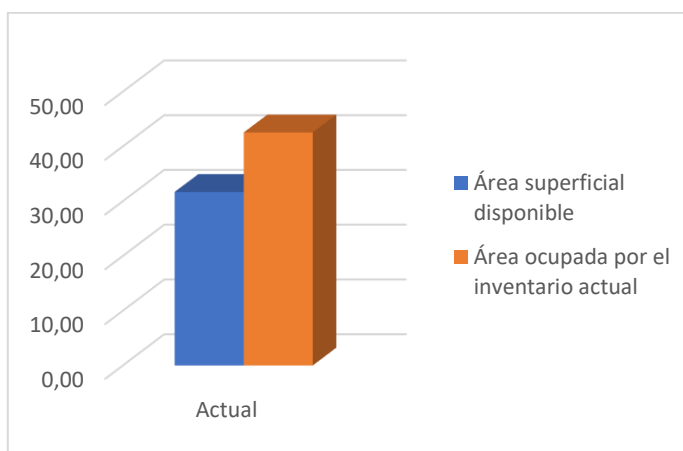
El almacén de LabCen para materia prima cuenta con una superficie de almacenamiento total de 33.12m² de los cuales 31.68m² (96%) están disponibles para albergar MP en proceso y se distribuyen según se presenta en la figura siguiente.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 18 Distribución de área superficial del almacén

El inventario actual de MP en existencia requiere un área superficial de 42,54m², la cual excede en 10.86m² la superficie de almacenamiento disponible, por tanto, se puede asegurar que hay MP almacenada de forma incorrecta (estiba) o en lugares que no están destinados para este propósito, ver representación en la figura siguiente.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 19 Ocupación de área del inventario actual

Entonces, posible calcular la ocupación de área de la siguiente forma:

$$\text{Ocupación de área (\%)} = \frac{\text{Área utilizada} \times 100}{\text{Área Disponible}} = \frac{42,54\text{m}^2 \times 100}{31,68\text{m}^2} = 134\%$$

La capacidad utilizada excede en 34% el área disponible para almacenamiento de MP.

Por otra parte, siendo el Área de Cuarenta un espacio crítico según las brechas identificadas en este diagnóstico es necesario visualizar la capacidad instalada específica, sin embargo, no se cuenta con un reporte que indique el estatus en tiempo real. Trabajando con datos históricos del ERP, si se toma la necesidad actual para abastecerse de MP para un mes, con entregas semanales para segregare los ingresos, como resultado se obtiene una necesidad de 14,56m², y actualmente se cuenta con 4,32m² según se muestra en el **Cuadro No.5**. Por ende, es posible que el exceso de ocupación determinado en la sección anterior esté ocasionado por la MP en cuarentena.

Cuadro No. 5 Estimación de área superficial de cuarentena actual

SKU	Consumo Promedio (sem)	Desv Std	Cantidad contenedores necesarios 1 mes	m ² necesarios s 1 mes	Cantidad contenedores necesarios cuarentena	m ² necesarios cuarentena
C-99	860,442	512,439	0	0	0	0
C-75	114,439	442,776	204	18,36	6	0,54
C-81	401,025	345,333	18	6,48	3	1,08
B-70	138,92	97,499	6	2,16	1	0,36
B-61	138,694	92,104	39	11,739	6	1,806
C-77	131,555	90,748	5	1,8	1	0,36
B-69	104,216	69,196	5	1,8	1	0,36
C-80	90,193	60,117	32	2,1632	5	0,338
A-60	91,875	50,744	3	1,08	1	0,36
C-74	37,649	28,344	2	0,72	1	0,36
A-75	31,294	22,261	2	0,4232	1	0,2116
A-27	39,09	20,602	12	0,8112	2	0,1352
C-60	53,885	17,824	2	0,72	1	0,36
A-01	15,594	15,875	7	0,63	1	0,09
B-53	22,291	14,444	7	2,107	1	0,301

B-50	9,248	12,548	0	0	0	0
C-82	15,811	10,587	2	0,4232	1	0,2116
C-87	97,36	0	1	0,36	1	0,36
C-51	24,533	7,689	1	0,1147	1	0,1147
B-66	28,084	6,751	2	0,602	1	0,301
B-93	13,125	7,249	6	0,6882	1	0,1147
C-86	6,353	5,825	3	0,2028	1	0,0676
A-114	7,219	3,987	3	0,2028	1	0,0676
A-05	5,295	3,353	2	0,18	1	0,09
A-79	4,948	2,699	2	0,1352	1	0,0676
A-07	3,804	2,644	2	0,1352	1	0,0676
A-118	23,94	0	2	0,1352	2	0,1352
A-63	3,938	2,175	2	0,1352	1	0,0676
A-142	5,053	1,671	2	0,1352	1	0,0676
A-64	3,281	1,812	1	0,0676	1	0,0676
A-46	1,719	1,783	1	0,36	1	0,36
B-25	4,829	1,168	1	0,0841	1	0,0841
C-03	1,06	1,428	4	0,07744	1	0,01936
B-14	1,741	1,239	1	0,301	1	0,301
A-124	1,131	1,292	1	0,0676	1	0,0676
B-03	1,694	1,2	1	0,301	1	0,301
B-15	1,541	1,147	1	0,301	1	0,301
B-60	1,076	1,201	12	0,2028	2	0,0338
B-97	1,321	1,106	2	0,301	1	0,1505
C-84	1,523	1,017	3	0,0768	1	0,0256
A-117	1,893	0,897	1	0,0676	1	0,0676
C-54	0,847	0,877	1	0,09	1	0,09
A-22	8,5	0	0	0	0	0
C-92	0,833	0,759	16	0,2704	2	0,0338
B-85	7,56	0	1	0,301	1	0,301
B-101	0,572	0,719	1	0,09	1	0,09
A-11	1,856	0,564	2	0,03872	1	0,01936
A-09	1,572	0,519	1	0,0676	1	0,0676
C-85	0,465	0,626	1	0,09	1	0,09
B-29	1,732	0,417	1	0,0841	1	0,0841
A-51	1,347	0,446	1	0,301	1	0,301
C-28	1,419	0,351	1	0,0676	1	0,0676
B-55	2,325	0,146	1	0,0841	1	0,0841
A-12	2,4	0	1	0,0676	1	0,0676
C-72	0,602	0,19	20	0,338	6	0,1014
A-16	0,292	0,224	2	0,1352	1	0,0676

C-71	0,485	0,189	1	0,01936	1	0,01936
C-40	1,958	0	1	0,01936	1	0,01936
C-56	1,86	0	1	0,01936	1	0,01936
A-14	1,8	0	1	0,301	1	0,301
C-44	0,338	0,162	1	0,01936	1	0,01936
C-36	0,175	0,175	1	0,01936	1	0,01936
C-49	0,438	0,144	1	0,01936	1	0,01936
C-61	0,127	0,16	1	0,09	1	0,09
C-93	0,157	0,156	13	0,2197	2	0,0338
B-24	0,131	0,158	1	0,01936	1	0,01936
A-15	1,2	0	1	0,301	1	0,301
B-02	1,2	0	1	0,301	1	0,301
C-45	0,092	0,116	1	0,01936	1	0,01936
B-52	0,326	0,079	1	0,1147	1	0,1147
B-77	0,147	0,097	1	0,301	1	0,301
C-48	0,293	0,061	1	0,01936	1	0,01936
A-126	0,8	0	1	0,01936	1	0,01936
A-125	0,051	0,064	1	0,1147	1	0,1147
C-46	0,504	0	1	0,01936	1	0,01936
A-69	0,064	0,04	1	0,01936	1	0,01936
C-32	0,04	0,043	1	0,01936	1	0,01936
A-97	0,42	0	1	0,01936	1	0,01936
C-35	0,023	0,04	1	0,01936	1	0,01936
B-99	0,066	0,035	1	0,0169	1	0,0169
C-34	0,037	0,036	1	0,01936	1	0,01936
B-47	0,044	0,032	1	0,0169	1	0,0169
B-36	0,031	0,03	1	0,0169	1	0,0169
C-19	0,037	0,025	1	0,01936	1	0,01936
A-17	0,255	0	1	0,01936	1	0,01936
B-68	0,231	0	1	0,301	1	0,301
A-115	0,062	0,018	1	0,0676	1	0,0676
C-12	0,029	0,019	1	0,01936	1	0,01936
A-134	0,024	0,017	1	0,01936	1	0,01936
C-17	0,14	0	1	0,01936	1	0,01936
A-121	0,01	0,011	1	0,01936	1	0,01936
B-44	0,1	0	1	0,0169	1	0,0169
B-58	0,093	0	1	0,09	1	0,09
B-41	0,09	0	1	0,0169	1	0,0169
A-02	0,08	0	1	0,09	1	0,09
A-54	0,08	0	1	0,09	1	0,09
A-91	0,022	0,004	1	0,09	1	0,09

B-100	0,04	0	1	0,0169	1	0,0169
B-45	0,01	0,003	1	0,0169	1	0,0169
C-43	0,038	0	1	0,0169	1	0,0169
B-59	0,037	0	1	0,0169	1	0,0169
A-68	0,021	0	1	0,01936	1	0,01936
B-105	0,005	0,001	1	0,0169	1	0,0169
J-13	0,001	0	1	0,0169	1	0,0169
					Total	14,56

Nota: Elaboración Propia.

Al interpretar el cuadro anterior, es importante considerar que algunos SKU presentan una desviación estándar elevada en su estimación de demanda. Este comportamiento requiere un análisis adicional para determinar si la variabilidad está vinculada a la función del insumo dentro de la formulación o a características propias del tipo de producto. Si bien este análisis no forma parte del alcance del presente proyecto, constituye un punto relevante a considerar en estimaciones posteriores.

4.6 Recurso humano

El personal posee experiencia práctica y conocimiento de procedimientos básicos de dispensado, inventario y limpieza, según se describe en los perfiles de puesto, inducción y capacitación continua en BPM. Pero, enfrentan limitaciones en el manejo de sistemas electrónicos avanzados (ERP), monitoreo ambiental automatizado y gestión de riesgos, lo cual se considera una brecha frente a las exigencias de crecimiento proyectadas. La falta de recursos de apoyo, como equipos de manipulación mecánica, incrementa la carga física del personal y aumenta el riesgo ergonómico.

El análisis de responsables del proceso realizado mediante matriz RACI (**Cuadro No.6**) muestra una identificación completa de los roles de responsables, verificadores, consultados e informados en cada una de las actividades del proceso de almacenamiento.

Sin embargo, se observa que no hay un claro responsable de administrar el inventario, pues el operario de producción es quien toma las materias primas requeridas y controla el inventario físico mediante tarjetas pese a que se asigna la custodia y resguardo de materiales ingresados al jefe de producción.

También, hay áreas de solapamiento donde la misma persona realiza 2 roles, lo que puede generar duplicidad o falta de trazabilidad en algunos controles.

Cuadro No. 6 Matriz RACI proceso almacenamiento

Nº	Actividad	Operario	Jefe producción	Jefe Calidad	Gerente Producción	Regente
1	Recibir toda la Materia Prima.		R	A		C/I
2	Custodiar y resguardar los materiales ingresados y recibidos en las Bodegas correspondientes.		R	A		C/I
	Realizar la correcta requisición cuando se utiliza la Materia Prima en la Producción.		R/A		C	I
3	Registrar en el cuaderno la Entrada de las materias primas.		R/A			C/I
4	Identificar inmediatamente todos los materiales.		R	A		C/I
5	Realizar las Entradas y salidas en el ERP.		R/A		C	I
6	Controlar el inventario de la Materia Prima en Tarjetas físicas de Existencia.	R	A/C		I	
7	Informar y reportar faltantes de Materia Prima por escrito en el cuaderno de pedidos.	R	A/C		I	
8	Velar por la existencia de Materia Prima y estar pendiente de la que cantidad existente sea la mínima.	R	A/C		I	
9	Trasladar las materias primas al área de cuarentena, aprobado y rechazado, según se le indique.	R	A	C		I
10	Muestrear las Materias primas			R		A/C/I
11	Realizar los análisis de control de calidad.			R		A/C/I

12	Identificar el estatus de los materiales (aprobado, rechazado) y solicitar su traslado al área correspondiente.		A	R		C/I
----	---	--	---	---	--	-----

R (Responsible): Ejecutor.
A (Accountable): Verificador.
C (Consulted): Consultor.
I (Informed): Notificado (en caso requerido).

Nota: Elaboración Propia.

4.7 Proyecto expansión

Las nuevas instalaciones de LabCen responden al plan de expansión definido por la Junta Directiva, que se fundamenta en tres ejes estratégicos:

4.7.1 Exportaciones

La incursión en mercados internacionales se plantea mediante un modelo de rampa de crecimiento, iniciando con pocos productos en el corto plazo y aumentando progresivamente el portafolio exportable. Este enfoque corresponde a un modelo de series de tiempo con tendencia, que puede modelarse mediante técnicas como el doble suavizamiento exponencial de Holt, el cual pondera los datos recientes para proyectar un crecimiento sostenido. El principio estadístico que lo respalda es la extrapolación de tendencias con suavizamiento, que permite capturar la aceleración progresiva en la demanda.

4.7.2 Mercado institucional

El ingreso al mercado estatal, particularmente a través de la Caja Costarricense de Seguro Social y otras entidades públicas, responde a ciclos de adjudicación bianuales en su mayoría. Este comportamiento se ajusta al patrón de series de tiempo cíclicas, donde los incrementos en la demanda están determinados por la adjudicación periódica de licitaciones y no por factores estacionales clásicos. Para mejorar la precisión de estos pronósticos se recomienda complementar los modelos cuantitativos con métodos cualitativos, como el Delphi o el Jurado de Opinión de Expertos, que permiten ajustar las proyecciones considerando factores regulatorios y políticos.

4.7.3 Crecimiento del mercado

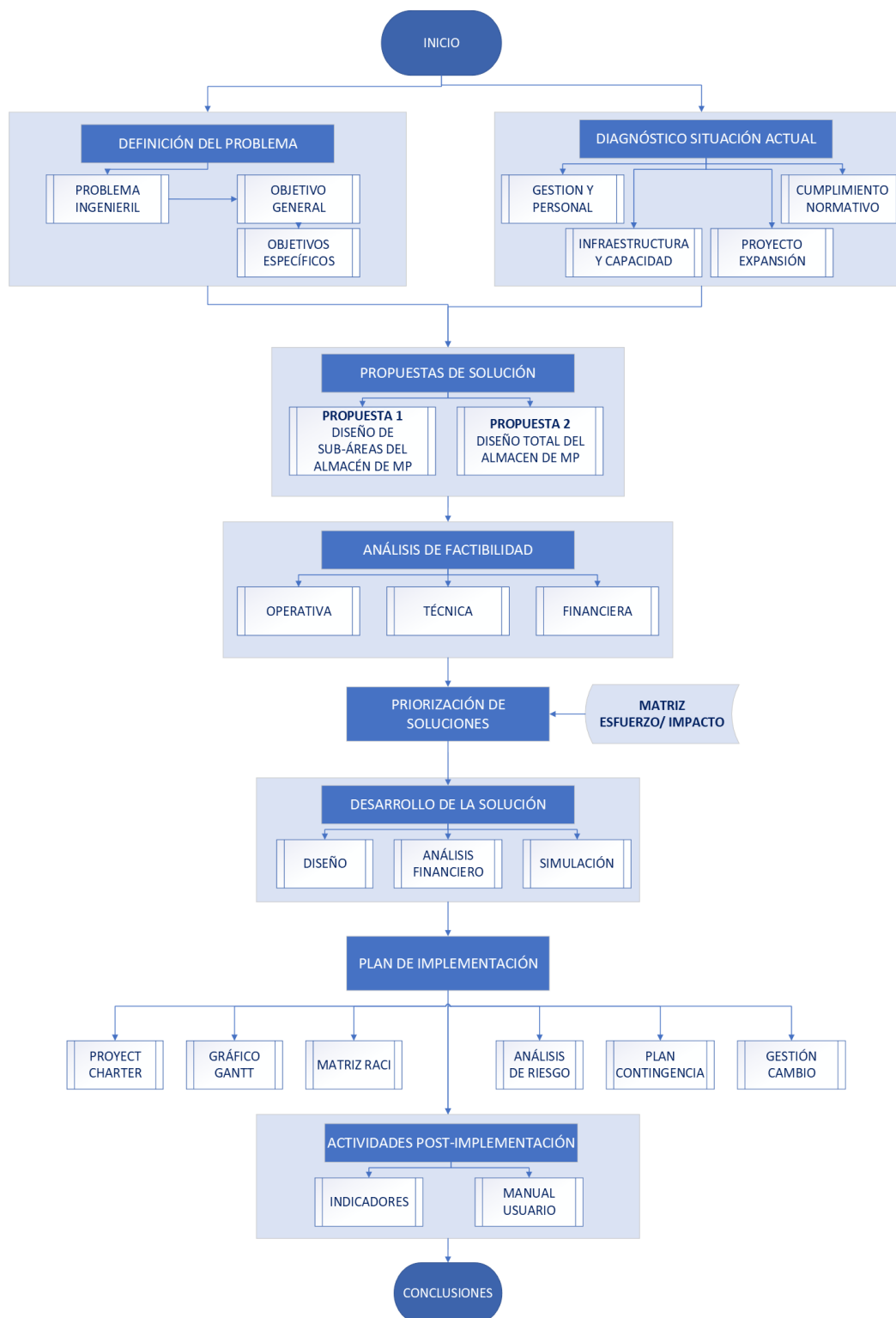
La Junta directiva ha establecido según su experiencia y conocimiento del negocio que se trabaje con un crecimiento del 35% anual, considerando la ampliación de la participación en el mercado privado nacional, lo cual implica competir con importaciones y cubrir nichos de demanda insatisfecha. En este caso, los pronósticos pueden abordarse mediante modelos de tendencia lineal y distribuciones de demanda normal, que permiten calcular escenarios de capacidad y seguridad de inventarios.

4.8 Conclusiones del diagnóstico de situación actual

- a.** En el proceso hay solapamiento de funciones y duplicidad de registros (físico-digital), manejados por un recurso humano que presenta limitaciones en el uso de sistemas electrónicos y en la gestión tecnológica de riesgos, representando un peligro de pérdida de trazabilidad y generando ineficiencia del proceso.
- b.** El cumplimiento normativo resultó deficiente: apenas un 60% de conformidad en criterios críticos y un 44% en mayores, debido a que la infraestructura actual no cumple con los estándares mínimos para garantizar conservación, seguridad y segregación de materiales.
- c.** El almacén de MP presenta una ocupación de área de 134%, con indicios de afectación principal en el área de Cuarentena, lo que confirma un riesgo operativo que compromete la eficiencia logística y la sostenibilidad del crecimiento proyectado.
- d.** En su estado actual, la infraestructura y los procesos de almacenamiento de LabCen no poseen la capacidad técnica ni regulatoria para soportar el proyecto de expansión, se contempla un crecimiento del 35% anual en mercado privado, acompañado de la participación en licitaciones institucionales y la proyección hacia exportaciones.

5. SOLUCIÓN AL PROBLEMA PLANTEADO

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 20 Esquema ingenieril de las alternativas de solución

El esquema de la **Figura No.20** actúa como mapa del análisis de las alternativas de solución. Su propósito es mostrar de manera estructurada cómo los hallazgos del diagnóstico se relacionan con las causas identificadas y con los objetivos del proyecto. A partir de esta conexión lógica se derivan las propuestas y el análisis de su factibilidad, asegurando que las alternativas planteadas no sean ideas aisladas, sino el resultado de un proceso metodológico coherente que vincula problema y diagnóstico para derivar en el desarrollo de la solución más apropiada.

5.1 Introducción

La Junta Directiva de LabCen ha identificado que, para garantizar el crecimiento sostenido de la empresa, será necesario disponer de una nueva planta de producción en el periodo de tres años. Esta decisión responde al comportamiento ascendente de la demanda y a la necesidad de ampliar la capacidad instalada para atender proyectos de expansión de mercado a largo plazo. Bajo este contexto, el sistema de almacenamiento de materias primas constituye un pilar estratégico, ya que asegura el abastecimiento continuo de producción, la preservación de la calidad de los insumos y el cumplimiento de los lineamientos regulatorios establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11.03.42:07 y el Decreto N° 38732-S-COMEX-MEIC.

El análisis de los procesos actuales de almacenamiento de materia prima, desarrollado en el capítulo anterior permitió evidenciar una serie de brechas estructurales y operativas que condicionan la capacidad del sistema; actividad definida como primer objetivo específico del proyecto.

Se determinó que existe solapamiento de funciones y duplicidad de registros físico-digitales, gestionados por personal con limitaciones en el uso de sistemas electrónicos y en la administración tecnológica de riesgos. Esta condición representa una amenaza directa a la trazabilidad de los materiales, incrementa la probabilidad de errores humanos y reduce la eficiencia del proceso.

Asimismo, el cumplimiento normativo resultó deficiente, alcanzando apenas un 60% de conformidad en criterios críticos y un 44% en criterios mayores, reflejando carencias en conservación, seguridad, segregación de materiales y control ambiental dentro del área de almacenamiento.

Otro hallazgo clave fue la ocupación del área de materias primas en un 134%, con afectación principal en el espacio destinado a Cuarentena, lo que confirma un riesgo operativo que compromete tanto la eficiencia logística como la sostenibilidad del crecimiento proyectado.

En su estado actual, la infraestructura y los procesos del almacén no poseen la capacidad técnica ni regulatoria para soportar el plan de expansión definido por la organización, que contempla un crecimiento anual del 35% en el mercado privado, junto con la participación en licitaciones institucionales y la proyección hacia mercados de exportación.

Este panorama, sustenta el problema ingenieril definido inicialmente como, la necesidad de diseñar un modelo de almacén de materias primas que garantice capacidad suficiente, cumplimiento normativo y eficiencia operativa, alineado con los requerimientos de expansión definidos por la Junta Directiva.

En consecuencia, el presente capítulo plantea las soluciones ingenieriles, además del correspondiente análisis de factibilidad operativa, técnica y financiera, que establecerán los criterios necesarios para seleccionar la opción más viable y definir la hoja de ruta de implementación hacia el modelo de almacén propuesto para la nueva planta.

Esta alternativa de solución debe satisfacer los objetivos del proyecto, evaluando la demanda proyectada por la empresa para los próximos 5 años y las brechas existentes frente a los requerimientos técnicos y regulatorios. También incluir el diseño de un modelo de almacén de materia prima eficiente, que contemple elementos para salvaguardar la seguridad humana y automatización con alta tecnología acorde con las necesidades competitivas del mercado. Validar el modelo propuesto mediante simulación en FlexSim, evaluando su desempeño en términos de eficiencia, cumplimiento regulatorio y capacidad de respuesta al crecimiento

proyectado. Por último, proponer un plan de implementación por fases que incluya el diseño de las áreas productivas restantes y la posterior puesta en marcha del modelo de almacén, considerando recursos, tiempos y riesgos asociados.

5.2 Propuestas de solución

A partir de estos factores mencionados anteriormente, se formulan dos alternativas de solución orientadas a garantizar la operación eficiente del sistema y el cumplimiento de la normativa técnica y sanitaria aplicable al nuevo proyecto de planta, así como satisfacción de las necesidades planteadas por la Junta Directiva.

5.2.1 Propuesta 1. Rediseño integral de las sub-áreas del almacén de MP

La primera alternativa se enfoca en una mejora integral de las subáreas que conforman el almacén de materia prima, abarcando la recepción de materiales, el área de muestreo (dispensado) y la zona de cuarentena. Si bien en la situación actual la cuarentena se encuentra físicamente segregada del almacenamiento regular, su capacidad resulta insuficiente y mantiene conexión directa con el área de recepción, lo que genera interferencias en los flujos operativos y riesgo de uso inadecuado de espacios destinados a materiales ya aprobados.

El diagnóstico del capítulo 4 pudo inferir que posiblemente el 34% de los materiales en proceso de análisis se almacenan temporalmente en el área de materias primas liberadas, debido a la saturación del espacio de cuarentena. Asimismo, el área de recepción presenta limitaciones dimensionales que dificultan la descarga desde los vehículos y la adecuada manipulación de contenedores de gran volumen, mientras que el área de muestreo carece de espacio suficiente para el ingreso y manejo ergonómico de estañones y otros recipientes de gran tamaño, generando sobre esfuerzo físico y riesgo de contaminación cruzada.

Ante estas condiciones, la solución planteada es:

- a.** Ampliar el área de cuarentena en 10 m², utilizando un sector contiguo a la recepción de materiales, con paneles modulares sanitarios, flujo unidireccional y señalización conforme a BPM.

- b. Construir un área nueva e independiente de recepción de materiales, separada del flujo principal de cuarentena, con acceso vehicular controlado, zona de descarga cubierta y pasillos para tránsito.
- c. Ampliar el área de muestreo o dispensado, optimizando la altura útil y el ancho de la puerta para permitir el ingreso de caretilas con contenedores grandes (estañones) y facilitar las operaciones de toma de muestra con ergonomía y seguridad.

Estas acciones están orientadas a mejorar la eficiencia y seguridad operativa de las etapas previas al almacenamiento regular, reforzando además el cumplimiento normativo del RTCA 11.03.42:07 en materia de segregación, ventilación, control ambiental y flujo de materiales.

a. Alcance técnico:

- Ampliación del área de cuarentena en 10 m² contiguos a recepción.
- Construcción de una nueva área de recepción de materiales con acceso independiente y cubierta metálica para descarga (4m²).
- Ampliación del área de muestreo/dispensado para ingreso de estañones, con ventilación, iluminación y flujo laminar conforme a RTCA (2m²).
- Instalación de paneles sanitarios modulares, piso epóxico y luminarias IP65.
- Implementación de un sistema digital de trazabilidad (código de barras) y datalogger con alarma.
- Capacitación técnica al personal en manipulación segura, trazabilidad electrónica y procedimientos estandarizados.

b. Equipamiento:

- Carretilla y elevadores para transporte de estañones.
- Lectores de código de barras.
- Dataloggers con alarma.

c. Ventajas:

- Mejora sustancial en el flujo operativo de recepción, cuarentena, muestreo y liberación.
- Cumplimiento reforzado con los criterios normativos del RTCA 11.03.42:07 y BPM.
- Reducción de riesgos de contaminación cruzada y pérdida de trazabilidad.
- No requiere cierre prolongado de operaciones y puede ejecutarse por etapas.
- Inversión moderada y retorno tangible en eficiencia operativa y control.

d. Limitaciones:

- No incrementa la capacidad total del área de almacenamiento regular.
- Requiere coordinación entre almacén, calidad y mantenimiento para la redistribución de flujos y ampliaciones.
- Depende del espacio físico disponible para adaptar la infraestructura existente.

5.2.2 Propuesta 2. Diseño total del almacén de MP

La segunda alternativa consiste en el diseño y construcción de un nuevo almacén de materias primas (MP) dentro del proyecto de expansión de la nueva planta de producción. La nueva instalación se concibe como una solución de mediano y largo plazo que resuelve las limitaciones estructurales, normativas y operativas del sistema actual, garantizando el cumplimiento del RTCA 11.03.42:07, del Decreto N.º 38732-S-COMEX-MEIC y de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Este almacén se diseña bajo una lógica de flujos unidireccionales, iniciando en la recepción, continuando hacia cuarentena (muestreo, liberación) y almacenamiento general, con salida directa hacia el área de producción. La infraestructura se planifica con zonas claramente segregadas por estatus de material (cuarentena, aprobado y rechazado) y con control ambiental sectorizado, asegurando condiciones de temperatura, ventilación y limpieza conforme a la naturaleza de los insumos farmacéuticos manipulados.

El diseño contempla el uso de racks de alta densidad y estanterías modulares, equipos de transporte interno (montacarga de horquilla) y uso integrado del ERP corporativo, que

permitirá la trazabilidad total del material desde su recepción hasta su uso en producción. Además, se incorporarán equipos de identificación por códigos de barra y dispositivos electrónico para digitalización de la información, eliminando la duplicidad de registros físico-digitales detectada en el diagnóstico.

Este nuevo modelo no solo corrige las deficiencias actuales, sino que anticipa las necesidades de la nueva planta proyectada por la Junta Directiva, con una capacidad escalable que permite atender el crecimiento estimado del 35% anual en el mercado privado y la entrada en licitaciones institucionales y exportaciones.

a. Alcance técnico:

- Superficie total aproximada de 325m² de construcción nueva.
- Estructura: obra gris con aislamiento térmico y piso de concreto para alto tránsito.
- Distribución interna: área independiente de recepción, y racks dedicados por estatus de MP (cuarentena, aprobado y rechazado), con flujos unidireccionales.

b. Equipamiento:

- Racks de profundidad doble o sencilla según sector, con capacidad para pallets de gran volumen.
- Control ambiental: Sensores de temperatura y humedad conectados a red de monitoreo.
- Transporte interno mediante vehículo montacargas.
- Uso del módulo de inventario del ERP y dispositivos electrónicos para carga de datos.
- Iluminación LED sanitaria y señalización fotoluminiscente.

c. Ventajas:

- Aumento de la capacidad instalada, garantizando cobertura para el crecimiento proyectado.
- Cumplimiento pleno con RTCA 11.03.42:07 y BPM, asegurando segregación, control ambiental y trazabilidad.

- Automatización integral del registro y control, reduciendo errores humanos y tiempos de operación.
- Mejora de la seguridad del personal y reducción de exposición a manipulación directa.

d. Limitaciones:

- Alta inversión inicial, estimada en aproximadamente \$150.000.000, que incluye obra civil, equipamiento y actualización de software.
- Plazo de ejecución prolongado (12–18 meses), sujeto a trámites de permisos de construcción.
- Requiere coordinación interdepartamental, gestión de cambios documentada y plan de entrenamiento del personal, así como posibles contrataciones de mano de obra especializada.

5.3 Análisis de factibilidad

El análisis de factibilidad tiene como propósito determinar el nivel de viabilidad de las dos propuestas de solución planteadas, considerando tres dimensiones (condiciones técnicas, operativas y financieras) que permitirían su implementación dentro del proyecto de expansión de LabCen.

- Factibilidad técnica, orientada a determinar la compatibilidad de cada alternativa con la infraestructura, los recursos y los requerimientos normativos del RTCA 11.03.42:07 Decreto N.º 38732-S-COMEX-MEIC.
- Factibilidad operativa, centrada en la capacidad del sistema para integrarse a las operaciones existentes sin afectar la continuidad productiva.
- Factibilidad económica, que valora la inversión relativa y el retorno esperado en función de los beneficios logísticos y normativos que aporta cada propuesta.

5.3.1 Factibilidad técnica

La Alternativa 1, enfocada en la mejora integral de las subáreas del almacén actual (recepción, muestreo y cuarentena), requiere únicamente obras civiles menores, instalación de paneles sanitarios, piso epóxico, y ajustes en iluminación, ventilación y trazabilidad electrónica. Su grado de complejidad técnica es bajo, dado que se desarrolla sobre infraestructura existente sin necesidad de modificación estructural. Además, su implementación puede ejecutarse por fases, lo que facilita la coordinación entre almacén, calidad y mantenimiento.

En contraste, la Alternativa 2 plantea la construcción de un nuevo almacén con elementos de automatización, con infraestructura independiente, control ambiental, sistema de racks de alta densidad y una actualización del ERP. Su nivel de complejidad es alto, pues involucra diseño estructural, obra civil mayor, instalación de sistemas eléctricos e industriales, validaciones regulatorias y puesta en marcha de equipos. No obstante, esta opción ofrece una solución definitiva, escalable y alineada con los estándares internacionales de la industria farmacéutica.

5.3.2 Factibilidad operativa

Desde el punto de vista operativo, la Alternativa 1 ofrece una transición sencilla, al ejecutarse dentro de las instalaciones actuales y sobre procesos ya conocidos por el personal. Las mejoras propuestas en la recepción, muestreo y cuarentena permiten reducir los cuellos de botella identificados, eliminar la duplicidad de registros físico-digitales y reforzar el cumplimiento normativo, sin generar interrupciones relevantes en la operación. El grado de impacto operativo se considera bajo, y su adopción inmediata contribuirá a estabilizar los flujos internos y mitigar riesgos de no conformidad.

Por otra parte, la Alternativa 2 implica la adopción de nuevos sistemas tecnológicos y procedimientos operativos, demandando capacitación especializada en el uso del ERP, validación de equipos y nuevos protocolos de manipulación y registro de materiales. El impacto en la operación se clasifica como alto, debido a la curva de aprendizaje inicial y al tiempo requerido para integrar los procesos de calidad y producción. No obstante, una vez

en funcionamiento, esta alternativa ofrece un modelo más eficiente, con reducción de tiempos de manipulación y trazabilidad completa en tiempo real.

5.3.3 Factibilidad económica

En términos financieros, la Alternativa 1 requiere una inversión baja (**Cuadro No.7**, aproximadamente ₡15,000,000) asociada a obras menores, ampliación de muestreo y cuarentena, y digitalización del control de inventario. Su retorno es principalmente cualitativo, expresado en la reducción de riesgos regulatorios, mejora del flujo operativo y aumento de la confiabilidad en los registros.

Cuadro No. 7 Inversión alternativa 1

Categoría	Monto (₡)	% del total
Infraestructura y adecuaciones	8 110 000	53.2 %
Tecnología	4 067 000	26.7 %
Equipamiento	1 557 600	10.2 %
Capacitación	500 000	3.3 %
Capital de trabajo	1 000 000	6.6 %
Total	₡15 234 600	100%

Nota: Elaboración Propia.

La Alternativa 2 demanda una inversión alta (**Cuadro No.8**, ₡150,000,000) debido a la construcción completa del nuevo almacén, adquisición de racks, sistemas de monitoreo ambiental, vehículo montacarga y actualización del software ERP. No obstante, esta alternativa genera un beneficio cuantificable a largo plazo, con incrementos de capacidad superiores, reducción de tiempos de operación, y aumento de la vida útil de la planta, lo que representa un horizonte sostenible para el plan de crecimiento que plantea la Junta Directiva.

Cuadro No. 8 Inversión alternativa 2

Categoría	Monto (₡)	% del total
Infraestructura y adecuaciones	₡102 375 000,00	68%
Racks industriales (54 módulos)	₡27 950 400,00	18%
Montacargas	₡13 558 316,00	9%
Equipos técnicos	₡1 607 000,00	1%

Actualización módulo ERP	€3 000 000,00	2%
Permisos y validaciones	€1 500 000,00	1%
Capacitación del personal	€500 000,00	0%
Capital de trabajo inicial	€1 000 000,00	1%
Total	€151 490 716,00	100%

Nota: Elaboración Propia.

El resumen del análisis de factibilidad de ambas propuestas se puede observar en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 9 Análisis de factibilidad de las alternativas de solución

Criterio de factibilidad	Alternativa 1: Mejora de subáreas del almacén actual	Alternativa 2: Nuevo almacén automatizado de MP
Nivel técnico	Bajo: obras menores, ampliaciones puntuales y rediseño interno	Alto: obra civil completa, elementos de automatización
Cumplimiento regulatorio	Mejora hasta alcanzar niveles de conformidad	Cumplimiento total con RTCA y BPM
Capacidad instalada	Se mantiene igual, optimiza flujos existentes	Incremento de capacidad del almacén de MP
Impacto operativo	Bajo: mínima interferencia con operaciones actuales	Alto: requiere capacitación, validaciones y puesta en marcha
Plazo de ejecución	Corto (≤ 3 meses)	Prolongado (12–18 meses)
Inversión estimada	Baja	Alta
Retorno esperado	Indirecto, a través de eficiencia y reducción de riesgo	Directo, con beneficios productivos y logísticos a largo plazo
Riesgo de implementación	Bajo	Medio–alto
Horizonte de servicio útil	Corto–mediano plazo (3–5 años)	Largo plazo (≈ 15 años)
Valor estratégico	Solución transitoria e inmediata	Solución definitiva y escalable

Nota: Elaboración Propia.

Ambas propuestas son técnicamente viables, pero difieren en alcance y horizonte de impacto. La Alternativa 1 constituye una solución inmediata de mejora operativa y regulatoria, adecuada para el corto plazo, mientras se desarrolla la infraestructura definitiva. Por su parte, la Alternativa 2 representa la solución estructural, concebida para garantizar la expansión de

la nueva planta, la automatización de procesos y la sostenibilidad de la operación en el mediano y largo plazo.

5.4 Priorización de soluciones

Con el fin de establecer la alternativa más conveniente para responder al problema ingenieril definido y garantizar el cumplimiento del objetivo general del proyecto, es necesario realizar una priorización comparativa basada en herramientas de análisis de la fase Mejora de la metodología DMAIC.

La matriz esfuerzo-impacto permite jerarquizar las alternativas a partir de su impacto potencial sobre los objetivos estratégicos del proyecto y del esfuerzo requerido para su implementación, considerando simultáneamente aspectos técnicos, operativos, normativos y económicos.

En este caso, la Alternativa 1, enfocada en la mejora de las subáreas del almacén existente (recepción, muestreo y cuarentena), y la Alternativa 2, orientada al diseño y construcción de un nuevo almacén, se evalúan con base en dos ejes principales de impacto y esfuerzo. Además, cada eje está compuesto por elementos específicos de evaluación que permiten comparar objetivamente el valor agregado y la complejidad de cada propuesta.

Los pesos totales de impacto (85%) y esfuerzo (15%) se establecen en función de la prioridad estratégica de la Junta Directiva, que privilegia la obtención de una solución de alto impacto a largo plazo por encima de la reducción del esfuerzo inicial.

5.4.1 Criterios de evaluación

a. Criterios de impacto:

Reflejan el grado en que cada alternativa contribuye al logro de los objetivos estratégicos del proyecto y al cumplimiento de los requerimientos de la Junta Directiva. El peso por elemento puede observarse en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 10 Elementos del criterio impacto

Criterio de impacto	Descripción	Peso (%)
Cumplimiento normativo	Nivel de conformidad con RTCA 11.03.42:07, BPM y requisitos de auditoría.	30
Capacidad instalada y escalabilidad	Aumento de posiciones efectivas y posibilidad de crecimiento futuro.	25
Eficiencia operativa	Reducción de tiempos, recorridos y reprocesos; mejora en trazabilidad.	20
Sostenibilidad y vida útil	Durabilidad, facilidad de mantenimiento y alineación con la visión de expansión.	10
Total		85

Nota: Elaboración Propia.

b. Criterios de esfuerzo:

Representan la magnitud del trabajo e inversión de recursos necesarios para ejecutar cada alternativa, desde su diseño hasta su puesta en marcha. El peso por elemento puede observarse en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 11 Elementos del criterio esfuerzo

Criterio de esfuerzo	Descripción	Peso (%)
Complejidad técnica	Nivel de especialización de ingeniería, tecnología y construcción requerida.	5
Disponibilidad de recursos	Accesibilidad de materiales, mano de obra calificada y proveedores especializados.	4
Tiempo de ejecución	Duración estimada del proyecto y su impacto en la operación actual.	3
Requerimiento económico	Magnitud de inversión y flujo de caja necesario para su desarrollo.	3
Total		15

Nota: Elaboración Propia.

5.4.2 Evaluación de alternativas

Los elementos que compone cada criterio se califican en una escala de 1 (bajo) a 5 (alto) para los criterios de impacto **Cuadro No.12** y de 1 (bajo esfuerzo) a 5 (alto esfuerzo) para los criterios de esfuerzo **Cuadro No.13**.

Cuadro No. 12 Evaluación de impacto de las alternativas de solución

Criterio de impacto	Peso (%)	A1: Mejora subáreas	A1.Puntaje ponderado	A2: Nuevo almacén	A2.Puntaje ponderado
Cumplimiento normativo	30	4	24,0	5	30,0
Capacidad instalada y escalabilidad	25	2	10,0	5	25,0
Eficiencia operativa	20	2	8,0	5	20,0
Sostenibilidad y vida útil	10	2	4,0	5	10,0
Subtotal impacto (85%)		A1	2,7	A2	5,0

Nota: Elaboración Propia.

Cuadro No. 13 Evaluación de esfuerzo de las alternativas de solución

Criterio de esfuerzo	Peso (%)	A1: Mejora subáreas	A1.Puntaje ponderado	A2: Nuevo almacén	A2.Puntaje ponderado
Complejidad técnica	5	2	2	5	5
Disponibilidad de recursos	4	3	2,4	4	3,2
Tiempo de ejecución	3	2	1,2	5	3
Requerimiento económico	3	3	1,8	5	3
Subtotal esfuerzo (15%)		A1	2,5	A2	4,7
TOTAL GENERAL (Esfuerzo- Impacto) 100%		A1	2,7	A2	5,0

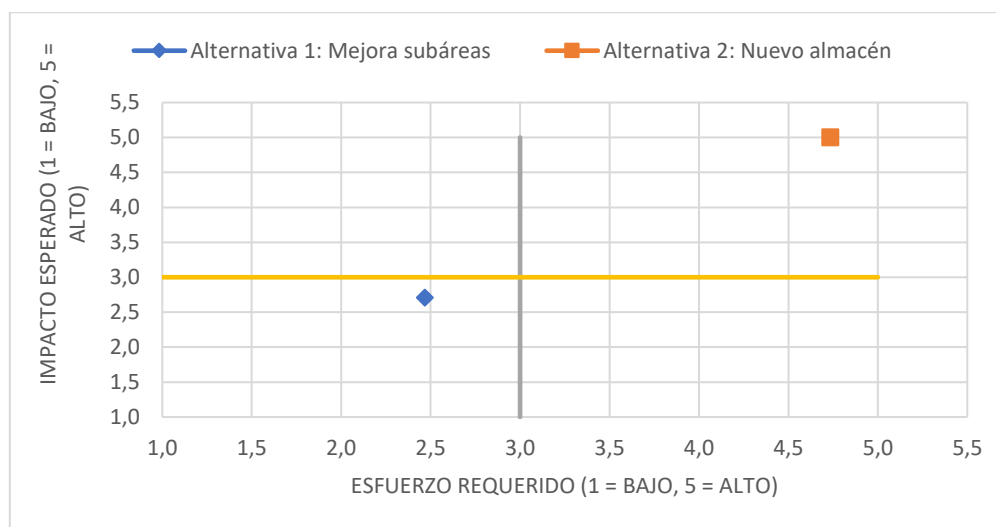
Nota: Elaboración Propia.

La evaluación de priorización confirma que ambas alternativas contribuyen al fortalecimiento del sistema de almacenamiento, pero con alcances y horizontes distintos. La Alternativa 1 se clasifica como una medida táctica de mejora inmediata, orientada a optimizar

flujos internos y elevar el cumplimiento normativo en el corto plazo con un esfuerzo moderado.

En contraste, la Alternativa 2 demuestra un impacto significativamente superior en términos de capacidad y sostenibilidad, alineándose con el requerimiento de la Junta Directiva de disponer de una nueva planta productiva en tres años que garantice una solución definitiva. Aunque demanda un esfuerzo mucho mayor en recursos, ingeniería y tiempo, su ejecución representa una inversión única que elimina la necesidad de intervenciones posteriores, consolidando la infraestructura logística bajo criterios de eficiencia, control ambiental y trazabilidad total.

En consecuencia, y de acuerdo con **la Figura No.21**, la Alternativa 2 es la opción prioritaria para su implementación, al generar el mayor beneficio estratégico, regulatorio y operativo con una sola inversión sostenible a largo plazo, coherente con el objetivo general del proyecto y la visión de expansión de LabCen.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 21 Matriz esfuerzo-impacto alternativas de solución

5.5 Desarrollo de la solución

Tras la evaluación de factibilidad y selección de la alternativa más apropiada, se definió como solución el diseño y adecuación de un nuevo almacén con capacidad para responder al

crecimiento proyectado de producción y el plan de expansión impulsado por la Junta Directiva.

5.5.1 Forecast

El planteamiento del diseño de mejora requiere como primer paso la elaboración de un forecast consolidado que integra el crecimiento orgánico del 35 %, junto con la demanda institucional (CCSS) y la demanda de exportación. La data utilizada se tomó de los reportes del ERP: ingreso de MP de las últimas 20 semanas (**Apéndice F**), salidas de MP para ordenes de producción de 2025 (**Apéndice C**) y el inventario de MP al 19 de setiembre de 2025 (**Apéndice B**). Se utiliza un pronóstico de crecimiento a 108 semanas, con un 60% de peso para forecast en demanda combinada y un 40% para histórico en demanda combinada, los parámetros (Ver configuración completa en **Apéndice G**).

Los principios estadísticos utilizados para obtener los pronósticos para cada una de las aristas del plan de expansión fueron explicados en el diagnóstico de la situación, los cuales son:

a. Exportaciones:

Modelo de series de tiempo con tendencia, mediante el doble suavizamiento exponencial de Holt, el cual pondera entradas y salidas de MP para proyectar un crecimiento sostenido que permite capturar la aceleración progresiva en la demanda.

b. Mercado institucional:

Modelo de series de tiempo cíclicas, donde los incrementos en la demanda están determinados por la adjudicación periódica de licitaciones y no por factores estacionales clásicos. La información base es, el Programa Institucional de Compras Modificación N°55 disponible en el sitio de SICOP (**Anexo 2**) y las recetas genéricas de los productos de interés a suplir contenidos en esa lista (**Apéndice H**), que en conjunto permiten conocer los requerimientos de los SKU correspondientes.

c. Crecimiento del mercado:

La Junta directiva ha establecido según su experiencia y conocimiento del negocio que se trabaje con un crecimiento del 35% anual, considerando la ampliación de la

participación en el mercado privado nacional. En este caso, el modelo seleccionado corresponde a tendencia lineal y distribuciones de demanda normal, que permiten calcular escenarios de capacidad y seguridad de inventarios.

En el **Cuadro No.14** se muestra el resumen del forecast consolidado de almacenamiento mensual, ya que el lead time de análisis es de un mes, contemplando entregas semanales de MP.

Cuadro No. 14 Forecast de almacenamiento de MP proyecto expansión

SKU	Inventario actual	Pedido sugerido	Tipo contenedor	Cantidad x contenedor	Medidas contenedor m ²	Cantidad contenedores necesarios cuarentena	m ² necesarios cuarentena	ROP Final 1 mes inventario	Cantidad contenedores necesarios 1 mes	m ² necesarios 1 mes
C-81	1120,804	4445,255	ESTAÑON	200	0,360	3	1,08	5866,830	30	10,800
C-75	2039,232	3442,274	BALDE	20	0,090	6	0,54	5656,097	284	25,560
B-70	271,980	1406,376	ESTAÑON	170	0,360	1	0,36	1678,356	10	3,600
B-61	482,170	1134,957	SACO	25	0,301	6	1,806	2100,399	85	25,585
C-77	431,985	1137,370	ESTAÑON	200	0,360	1	0,36	1569,355	8	2,880
B-69	273,895	941,145	ESTAÑON	180	0,360	1	0,36	1215,040	7	2,520
C-80	439,513	614,936	PICHINGA	20	0,068	5	0,338	1054,449	53	3,583
A-60	295,410	660,079	ESTAÑON	200	0,360	1	0,36	955,489	5	1,800
C-74	345,143	131,883	ESTAÑON	250	0,360	1	0,36	975,900	4	1,440
C-60	133,390	290,536	ESTAÑON	170	0,360	1	0,36	792,648	6	2,160
C-87	80,170	323,440	ESTAÑON	200	0,360	1	0,36	403,610	3	1,080
A-27	43,115	351,218	PICHINGA	20	0,068	2	0,1352	394,333	20	1,352
A-75	122,509	259,254	ESTAÑON	150	0,212	1	0,2116	381,763	3	0,635
B-53	85,320	170,278	SACO	25	0,301	1	0,301	255,598	11	3,311
A-01	14,133	231,454	BALDE	25	0,090	1	0,09	245,587	10	0,900
B-66	87,970	104,252	SACO	50	0,301	1	0,301	192,222	4	1,204
C-51	48,000	140,193	CJX24	500	0,115	1	0,1147	188,193	1	0,115
C-82	89,900	96,333	ESTAÑON	100	0,212	1	0,2116	186,234	2	0,423
B-50	0,000	180,106	NF	NF	NF	0	0	180,106	0	0,000
B-93	54,400	82,098	BOLSA	15	0,115	1	0,1147	136,498	10	1,147
A-118	27,310	73,442	PICHINGA	20	0,068	2	0,1352	982,773	51	3,448
C-86	101,609	0,000	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	163,228	9	0,608
A-114	34,445	40,629	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	75,074	4	0,270
A-05	12,880	47,753	BALDE	25	0,090	1	0,09	60,633	3	0,270
A-79	17,154	33,576	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	50,730	3	0,203
A-07	33,570	11,785	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	45,493	4	0,270

A-63	23,800	17,150	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	126,699	8	0,541
A-142	30,695	9,059	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	39,754	2	0,135
A-22	0,000	37,062	NF	NF	NF	0	0	37,062	0	0,000
A-64	23,425	10,700	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	34,125	2	0,135
B-85	21,750	11,435	SACO	25	0,301	1	0,301	311,718	14	4,214
B-25	11,909	21,222	ESTAÑON	25	0,084	1	0,0841	33,131	2	0,168
A-46	225,090	0,000	ESTAÑON	200	0,360	1	0,36	27,190	1	0,360
B-14	18,317	3,268	SACO	25	0,301	1	0,301	107,424	5	1,505
B-03	9,675	11,263	SACO	25	0,301	1	0,301	30,222	2	0,602
C-03	4,100	16,433	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	20,533	6	0,116
B-15	48,418	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	24,860	2	0,602
A-124	0,940	18,342	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	19,282	1	0,068
B-60	5,096	12,931	BOLSA	1	0,017	2	0,0338	20,579	22	0,372
A-117	20,365	0,000	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	17,962	1	0,068
B-97	13,980	3,952	SACO	7	0,151	1	0,1505	17,932	3	0,452
C-84	38,496	0,000	GARRAFAS	4	0,026	1	0,0256	17,826	5	0,128
A-11	15,970	0,000	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	190,114	52	1,007
C-54	12,605	0,806	BALDE	20	0,090	1	0,09	113,219	6	0,540
A-09	16,804	0,000	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	12,352	1	0,068
C-92	1,981	10,046	BOTELLA	0,5	0,017	2	0,0338	12,027	25	0,423
A-12	1,525	10,375	BOLSA	5	0,068	1	0,0676	11,900	3	0,203
B-29	5,275	6,589	ESTAÑON	25	0,084	1	0,0841	11,864	1	0,084
B-55	21,514	0,000	ESTAÑON	25	0,084	1	0,0841	11,592	1	0,084
A-51	17,565	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	10,598	1	0,301
B-101	20,842	0,000	BALDE	20	0,090	1	0,09	10,493	1	0,090
C-40	0,736	9,341	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	10,077	3	0,058
C-28	5,250	4,577	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	9,827	1	0,068
C-56	0,105	9,568	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	9,673	3	0,058
A-14	24,400	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	9,425	1	0,301
C-85	12,120	0,000	BALDE	20	0,090	1	0,09	12,319	2	0,180
A-15	15,710	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	369,404	16	4,816
B-02	1,720	5,230	SACO	25	0,301	1	0,301	6,950	1	0,301
A-126	4,860	0,440	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	5,300	2	0,039
C-72	3,463	1,169	BOTELLA	0,12	0,017	6	0,1014	4,632	39	0,659
C-71	1,441	2,694	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	4,135	2	0,039
C-46	0,373	3,706	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	4,079	2	0,039
C-49	0,642	3,165	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	3,807	2	0,039
A-16	3,074	0,667	BALDE	2	0,068	1	0,0676	3,741	2	0,135
A-97	1,950	1,782	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	3,732	2	0,039
C-44	1,680	1,716	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	3,396	1	0,019
B-52	1,139	2,207	BOLSA	5	0,115	1	0,1147	3,346	1	0,115

C-48	1,132	2,077	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	3,209	1	0,019
A-17	1,880	1,172	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	3,052	1	0,019
B-68	35,639	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	2,953	1	0,301
C-36	2,150	0,589	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,739	1	0,019
C-93	0,904	1,742	BOTELLA	0,12	0,017	2	0,0338	2,646	23	0,389
B-77	3,142	0,000	SACO	25	0,301	1	0,301	4,929	2	0,602
C-17	0,930	1,648	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,578	1	0,019
B-24	1,622	0,907	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,529	1	0,019
C-61	14,776	0,000	BALDE	20	0,090	1	0,09	2,524	1	0,090
B-44	0,795	1,618	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	2,412	3	0,051
B-58	13,908	0,000	BALDE	25	0,090	1	0,09	72,983	4	0,360
C-45	0,622	1,758	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,380	1	0,019
B-41	0,035	2,336	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	2,371	3	0,051
A-02	0,920	1,410	BALDE	25	0,090	1	0,09	2,330	1	0,090
A-54	0,920	1,410	BALDE	25	0,090	1	0,09	2,330	1	0,090
B-99	1,331	0,941	BALDE	1	0,017	1	0,0169	2,272	3	0,051
A-69	0,784	1,479	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,263	1	0,019
A-115	1,663	0,595	PICHINGA	20	0,068	1	0,0676	2,258	1	0,068
A-125	17,428	0,000	BOLSA	15	0,115	1	0,1147	2,210	1	0,115
B-47	1,998	0,184	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	2,182	3	0,051
C-32	0,387	1,778	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,166	1	0,019
B-100	3,665	0,000	BOTELLA	1	0,017	1	0,0169	2,165	3	0,051
C-43	0,352	1,804	BOTELLA	1	0,017	1	0,0169	3,549	5	0,085
B-59	1,420	0,733	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	22,816	24	0,406
C-34	1,324	0,828	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,153	1	0,019
C-19	0,355	1,796	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,151	1	0,019
B-36	6,425	0,000	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	2,130	3	0,051
C-12	0,924	1,197	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,121	1	0,019
A-134	4,627	0,000	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,099	1	0,019
C-35	1,349	0,748	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,097	1	0,019
A-91	14,014	0,000	BALDE	20	0,090	1	0,09	2,090	1	0,090
A-68	0,503	1,583	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,087	1	0,019
A-121	3,559	0,000	GALON	3,7	0,019	1	0,01936	2,043	1	0,019
B-45	0,576	1,464	BALDE	1	0,017	1	0,0169	2,040	3	0,051
B-105	8,480	0,000	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	19,171	21	0,355
J-13	1,273	0,731	BOLSA	1	0,017	1	0,0169	2,004	3	0,051
A-03	9,625	0,000	PICHINGA	20	0,068	0	0	2,000	1	0,068
A-08	2,905	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-100	0,965	1,035	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-102	4,235	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-103	0,460	1,540	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019

A-104	0,165	1,835	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-106	2,780	0,000	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
A-111	0,295	1,705	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-116	0,200	1,800	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-119	6,500	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-120	1,050	0,950	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-123	0,975	1,025	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-131	0,985	1,015	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
A-132	4,950	0,000	BALDE	20	0,090	0	0	2,000	1	0,090
A-133	0,725	1,275	BALDE	25	0,090	0	0	2,000	1	0,090
A-135	0,090	1,910	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-20	4,890	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-21	7,000	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-23	14,095	0,000	BALDE	2	0,068	0	0	2,000	1	0,068
A-52	9,855	0,000	BALDE	25	0,090	0	0	2,000	1	0,090
A-56	1,320	0,680	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-57	3,140	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-58	6,540	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-59	0,295	1,705	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-61	10,664	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-62	0,660	1,340	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-71	3,444	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-76	3,470	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-77	3,360	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-81	2,980	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-82	2,900	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
A-95	3,440	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
B-07	3,185	0,000	SACO	25	0,301	0	0	2,000	1	0,301
B-103	0,836	1,164	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
B-104	17,470	0,000	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
B-106	4,420	0,000	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
B-32	24,215	0,000	BOLSA	2	0,017	0	0	2,000	1	0,017
B-46	0,575	1,425	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
B-65	0,224	1,776	SACO	25	0,301	0	0	93,653	5	1,505
B-86	1,970	0,030	BALDE	7	0,115	0	0	2,000	1	0,115
B-91	1,380	0,620	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
B-98	138,000	0,000	CAJA	12	0,140	0	0	2,000	1	0,140
C-101	2,050	0,000	BALDE	20	0,090	0	0	2,000	1	0,090
C-102	24,990	0,000	BALDE	20	0,090	0	0	2,000	1	0,090
C-105	1,000	1,000	BALDE	20	0,090	0	0	2,000	1	0,090

C-106	0,865	1,135	BALDE	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
C-107	0,485	1,515	BOLSA	1	0,017	0	0	2,000	2	0,034
C-20	6,435	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
C-66	0,360	1,640	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
C-68	6,770	0,000	GALON	4	0,019	0	0	2,000	1	0,019
C-73	3,075	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
C-76	2,250	0,000	ESTAÑON	180	0,360	0	0	2,000	1	0,360
C-83	32,260	0,000	PICHINGA	25	0,068	0	0	2,000	1	0,068
C-94	3,765	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
C-96	2,505	0,000	GALON	3,7	0,019	0	0	2,000	1	0,019
J-24	3,000	0,000	0	0	0,000	0	0	2,000	0	0,000

Nota: Elaboración Propia.

El pronóstico estimó un requerimiento de superficie de almacenamiento mensual para producto aprobado (almacenamiento regular) de 122,137m² y para producto en cuarentena de 14,556m².

Sobre esta base se dimensionó la infraestructura del almacén, incorporando pasillos y áreas auxiliares, alcanzando una superficie total útil aproximada de 325 m².

5.5.2 Diseño físico y distribución del almacén

El layout propuesto, representado en la **Figura No 22**, responde a un modelo modular con flujo lateral y cuatro bloques de racks de 14 m de frente por 1.5 m de fondo y altura total de 4.86 m, con tres niveles de almacenamiento.

a. Principales características del diseño:

- Geometría general: racks contra las dos paredes laterales (1.5 m cada uno) y dos racks adosados al centro (3.0 m).
- Pasillos operativos: dos pasillos de 3.2 m, calculados según el radio de giro y longitud de la estibadora de horquilla (ancho = 1.8 + 1.2 + 0.2 = 3.2 m).
- Pasillo superior de flujo: 3.0 m de ancho con entrada al lado derecho y salida al izquierdo.

b. Zonificación:

- Cuarentena: rack junto a la pared próxima a la entrada.
- Rechazado: rack opuesto, con acceso restringido.
- Aprobado: todos los demás racks.
- Áreas adicionales: recepción, muestreo, picking y esclusa de despacho hacia el área de producción.

c. Medidas totales del recinto:

Ancho = 18.2 m; largo = 18.0 m; superficie $\approx 155 \text{ m}^2$.

d. Equipamiento:

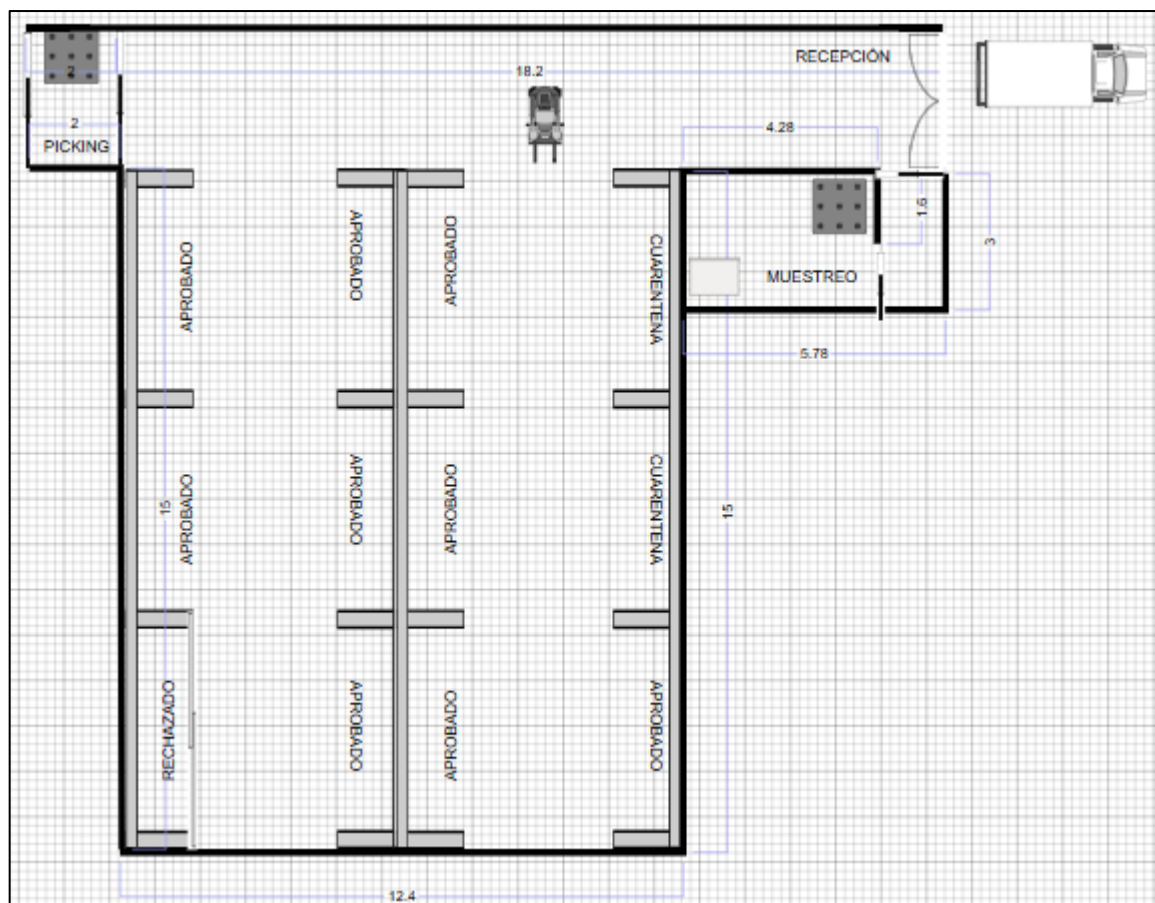
Un montacargas de horquilla con altura útil para tres niveles.

e. Mano de obra:

Dos operarios por turno.

f. Servicios complementarios:

Monitoreo de humedad y temperatura, iluminación LED sanitaria, sistema contra incendios, aislamiento térmico y conectividad de red.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 22 Layout propuesto

Este layout está previsto para la duplicación de la infraestructura con en diseño en espejo para el almacén de Producto Terminado, ambos formarán parte de un modelo en U permitiendo el flujo eficiente de materiales en la planta nueva.

5.5.3 Análisis financiero de la solución

El análisis financiero se realizó con el propósito de determinar la viabilidad económica de la alternativa seleccionada, integrando los flujos de efectivo proyectados a partir de la inversión inicial, los costos operativos estimados y los ingresos esperados en un horizonte de 12 meses. La evaluación se efectuó bajo el principio del valor del dinero en el tiempo, utilizando una tasa de descuento equivalente al costo de oportunidad del capital.

La inversión inicial será financiada mediante un crédito otorgado por el Sistema de Banca para el Desarrollo, gestionado a través de una entidad bancaria privada, con una tasa de interés anual del 7.55 % y un plazo de 180 meses (Ver **Anexo 3**). El monto de inversión se determinó con base en el Manual de valores base por tipología constructiva del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (Manual de valores base por tipología constructiva, 2022), complementado con cotizaciones actualizadas de los requerimientos específicos del proyecto. Los gastos operativos y la depreciación se estimaron a partir de registros contables y parámetros internos de la organización.

Los ingresos proyectados se calcularon conforme a los precios de referencia establecidos en las licitaciones del Programa Institucional de Compras SICOP Modificación N.º 55, integrando además los incrementos en ventas derivados del plan de expansión comercial de la empresa.

Con estos datos, se elaboró el flujo de caja del proyecto y se aplicaron los criterios clásicos de evaluación financiera (Ver **Apéndice I**): Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación Descontado o Playback. El resumen de los indicadores calculados que se encuentran en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 15 Indicadores financieros de viabilidad del proyecto

Indicador	Resultado	Interpretación
Valor Actual Neto (VAN)	€359 296 146	Positivo; indica que el proyecto genera valor para LabCen, superando el costo de oportunidad del capital
Tasa Interna de Retorno (TIR)	13 %	Superior a la tasa de corte utilizada; refleja una rentabilidad aceptable respecto al riesgo del proyecto
Playback descontado (PR)	6 meses y 21 días	Recuperación del capital invertido antes del final del horizonte de evaluación, evidenciando liquidez razonable

Nota: Elaboración Propia.

Los indicadores financieros reflejan que la alternativa propuesta es financieramente viable y rentable. El VAN positivo evidencia generación de valor en términos presentes, mientras que la TIR superior al costo de oportunidad confirma la capacidad del proyecto para generar

retornos atractivos. Asimismo, el período de recuperación descontado se mantiene dentro de límites prudentes, garantizando flujo de caja suficiente para atender los compromisos crediticios.

a. Conclusión financiera:

El análisis demuestra que la implementación de la alternativa seleccionada representa una decisión económicamente sólida, con capacidad para incrementar la eficiencia operativa, elevar la capacidad productiva y sostener el crecimiento proyectado de la empresa durante los 2 años siguientes a la puesta en marcha. En consecuencia, es recomendable su ejecución, al cumplir con los criterios de rentabilidad, liquidez y sostenibilidad financiera establecidos en la metodología de evaluación.

5.5.4 Validación

La validación del layout propuesto se efectuó mediante simulación discreta en FlexSim, con el objetivo de confirmar que la capacidad de almacenamiento y los flujos definidos en el diseño físico permiten atender la demanda prevista sin generar saturación del sistema. El alcance del modelo se limitó a verificar la capacidad instalada del almacén, sin contemplar tiempos de recepción ni despacho, dado que la evaluación se centró en el comportamiento del espacio de almacenamiento bajo condiciones controladas. Por ello, no se incorporó aleatoriedad en las llegadas de materias primas y se adoptó un enfoque Just inTime para las salidas asociadas al proceso de picking.

a. Parámetros del modelo:

- Capacidad total de almacenamiento: 155,52 m² distribuidos en 4 bloques de racks de tres niveles.
- Recursos modelados: dos operarios asignados, uno de ellos operará un montacarga de horquilla con elevación suficiente para los tres niveles (pero se representa como persona en el modelo).
- Áreas funcionales: recepción y picking.

- Horizonte de simulación: 1 mes de operación continua.
- Entradas y salidas: distribuidas según nueve tipos de SKU, con consumos semanales basados en forecast (**Cuadro No.14**).

El Process Flow del Modelo almacén MP se encuentra detallado en el **Apéndice J**.

b. Ejecución y resultados:

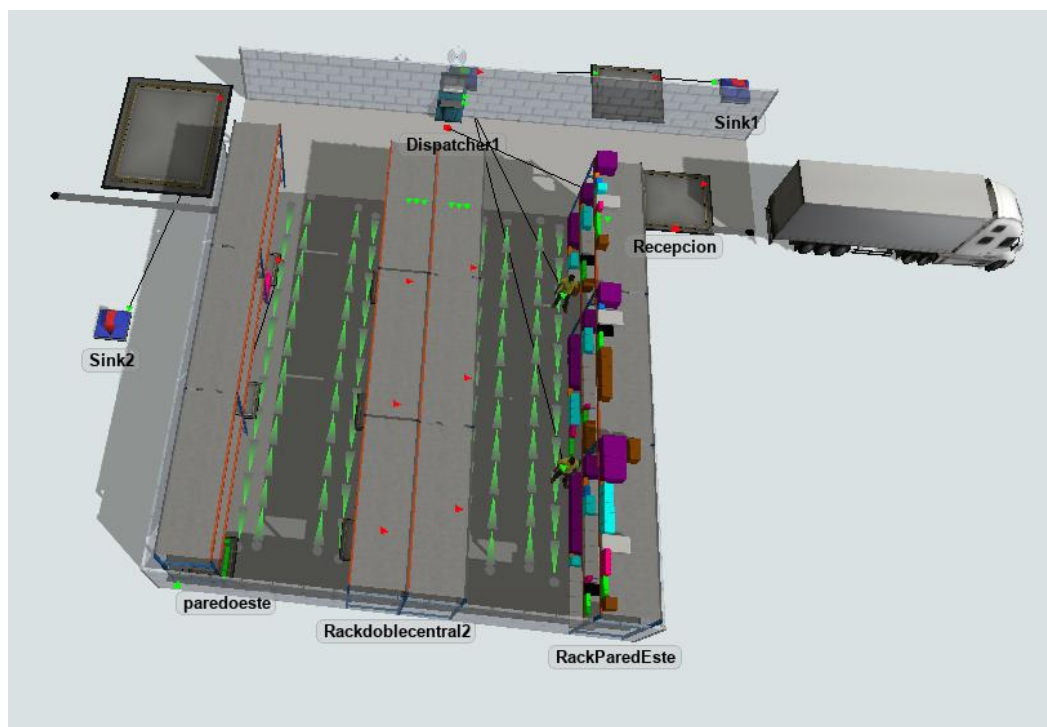
El modelo representó el flujo de entrada de materias primas, su ubicación en estanterías, respetando el lead time de Cuarentena de 1 semana, y el posterior retiro mediante picking controlado.

Cuadro No. 16 Resultados de la simulación FlexSim por tipo de contenedor (SKU)

Tipo de contenedor		Despachos FlexSim 1 mes+ leadtime cuarentena	Inventario actual FlexSim	Inventario cuarentena FlexSim	Total
1	Estañón	49	5	16	70
2	Balde	251	10	19	280
3	Bolsa	152	3	13	168
4	Garrafa	41	52	5	98
5	Pichinga	102	5	21	128
6	Saco	75	12	19	106
7	Botella	96	4	12	112
8	Caja	29	0	5	34
9	Galón	99	6	25	130
TOTAL		894	97	135	1126

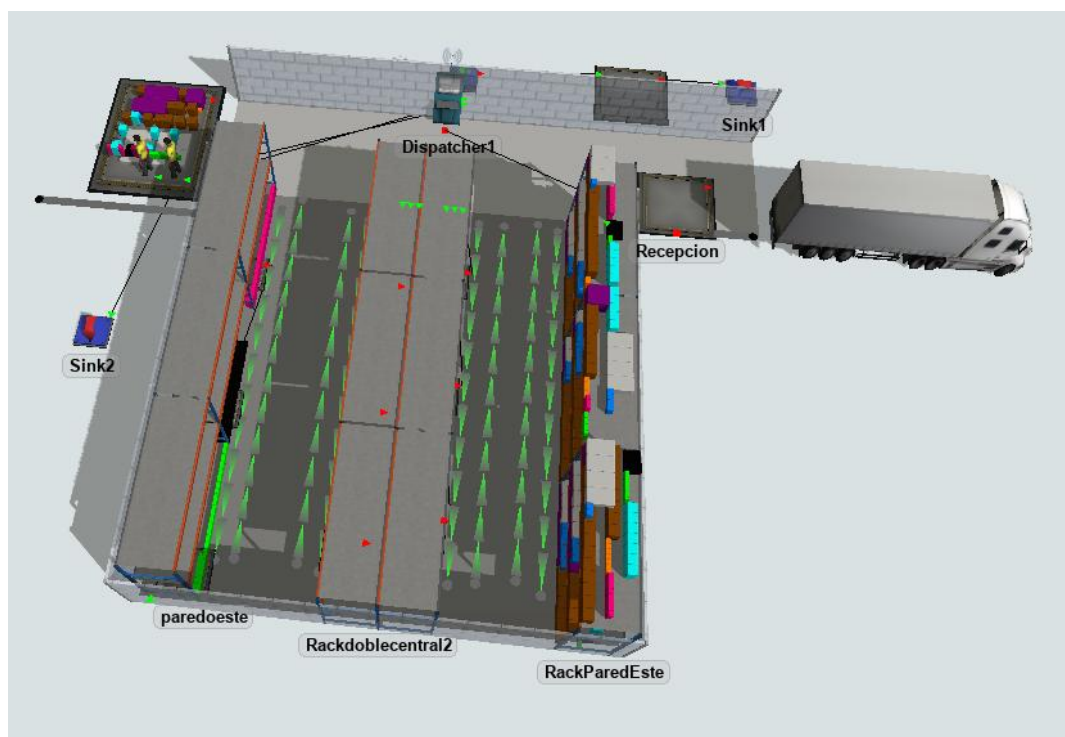
Nota: Elaboración Propia.

En la **Figura No.23** correspondiente al **modelo base (T0)** se observa la disposición inicial sin operaciones de salida, mientras que la **configuración TX (Figura No.24)** incorpora los ciclos completos de almacenamiento y retiro, mostrando un flujo continuo y sin bloqueos entre las áreas.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 23 Modelo base almacén MP (T0)



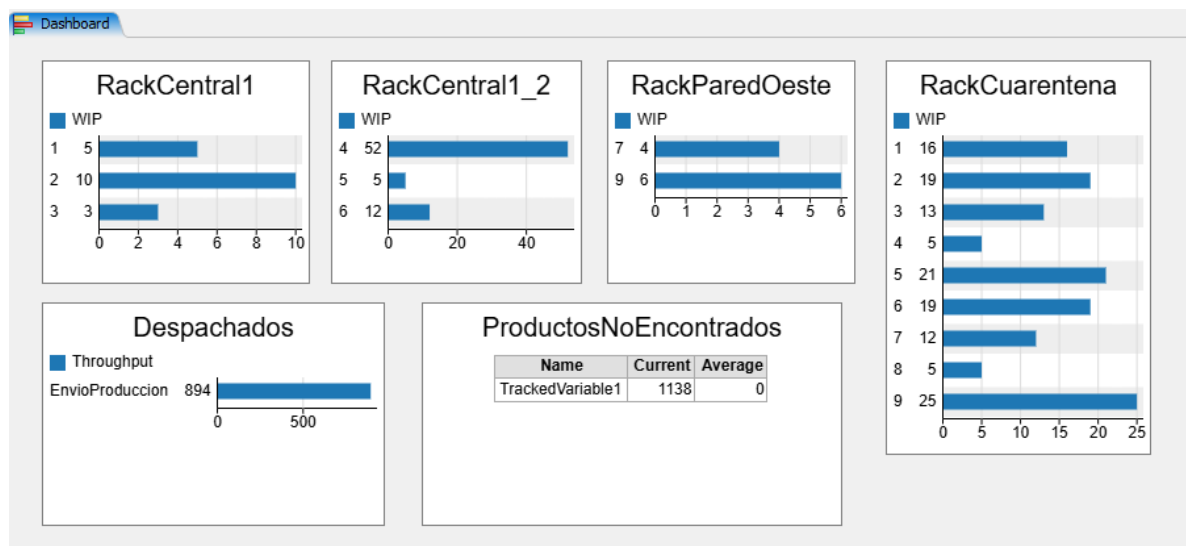
Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 24 Modelo en proceso almacén MP (TX)

El dashboard de FlexSim (**Figura No.25**) permitió monitorear la ocupación de los racks principales y el flujo de salida de materia prima hacia producción.

- Racks Centrales: registraron ocupaciones entre 4 y 37 unidades por nivel, reflejando la concentración de SKU de mayor rotación.
- Rack Pared Oeste: mantuvo una ocupación estable de 6 a 7 unidades por nivel, cumpliendo la función de almacenamiento auxiliar.
- Rack de Cuarentena: alcanzó entre 5 y 25 unidades según tipo de SKU, lo que confirma que el área reservada para materiales en inspección es suficiente para el flujo esperado.

El indicador de Despachados (**Figura No.25**) mostró un total de 894 unidades enviadas a producción durante el periodo simulado, validando la capacidad operativa del sistema bajo el patrón de consumo modelado.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 25 Dashboard FlexSim almacén MP

El comportamiento general del modelo evidenció que los racks no alcanzaron saturación y que la rotación de materiales se mantuvo fluida durante el mes simulado. Esto sugiere que la capacidad de almacenamiento es adecuada para el nivel operativo proyectado.

Adicionalmente, se realizó una comparación entre la cantidad de contenedores requeridos según el forecast mensual y los resultados del modelo FlexSim, según se muestra en el **Cuadro No.17**. La similitud entre ambos valores confirma que el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento operativo esperado, por lo que puede considerarse representativo de la realidad del sistema.

Cuadro No. 17 Comparación entre forecast y resultados de FlexSim (1 mes)

Nº	Tipo de contenedor	FlexSim – Total contenedores (1 mes)	Forecast – Contenedores necesarios (1 mes)
1	Estañón	70	84
2	Balde	280	332
3	Bolsa	168	112
4	Garrafas	98	5
5	Pichinga	128	163
6	Saco	106	154
7	Botella	112	95
8	Caja	34	1
9	Galón	130	122
10	CJX24	0	1
TOTAL		1.126	1.069

Nota: Elaboración Propia.

La comparación entre el forecast mensual y los resultados del modelo FlexSim evidenció una diferencia global de 5,3 %. Dicho valor indica que el modelo reproduce el comportamiento operativo con una desviación menor al 10 %, lo que en simulación de sistemas logísticos se considera una alta correspondencia entre el modelo y la realidad esperada.

c. Conclusión de la validación:

La simulación confirma que el layout propuesto posee capacidad suficiente para manejar los volúmenes de almacenamiento y despacho definidos. Los niveles de ocupación observados en los racks permanecieron dentro del margen operativo y no

se detectaron cuellos de botella en las áreas de recepción, picking ni despacho. El sistema mantiene estabilidad estructural y operativa bajo el escenario modelado, por lo que el diseño puede considerarse válido desde el punto de vista de capacidad y flujo interno.

5.6 Plan de implementación

El plan de implementación constituye la fase final del proyecto de mejora, en la que se estructura la ejecución técnica, administrativa y operativa de la Alternativa 2: Construcción del nuevo almacén de materia prima (MP). Esta etapa traduce el diseño propuesto en acciones concretas, asegurando la materialización de los objetivos definidos en la fase de mejora y la sostenibilidad de los resultados a largo plazo.

La implementación del nuevo almacén representa un proceso integral que combina ingeniería civil, validaciones regulatorias, integración tecnológica y gestión del cambio organizacional. Su desarrollo debe realizarse bajo un enfoque de gestión de proyectos, alineado con la metodología DMAIC y los principios de control establecidos en la fase “Controlar” del marco metodológico, garantizando la trazabilidad de las actividades, la mitigación de riesgos y el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

5.6.1 Project Charter

La **Figura No.26** presenta el Project Charter del proyecto Diseño total del almacén de MP, documento base que formaliza el inicio del proyecto y define sus lineamientos principales. En él se detallan el caso de negocio, el alcance, los responsables y las fechas clave para la ejecución de la alternativa seleccionada. Este instrumento sirve como marco de referencia para la gestión del proyecto, asegurando la alineación entre los miembros del Equipo, además de establecer las metas de capacidad y cumplimiento normativo que guiarán el desarrollo del nuevo almacén de MP.

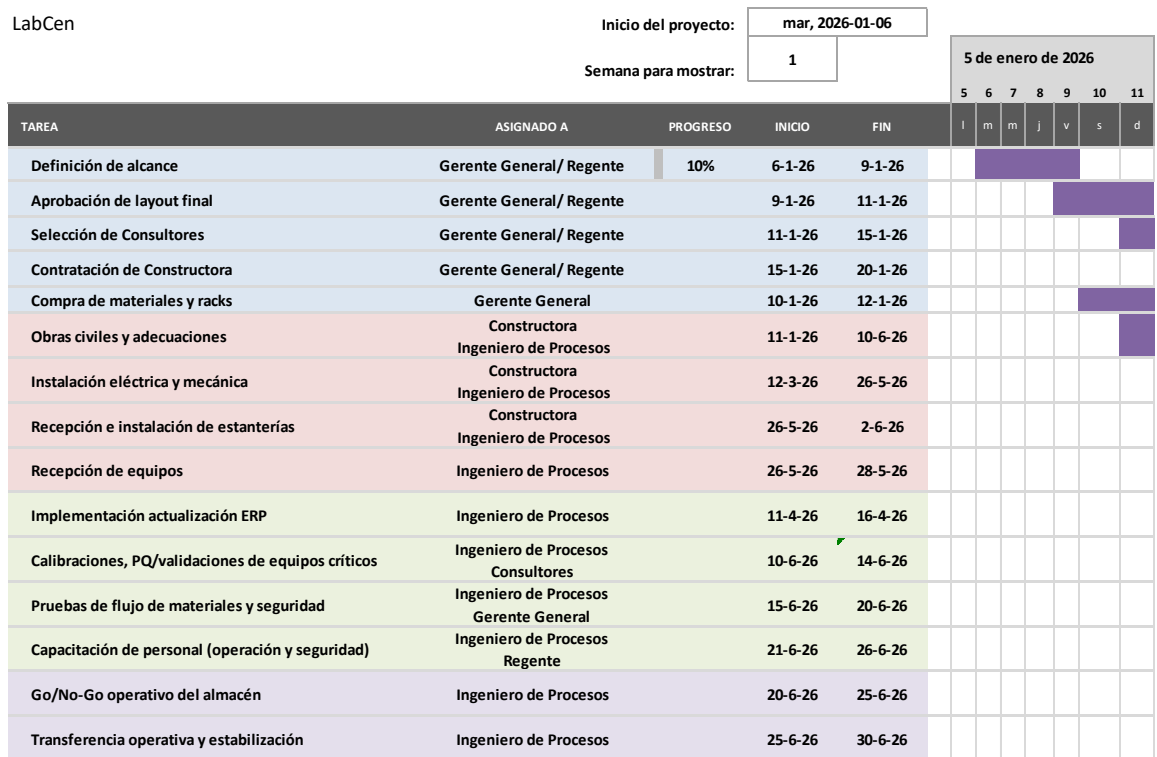
Empresa:		LabCen		Proyecto:		Diseño total del almacén de MP																		
Proceso:		Almacenamiento de MP		Líder del Proceso:		Gerencia General / Ingeniería de Procesos																		
Paso 1	Caso de Negocio:			Alcance del Proyecto																				
	Incrementar capacidad y cumplimiento BPM-RTCA en almacenamiento de MP; reducir riesgo de no conformidades, errores de trazabilidad y tiempos de ciclo.			Alcance: - Obras civiles y acabados sanitarios. - Instalación de racks, sistemas eléctricos e iluminación. - Sensores T/H y datalogger. - Integración del módulo de inventarios ERP. - Capacitación y validaciones IQ/OQ/PQ. - Arranque controlado y auditoría de cierre. Limitaciones: AS/RS y automatización de racks; ampliación de planta; simulación avanzada; montacargas adicional fuera del presupuesto.																				
Paso 2	Problema / Declaración de oportunidad:			Plan Preliminar:																				
	Saturación del 134% en área de MP y brechas de cumplimiento BPM. Riesgo en cuarentena y trazabilidad. La infraestructura actual no soporta el crecimiento definido.			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fase</th> <th>Fecha</th> <th>Fecha Real</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir</td> <td>30/9/2025</td> <td>30/9/2025</td> </tr> <tr> <td>Medir</td> <td>31/10/2025</td> <td>30/9/2025</td> </tr> <tr> <td>Analizar</td> <td>31/12/2025</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Implementar</td> <td>1/1/2026</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Controlar</td> <td>30/6/2026</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Fase	Fecha	Fecha Real	Definir	30/9/2025	30/9/2025	Medir	31/10/2025	30/9/2025	Analizar	31/12/2025		Implementar	1/1/2026		Controlar	30/6/2026
Fase	Fecha	Fecha Real																						
Definir	30/9/2025	30/9/2025																						
Medir	31/10/2025	30/9/2025																						
Analizar	31/12/2025																							
Implementar	1/1/2026																							
Controlar	30/6/2026																							
Paso 3	Clientes:			Equipo	Nombre	Puesto	Tiempo dedicación																	
	Internos:			Patrocinador	A.Robles	Gerente General	20%																	
	Área de Producción Área de Calidad			Líder Proyecto	A.Robles	Gerente General	20%																	
	Externos:			Dueño del Proceso	E.Field	Regente Farmacéutica	30%																	
	Clientes institucionales/exportación Ministerio de Salud			Otros Miembros del equipo	J.Gamboa	Ingeniero de procesos	100%																	
				Por definir	Consultores Externos (Eléctrico, Estructural, Validación)	100%																		
Paso 4	Meta del Proyecto:			Interesados en el Proyecto:																				
	Cumplimiento $\geq 95\%$ BPM-RTCA; +35% capacidad de almacenamiento; reducción de errores de trazabilidad; operación estandarizada y segura.			Producción / Compras / Calidad/ Mantenimiento/ Finanzas																				
Paso 5	Métricas (Indicadores)			Riesgos del Proyecto																				
	Tiempo recepción→ubicación; % desviaciones T/H vs RTCA; % exactitud inventario; % disponibilidad ERP; % conformidad auditoría interna.			Atrasos en permisos o construcción, o llegada de materiales. Controles ambientales ineficientes Falla eléctrica o interrupciones en instalación																				
Paso 6	Beneficio			Preparado por: J.Gamboa		Aprobado por: A.Robles																		
	Hard	Soft		Fecha:		Fecha:																		
	Aumentomayor al 35% de capacidad de almacenamiento	Cumplimiento $\geq 95\%$ BPM-RTCA.		Firma:		Firma:																		

Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 26 Project Charter

5.6.2 Diagrama Gantt

El cronograma de implementación del proyecto está elaborado bajo el formato de diagrama de Gantt (**Figura No.27**). En la herramienta en Excel se visualiza, en el periodo de semanas seleccionadas, la secuencia lógica de actividades, sus responsables y las fechas de inicio y finalización estimadas. Este cronograma permite monitorear el avance físico y administrativo del proyecto, facilitando la coordinación entre la Gerencia General, Ingeniería de Procesos, la constructora y las áreas de apoyo técnico. Su uso garantiza el control del progreso y la ejecución oportuna de las etapas críticas, desde la definición del alcance hasta la transferencia operativa del nuevo almacén, conforme a las metas establecidas en el Project Charter.



Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 27 Cronograma del proyecto

5.6.3 Matriz de involucrados

La matriz de la **Cuadro No.18** se utilizada para definir con claridad los niveles de responsabilidad y participación de cada actor involucrado en la implementación. En esta herramienta se asignan los roles de Ejecutor (R), Verificador (A), Consultor (C) y Notificado (I), a las diferentes áreas: Gerencia General, Ingeniería de Procesos, Consultores, Compras y

Regente. Esta distribución asegura una gestión eficiente de las actividades, minimiza solapamientos y facilita la trazabilidad de decisiones durante todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la transferencia operativa del nuevo almacén.

Cuadro No. 18 Matriz RACI del proyecto

Nº	Actividad	Gerente general	Ingeniero Procesos	Consultor	Compras	Regente
1	Definición de alcance	R	R	I	C	A
2	Aprobación de layout final	R	C	C	I	A
3	Selección de Consultores	R	R	I	C	A
4	Contratación de Constructora	R	C	I	R	A
5	Compra de materiales y racks	A	I	R	R	C
6	Obras civiles y adecuaciones	A	R	R	I	C
7	Instalación eléctrica y mecánica	A	R	R	I	C
8	Recepción e instalación de estanterías	A	R	R	I	C
9	Recepción de equipos	A	R	C	I	A
10	Implementación actualización ERP	A	R	C	I	A
11	Calibraciones, PQ/validaciones de equipos críticos	C	R	C	I	A
12	Pruebas de flujo de materiales y seguridad	R	R	C	I	A
13	Capacitación de personal (operación y seguridad)	A	R	C	I	R
14	Go/No-Go operativo del almacén	R	C	C	I	A
15	Transferencia operativa y estabilización	A	R	C	I	A

Nota: Elaboración Propia.

5.6.4 Análisis de riesgos

El análisis de riesgos del proceso de implementación mediante la metodología FMEA aplicada al proyecto se muestra en la **Figura No. 28**. Este instrumento identifica los posibles modos de falla durante la ejecución, evalúa su severidad, ocurrencia y capacidad de detección, y propone acciones preventivas o correctivas. El análisis permite priorizar los riesgos según su Número de Prioridad de Riesgo (RPN) y establecer controles específicos

para asegurar la continuidad del proyecto sin desviaciones críticas en tiempo, costo o calidad. Su aplicación garantiza un enfoque preventivo en todas las etapas, desde la planificación del layout hasta la transferencia operativa del nuevo almacén.

PROCESO ACTUAL										ACCIONES A SER TOMADAS
#	ACTIVIDAD	MODO DE FALLA POTENCIAL (DEFECTOS)	EFFECTOS DE FALLAS POTENCIALES	S E V	POTENCIALES CAUSAS DE FALLA	O C C	CONTROLES DE PROCESOS ACTUALES	D E T	R P N	ACCIONES RECOMENDADAS
1	Definición de alcance y aprobación Layout	Matriz de requerimientos de usuario incompleta	Layout inadecuado y retrabajos en obra	8	Falta de validación con áreas usuarias	1	Revisión de requisitos por Junta Directiva	3	24	Aprobación formal de URS
2	Selección de Consultores	Falta de experiencia o alineación técnica	Diseño ineficiente o costoso	8	Evaluación superficial; criterios no técnicos	3	Revisión de CVs; entrevistas técnicas	3	72	Criterios de evaluación estandarizados; validación técnica
3	Contratación de Constructora	Proveedor sin capacidad o incumplidor	Atrasos en cronograma	8	Evaluación deficiente; presión por costos	3	Revisión de historial; visitas de referencia	3	72	Precalificación de oferentes; cláusulas de desempeño
4	Compra de materiales y racks	Especificación incorrecta o proveedor no conforme	Estantes incompatibles; atrasos	8	Pliegos incompletos; evaluación superficial	4	Homologación de proveedores; visita técnica	4	128	Especificaciones técnicas detalladas; QA de contrato; penalidades
5	Obras civiles y adecuaciones	Tolerancias fuera de plano (pisos, anclajes)	Fallas estructurales	9	Control deficiente del contratista; clima	5	Inspecciones de la obra (pruebas)	4	180	Certificar piso FM; plantillas de anclaje; pruebas de carga
6	Instalación eléctrica y mecánica	Capacidad insuficiente o distribución insegura	Paros, riesgos EHS	10	Cálculo erróneo de cargas; falta de selectividad	3	Revisión de planos; protecciones adecuadas	4	120	Cálculo con software; estudio de selectividad
7	Recepción e instalación de estanterías	Montaje incorrecto o torque insuficiente	Colapso estructural; daño de inventario	10	Equipo no calificado; falta de supervisión	3	Certificados de materiales; inspección visual	4	120	Supervisor certificado; prueba de carga
8	Recepción de equipos	Equipos dañados o incompletos	Retraso en arranque; costos adicionales	8	Fallas en transporte o embalaje; falta de inspección	4	Checklist de recepción; verificación contra PO	4	128	Inspección 100%; protocolos de recepción; fotos evidencia
9	Implementación actualización ERP	Datos maestros erróneos o integraciones fallidas	Errores de inventario; fallos de operación	8	Configuración deficiente; falta de pruebas	5	Validación de catálogos; pruebas unitarias	4	160	Pruebas integrales; plan de reversa; validación cruzada
10	Calibraciones, PQ/validaciones de equipos críticos	Equipos fuera de tolerancia	Rechazos de QA; paros de operación	7	Calibración vencida; procedimiento inadecuado	3	Programa de calibración; certificados vigentes	4	84	Metrología acreditada; SOP actualizado; registro electrónico
11	Pruebas de flujo de materiales y seguridad	Rutas inseguras o tiempos excesivos	Accidentes; baja productividad	7	Señalización deficiente; layout no 5S	3	Inspección EHS; auditoría 5S	4	84	Rediseño de rutas; marcación piso; Poka-Yoke
12	Capacitación de personal (operación y seguridad)	Entrenamiento insuficiente	Errores operativos; incidentes	7	Plan de formación corto; alta rotación	3	Inducción básica; manuales	4	84	Plan por rol; evaluación práctica; certificación
13	Go/No-Go operativo del almacén	Criterios de salida no cumplidos	Arranque fallido; impacto al servicio	9	Presión por fecha; criterios no medibles	3	Checklist del Comité de proyecto	3	81	Gate con métricas; piloto controlado; rollback
14	Transferencia operativa y estabilización	Curva de aprendizaje prolongada	KPIs fuera de meta; sobrecostos	6	Soporte limitado; falta de análisis de causa	3	Tablero de KPIs	3	54	Soporte en el sitio por 4 semanas; kaizens

Nota: Elaboración Propia.

Figura No. 28 FMEA del proyecto

5.6.5 Plan de contingencia

Este instrumento (**Cuadro No.19**) establece las acciones preventivas y correctivas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto ante posibles desviaciones críticas. Cada riesgo identificado se asocia con una acción necesaria para que el proyecto falle, una respuesta o acción de contingencia y un responsable asignado, asegurando una gestión proactiva ante imprevistos. El plan permite responder con rapidez ante eventos como retrasos constructivos, incumplimientos contractuales o fallas en la validación BPM, reduciendo el impacto sobre los plazos, costos y la calidad del resultado final.

Cuadro No. 19 Plan de contingencia del proyecto

Acción necesaria para que el proyecto falle	Acción de contingencia	Responsable
Atraso en permisos municipales o construcción	Tramitación anticipada de permisos; seguimiento semanal con municipalidad; expediente técnico completo y firmado.	Gerente General
Retraso de proveedor de racks metálicos	Establecer contrato con penalizaciones y proveedor alternativo homologado; plan de entrega parcial escalonada.	Ingeniero de Procesos/Compras
Variación significativa del tipo de cambio USD/CRC	Asegurar reserva con proveedor principal; incluir cláusula de ajuste por tipo de cambio; compras anticipadas de insumos críticos.	Gerente General/Compras
Falla eléctrica durante la instalación o pruebas	Pruebas previas con respaldo de planta eléctrica; instalación temporal de UPS en dataloggers y equipos críticos.	Consultor Externo/Ingeniero de Procesos
Desviaciones de temperatura/humedad durante PQ	Ajuste de setpoints; instalación de sellos adicionales; bloqueo de recepción hasta verificar condiciones dentro de rango.	Regente/ Consultor externo
Retraso en la actualización del módulo ERP (inventarios)	Plan de registros manuales controlados; soporte técnico del proveedor ERP hasta validación completa.	Ingeniero de Procesos
Inconformidad de calidad en materiales de obra	Validar materiales según especificaciones BPM; registros de inspección antes de instalación; retener materiales dudosos.	Ingeniero de Procesos

Accidente con montacargas durante montaje o traslado	Implementar plan de seguridad industrial; delimitar zonas de tránsito; uso obligatorio de equipo de protección personal y ruta exclusiva de montacargas.	Ingeniero de Procesos/ Gerente General
Falta de coordinación entre contratistas y planta	Programar reuniones semanales de coordinación; uso de cronograma compartido; bitácora de interferencias.	Ingeniero de Procesos/ Gerente General
Ausencia del personal clave en etapas críticas	Asignar suplentes entrenados; comunicar roles y calendario con anticipación; mantener respaldo documental en red local.	Regente

Nota: Elaboración Propia.

5.6.6 Gestión de cambio

El Plan de implementación del **Cuadro No.20** es pieza fundamental en la gestión del cambio, pues detalla la secuencia de actividades, indicadores de seguimiento, metas y responsables definidos según la matriz RACI, asegurando la trazabilidad y control de cada fase del proyecto. Su estructura permite monitorear variables críticas como el avance físico de obra, el cumplimiento del cronograma, la gestión presupuestaria y la validación técnica, integrando aspectos de seguridad, calidad y cumplimiento normativo. Con ello, se garantiza que la ejecución se mantenga alineada con los objetivos estratégicos de LabCen y con los estándares establecidos por las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM-RTCA).

Cuadro No. 20 Plan de implementación del proyecto

N°	Proceso o Actividad Clave	Indicador de Control	Fórmula del Indicador	Frecuencia	Meta	Responsable Principal	Fuente de Datos / Evidencia
1	Avance físico de obra civil	% Avance de construcción	(Metros construidos / Metros totales planificados) × 100	Semanal	≥ 95 %	Ingeniero de Procesos (R)	Reportes de obra, planos aprobados
2	Cumplimiento del cronograma general	% Actividades ejecutadas en fecha	(Actividades ejecutadas en fecha / Total	Quincenal	≥ 90 %	Gerente General (A)	Gantt actualizado

			programadas) × 100				
3	Control de presupuesto	% Desviación presupuestaria	((Costo real – Costo planificado) / Costo planificado) × 100	Mensual	≤ 5 %	Compras (R)	Reportes financieros
4	Cumplimiento normativo y permisos	% Permisos obtenidos en plazo	(Permisos gestionados a tiempo / Total requeridos) × 100	Mensual	100 %	Regente (A)	Bitácoras (SETENA, CFIA)
5	Control de seguridad industrial	Tasa de incidentes	(N° incidentes / N° horas-hombre) × 1 000 000	Mensual	0	Consultor (C)	Registros Salud Ocupacional
6	Calidad de obra	% Conformidad técnica	(Inspecciones aprobadas / Total inspecciones) × 100	Semanal	≥ 95 %	Ingeniero de Procesos (R)	Actas de recepción
7	Gestión de riesgos	% Riesgos mitigados	(Riesgos controlados / Riesgos identificados) × 100	Mensual	≥ 90 %	Gerente General (A)	Matriz de riesgos
8	Satisfacción del usuario interno	Nivel de satisfacción	(Puntaje obtenido / Puntaje máximo) × 100	Cierre	≥ 85 %	Regente (I)	Encuesta post-implementación
9	Cumplimiento de entrega de materiales	% Entregas a tiempo	(Entregas puntuales / Total entregas) × 100	Semanal	≥ 95 %	Compras (R)	Registros de recepción MP

10	Validación de equipos críticos	% Equipos validados	$\frac{\text{(Equipos validados / Total equipos críticos)} \times 100}{100}$	Cierre	100 %	Regente (A)	PQ/validaciones documentadas
11	Capacitación del personal	% Personal capacitado	$\frac{\text{(Personal capacitado / Total planificado)} \times 100}{100}$	Finalización	100 %	Ingeniero de Procesos (R)	Registros de capacitación
12	Transferencia operativa	% Actividades estabilizadas	$\frac{\text{(Actividades estabilizadas / Total plan de transición)} \times 100}{100}$	Semanal	100 %	Gerente General (A)	Informe de cierre operativo

Nota: Elaboración Propia.

5.7 Actividades post-implementación

Una vez concluida la ejecución del proyecto de construcción y puesta en marcha del nuevo almacén de materia prima, se establecerá una etapa de seguimiento y consolidación operativa. El objetivo es garantizar que las operaciones alcancen los niveles esperados de desempeño, calidad y eficiencia, y que el conocimiento técnico quede documentado mediante un manual de usuario que facilite la continuidad operativa.

5.7.1 Sistema de seguimiento

El monitoreo post-implementación se basará en un conjunto de indicadores clave de desempeño (KPI) que permitirán medir la estabilidad del sistema logístico y la efectividad de las mejoras introducidas. Se agrupan en tres dimensiones: desempeño, calidad y operativos, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 21 KPIs del almacén de MP

Categoría	Indicador	Fórmula	Objetivo de referencia	Frecuencia de medición	Responsable del seguimiento
Desempeño	Nivel de servicio de despacho	$\frac{(\text{Pedidos entregados a tiempo} / \text{Total de pedidos}) \times 100}{}$	$\geq 95\%$	Semanal	Jefe de Almacén
	Rotación de inventario	$\frac{\text{Costo de materia prima utilizada} / \text{Inventario promedio}}{}$	≥ 8 veces/año	Mensual	Jefe de Almacén
Calidad	Exactitud de inventario	$\frac{(\text{Unidades correctas} / \text{Total unidades auditadas}) \times 100}{}$	$\geq 98\%$	Mensual	Aseguramiento Calidad
	Reclamaciones internas	$\frac{(\text{Reclamos por error de picking} / \text{Total despachos}) \times 100}{}$	$\leq 2\%$	Mensual	Aseguramiento Calidad
Operativos	Tiempo promedio de recepción	$\frac{\Sigma \text{tiempos de descarga}}{n \text{ recepciones}}$	≤ 45 minutos	Diario	Ingeniero de procesos
	Ocupación del almacén	$\frac{(\text{Área ocupada} / \text{Área total disponible}) \times 100}{}$	$\leq 85\%$	Semanal	Ingeniero de procesos

Nota: Elaboración Propia.

5.7.2 Manual de usuario

Como parte de las actividades posteriores a la implementación del nuevo almacén de materia prima, se elaboró un Manual de Usuario que documenta los procedimientos operativos, responsabilidades y controles aplicables al sistema de almacenamiento de LabCen bajo estándares farmacéuticos.

El documento establece las pautas para la recepción, almacenamiento, control de inventarios, despacho y manejo de materiales no conformes, alineadas con las Buenas Prácticas de

Manufactura (GMP) y Buenas Prácticas de Almacenamiento (GSP). Incluye los roles del personal, los registros requeridos, los indicadores de desempeño y las medidas de seguridad necesarias para garantizar la trazabilidad y calidad de la materia prima.

El Manual de Usuario del Almacén de MP (Código SOP-ALM-MP-01, Versión 01), se presenta en el **Apéndice K** del presente trabajo como referencia técnica de operación y control.

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

- a.** El diagnóstico de la situación actual evidenció que el almacén de materia prima presenta una ocupación del 134 % de su capacidad instalada, además de deficiencias en la segregación de áreas y control ambiental, lo que compromete el cumplimiento del RTCA 11.03.42:07.
- b.** El análisis de procesos permitió identificar duplicidad de registros físico-digitales y ambigüedad en la asignación de responsabilidades, generando riesgo de pérdida de trazabilidad en los movimientos de materia prima.
- c.** El forecast consolidado confirmó que el crecimiento proyectado por la Junta Directiva en el proyecto de expansión excede la capacidad actual del almacén, generando una brecha física y operativa en el horizonte de cinco años.
- d.** El análisis comparativo entre la proyección de demanda y los requerimientos del RTCA 11.03.42:07 evidenció la necesidad de ampliar la superficie de almacenamiento y fortalecer el control ambiental para garantizar la integridad de los insumos.
- e.** El diseño propuesto integró zonas funcionales diferenciadas de recepción, muestreo, cuarentena y almacenamiento aprobado, que aseguran flujo unidireccional y segregación, cumpliendo con los criterios normativos del RTCA 11.03.42:07.
- f.** El análisis técnico-financiero del modelo de almacén confirmó su eficiencia operativa y viabilidad económica, con una TIR del 13 %, VAN positivo de ¢359 296 146 y recuperación descontada en 6 meses y 21 días, demostrando la rentabilidad del proyecto.
- g.** La simulación del modelo en FlexSim registró 894 unidades despachadas en un mes, sin saturación de racks ni interrupciones en el flujo, confirmando que la capacidad del sistema es adecuada para el nivel operativo proyectado.

- h.** La comparación entre el Forecast y los resultados del modelo en FlexSim mostró una diferencia global de 5,3 %, lo que valida la correspondencia entre la demanda proyectada y la capacidad simulada.
- i.** El Plan de Implementación, conformado por 12 actividades clave y complementado con el Plan de Contingencia, demostró capacidad para ejecutar el proyecto de forma controlada y mantener la continuidad operativa ante los riesgos identificados.
- j.** El Manual SOP-ALM-MP-01 estandariza la operación del nuevo almacén de materia prima e incorpora indicadores de desempeño medibles: exactitud de inventario ≥ 98 %, nivel de servicio ≥ 95 % y tiempo promedio de recepción ≤ 45 minutos, consolidando el control del proceso.

6.2 Recomendaciones

- a.** Implementar un plan de compras fraccionadas que reduzca la sobreocupación del almacén y liquidar el inventario de los SKU sin rotación, priorizando el cumplimiento del RTCA 11.03.42:07 y la disponibilidad de espacio operativo.
- b.** Estandarizar el procedimiento de registro de movimientos de materia prima e integrar la trazabilidad digital con la matriz RACI, asegurando revisiones trimestrales de roles y responsabilidades.
- c.** Actualizar anualmente el forecast de demanda y ajustar los planes de capacidad del almacén conforme al crecimiento real observado, manteniendo la cobertura operativa dentro del límite proyectado.
- d.** Ejecutar el plan del nuevo almacén de materia prima, validando su desempeño mediante inspecciones semestrales.

- e.** Aplicar el layout propuesto y realizar auditorías internas anuales para garantizar el mantenimiento del flujo unidireccional y la segregación definida por el RTCA 11.03.42:07.
- f.** Mantener el monitoreo de los indicadores financieros y operativos del proyecto durante los dos primeros años de operación, verificando la rentabilidad y la recuperación proyectada del capital invertido.
- g.** Utilizar los datos obtenidos en FlexSim como línea base de desempeño y efectuar comparaciones mensuales entre las unidades despachadas reales y las simuladas para validar la estabilidad operativa del sistema.
- h.** Correr la simulación a un horizonte de tiempo de cinco años utilizando el modelo propuesto, a fin de generar información adicional sobre el comportamiento del sistema en el mediano plazo y evaluar su sostenibilidad ante el crecimiento, variaciones en la demanda y en los parámetros operativos.
- i.** Recalibrar el modelo de simulación en FlexSim cada doce meses con datos actualizados del ERP, confirmando que la desviación entre forecast y operación real se mantenga dentro del margen validado del 5,3 %, a fin de tomar medidas correctivas.
- j.** Dar seguimiento al cumplimiento de las 12 actividades del Plan de Implementación y aplicar las medidas preventivas del Plan de Contingencia en caso de desviaciones, documentando mensualmente los avances.
- k.** Capacitar al personal operativo en la aplicación del Manual SOP-ALM-MP-01 como documento obligatorio, y realizar auditorías semestrales de los indicadores de exactitud, nivel de servicio y tiempo de recepción para garantizar la mejora continua del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

American Society for Quality. (2022). *Six Sigma Body of Knowledge*. ASQ.

Baca Urbina, G. (2022). *Evaluación de proyectos*. McGraw-Hill. Obtenido de <https://ebooks724.tec.elogim.com:443/?il=22469>

Backer, D. &. (2019). AUTOMATION PROJECT EXECUTION. En D. &. Backer, *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook* (6 ed.). New York: McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260117974/toc-chapter/chapter12/section/section9>

Cleland, D., & R.I., L. (2010). *Project Manager's Portable Handbook*. New York: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071741057/chapter/chapter6>

Garold, D., Spencer, G., & Lewis, R. (2022). *Project Management for Engineering and Construction: A Life-Cycle Approach*. New York: McGraw Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781264268443/chapter/chapter2>

Garro, E. (2018). *DFSS: Diseño para Six Sigma*. San José: PXS.

Harrington, H. J. (2016). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness* (2 ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.

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

- Iravani, S. M. (2021). CHAPTER PRELIMINARIES. En S. M. Iravani, *Operations Engineering and Management: Concepts, Analytics, and Principles for Improvement* (1 ed.). New York: McGraw Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260461831/toc-chapter/chapter3/section/section1>
- Jacobs, F. (2022). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://ebooks724.tec.elogim.com:443/?il=20757>
- Jacobs, F. R. (2024). Enterprise Resource Planning (ERP). En F. R. Jacobs, *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management: The CPIM Reference* (3 ed.). New York: McGraw Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781265138516/chapter/chapter2>
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12 ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- (2022). *Manual de valores base por tipología constructiva*. San José: Dirección General de Tributación. Obtenido de <https://www.hacienda.go.cr>
- Marquez, C. A. (2020). *Maynard's Industrial and Systems Engineering Handbook* (6 ed.). New York: McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260461565/toc-chapter/chapter79/section/section20>
- Munier, N., & Fernández Diego, M. (2014). *Bases para la gestión de riesgos en proyectos* (1 ed.). Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/54054?page=47>

Pereña Brand, J. (2021). *Dirección y gestión de proyectos* (2 ed.). Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/26994>

Pyzdek, T. K. (2022). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels* (6 ed.). New York: McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://accessengineeringlibrary.com/content/book/9781265143992/toc-chapter/chapter6/section/section3>

Sánchez Huerta, D. (2020). *Análisis FODA o DAFO: el mejor y más completo estudio con 9 ejemplos prácticos*. Madrid: Bubok Publishing S.L. Obtenido de <https://elibro.tec.elogim.com/es/lc/itcr/titulos/189293>

Shankar, R. (2009). *Process improvement using Six Sigma: A DMAIC guide*. American Society for Quality.

Soliman, M. (2020). Gemba Walks the Toyota Way: The Place to Teach and Learn Management. *The American University in Cairo*. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3727663

Artículos de revista:

Alexander, M. (2024). Using SIPOC to support DFSS projects. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 16(2), 101–115. doi:10.1504/IJSSCA.2024.135792

Berardinelli, C. (2012). DMAIC: A methodology for practical problem solving. *Quality Progress*, 45(9), 50–57.

Cao, G., Clarke, S., & Lehaney, B. (2015). Integrating SIPOC and Balanced Scorecard for process alignment. *Business Process Management Journal*, 21(3), 356–373. doi:10.1108/BPMJ-11-2014-0113

- Chackelson, C., Santos, J., & Errasti, A. (2013). Herramienta para asistir el proceso de diseño de almacenes: desarrollo y validación. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*(11), 15–21.
- Faveto, A., Traini, E., Bruno, G., & Chiabert, P. (2024). Review-based method for evaluating key performance indicators: an application on warehouse system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 130(1–2), 297–310. doi:10.1007/s00170-023-12684-4
- Gómez-Beltrán, L., Moreno-Rodríguez, R., & Pérez-Vázquez, R. (2014). El modelado conceptual en el proceso de generación asistida por computadoras de modelos de almacenes de datos. *DYNA*, 81(187), 167–174. doi:10.15446/dyna.v81n187.40971
- Johnson, A., & Boulanger, C. (2012). ISO standards and Six Sigma: A combined framework for global quality management. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 10(2), 123–137. doi:10.1504/IJPQM.2012.047863
- Medan, N., & Seserman, A. (2023). Simulating and improvement a warehouse flow using FlexSim application. *Scientific Bulletin, Series C: Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology*, 37, 34–37.
- Mora-Román, J., Ortiz-Ureña, A., & Vargas-Monge, R. (2021). Análisis de riesgos en la industria farmacéutica... *Revista Internacional de Investigación*, 16(2). doi:10.33304/revinv.v16n2-2021008
- Orozco-Crespo, E., Sablón-Cossío, N., Barrezueta-Arias, K., & Sánchez-Galván, F. (2020). Diseño de layout en un almacén del Ingenio Azucarero de Imbabura, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, XLI(1), 1–17.

Torres Soto, K., Flórez Peña, L., Sánchez, C., & Castañeda, N. (2020). Metodología SLP para la distribución en planta... *Ingeniería*, 25(2), 1–20. doi:10.14483/23448393.15378

Documentos oficiales:

Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). (2023). *Reglamento para compra de medicamentos, materias primas, reactivos y empaques que realizan todas las unidades de compra*. CCSS, San José. Obtenido de <https://www.ccss.sa.cr/arc/actas/2023/files/9340-e50cb.pdf>

Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). (2014). *Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11.03.42:07. Buenas prácticas de manufactura para la industria farmacéutica*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

Ministerio de Salud de Costa Rica 2011 *Guía de verificación de buenas prácticas de manufactura para la industria farmacéutica* Dirección de Regulación de Productos de Interés Sanitario San José

Artículos web:

Obtenido de <https://www.colfar.com/content/Colfar/DocTec/Estudio%20de%20medicamentos%20COPROCOM.pdf>

Obtenido de <https://www.thecentralamericangroup.com/fabricacion-de-farmaceuticos-en-costa-rica/>

Johnson, A. (July de 2013). Designing warehouses for efficiency. *Manufacturers' Monthly*, 16–17.

Obtenido de <https://semanariouniversidad.com/pais/industria-farmaceutica-nacional-se-requiere-mas-que-voluntad-politica-para-bajar-precio-de-los-medicamentos/>

Revista Summa. (15 de March de 2022). Costa Rica se consolida como destino para la industria farmacéutica. Obtenido de <https://revistasumma.com/costa-rica-se-consolida-como-destino-para-la-industria-farmaceutica/>

APÉNDICES

Apéndice A: Siglas y abreviaturas

Sigla	Significado
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
CCSS	Caja Costarricense de Seguro Social
COA	Certificado de Análisis (Certificate of Analysis)
DFSS	Design for Six Sigma
DMAIC	Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar
EFC	Estado Final Conseguido
EFD	Estado Final Deseado
ERP	Enterprise Resource Planning (Sistema de Planificación de Recursos Empresariales)
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Análisis de Modos y Efectos de Falla)
GMP	Good Manufacturing Practices (equivalente internacional de BPM)
INS	Instituto Nacional de Seguros
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño)
LabCen	Laboratorio Central Juan Bautista Ortíz (empresa objeto del estudio)
MP	Materia Prima
PEPS	Primero en Entrar, Primero en Salir
PVPS	Primero en Vencer, Primero en Salir
POE/SOP	Procedimiento Operativo Estándar
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
SKU	Stock Keeping Unit (Unidad de Mantenimiento de Inventario)
WMS	Warehouse Management System (Sistema de Gestión de Almacén)
BSC	Balanced Scorecard (Cuadro de Mando Integral)
CC	Control de Calidad
TI	Tecnología de la Información
BPMN	Business Process Model and Notation (Modelado de Procesos de Negocio)

Apéndice B: Inventario actual por kg para cada SKU

SKU	Inventario KG	Suma Pareto	%
C-99	107 497,533	No se almacena	
C-75	2 039,232	2 039,23	26%
C-81	1 120,804	3 160,04	40%
B-61	482,170	3 642,21	46%
C-80	439,513	4 081,72	52%
C-77	431,985	4 513,70	57%
C-74	345,143	4 858,85	61%
A-60	295,410	5 154,26	65%
B-69	273,895	5 428,15	69%
B-70	271,980	5 700,13	72%
A-46	225,090	5 925,22	75%
A-75	122,509	6 047,73	76%
B-98	138,000	6 185,73	78%
C-60	133,390	6 319,12	80%
C-86	101,609	6 420,73	81%
C-82	89,900	6 510,63	82%
B-66	87,970	6 598,60	83%
B-53	85,320	6 683,92	84%
C-87	80,170	6 764,09	85%
B-93	54,400	6 818,49	86%
B-15	48,418	6 866,91	87%
C-51	48,000	6 914,91	87%
A-27	43,115	6 958,02	88%
C-84	38,496	6 996,52	88%
A-114	34,445	7 030,96	89%
B-68	35,639	7 066,60	89%
A-07	33,570	7 100,17	90%
C-83	32,260	7 132,43	90%
A-142	30,695	7 163,13	90%
A-118	27,310	7 190,44	91%
C-102	24,990	7 215,43	91%
A-14	24,400	7 239,83	91%
B-32	24,215	7 264,04	92%
A-63	23,800	7 287,84	92%
A-64	23,425	7 311,27	92%
B-85	21,750	7 333,02	93%
B-55	21,514	7 354,53	93%
B-101	20,842	7 375,37	93%
A-117	20,365	7 395,74	93%
B-14	18,317	7 414,06	94%
A-51	17,565	7 431,62	94%
B-104	17,470	7 449,09	94%
A-125	17,428	7 466,52	94%
A-79	17,154	7 483,67	94%
A-09	16,804	7 500,48	95%
A-11	15,970	7 516,45	95%
A-15	15,710	7 532,16	95%
C-61	14,776	7 546,93	95%
A-01	14,133	7 561,07	95%
A-23	14,095	7 575,16	96%
A-91	14,014	7 589,18	96%
B-97	13,980	7 603,16	96%
B-58	13,908	7 617,06	96%
A-05	12,880	7 629,94	96%
C-54	12,605	7 642,55	96%
C-85	12,120	7 654,67	97%
B-25	11,909	7 666,58	97%
A-61	10,664	7 677,24	97%
A-52	9,855	7 687,10	97%
B-03	9,675	7 696,77	97%
A-03	9,625	7 706,40	97%
B-105	8,480	7 714,88	97%
A-21	7,000	7 721,88	97%
C-68	6,770	7 728,65	98%
A-58	6,540	7 735,19	98%

A-119	6,500	7 741,69	98%
C-20	6,435	7 748,12	98%
B-36	6,425	7 754,55	98%
B-29	5,275	7 759,82	98%
C-28	5,250	7 765,07	98%
B-60	5,096	7 770,17	98%
A-132	4,950	7 775,12	98%
A-20	4,890	7 780,01	98%
A-126	4,860	7 784,87	98%
A-134	4,627	7 789,49	98%
B-106	4,420	7 793,91	98%
A-102	4,235	7 798,15	98%
C-03	4,100	7 802,25	98%
C-94	3,765	7 806,01	99%
B-100	3,665	7 809,68	99%
A-121	3,559	7 813,24	99%
A-76	3,470	7 816,71	99%
C-72	3,463	7 820,17	99%
A-71	3,444	7 823,61	99%
A-95	3,440	7 827,05	99%
A-77	3,360	7 830,41	99%
B-07	3,185	7 833,60	99%
B-77	3,142	7 836,74	99%
A-57	3,140	7 839,88	99%
C-73	3,075	7 842,96	99%
A-16	3,074	7 846,03	99%
J-24	3,000	7 849,03	99%
A-81	2,980	7 852,01	99%
A-82	2,900	7 854,91	99%
A-08	2,905	7 857,82	99%
A-106	2,780	7 860,60	99%
C-96	2,505	7 863,10	99%
C-76	2,250	7 865,35	99%
C-36	2,150	7 867,50	99%
C-101	2,050	7 869,55	99%
B-47	1,998	7 871,55	99%
B-86	1,970	7 873,52	99%
A-97	1,950	7 875,47	99%
A-17	1,880	7 877,35	99%
B-02	1,720	7 879,07	99%
A-115	1,663	7 880,73	99%
C-44	1,680	7 882,41	99%
B-24	1,622	7 884,03	99%
C-92	1,981	7 886,01	100%
A-12	1,525	7 887,54	100%
C-71	1,441	7 888,98	100%
B-59	1,420	7 890,40	100%
B-91	1,380	7 891,78	100%
C-35	1,349	7 893,13	100%
B-99	1,331	7 894,46	100%
A-56	1,320	7 895,78	100%
C-34	1,324	7 897,10	100%
J-13	1,273	7 898,38	100%
B-52	1,139	7 899,52	100%
C-48	1,132	7 900,65	100%
A-120	1,050	7 901,70	100%
C-105	1,000	7 902,70	100%
A-131	0,985	7 903,68	100%
A-123	0,975	7 904,66	100%
A-100	0,965	7 905,62	100%
A-124	0,940	7 906,56	100%
C-17	0,930	7 907,49	100%
C-12	0,924	7 908,42	100%
A-02	0,920	7 909,34	100%
A-54	0,920	7 910,26	100%
C-93	0,904	7 911,16	100%

B-44	0,795	7 911,96	100%
C-106	0,865	7 912,82	100%
B-103	0,836	7 913,66	100%
A-69	0,784	7 914,44	100%
C-40	0,736	7 915,18	100%
A-133	0,725	7 915,90	100%
A-62	0,660	7 916,56	100%
C-49	0,642	7 917,20	100%
C-45	0,622	7 917,83	100%
B-45	0,576	7 918,40	100%
B-46	0,575	7 918,98	100%
A-68	0,503	7 919,48	100%
C-107	0,485	7 919,97	100%
A-103	0,460	7 920,43	100%
C-32	0,387	7 920,81	100%
C-46	0,373	7 921,19	100%
C-19	0,355	7 921,54	100%
C-66	0,360	7 921,90	100%
A-59	0,295	7 922,20	100%
B-65	0,224	7 922,42	100%
C-43	0,352	7 922,77	100%
A-104	0,165	7 922,94	100%
C-56	0,105	7 923,04	100%
A-111	0,295	7 923,34	100%
A-116	0,200	7 923,54	100%
A-135	0,090	7 923,63	100%
B-41	0,035	7 923,66	100%
A-22	0,000	7 923,66	100%
B-50	0,000	7 923,66	100%

TOTAL **7 923,662 kg**

Apéndice C: Salidas de inventario 2025

SKU	Salidas 2025	Suma Pareto	%
C-99	21 558,63	No se almacena	
C-81	9 290,95	9 290,95	22%
B-61	5 058,07	14 349,02	34%
B-70	5 049,99	19 399,01	46%
B-69	3 801,52	23 200,54	55%
C-80	3 296,24	26 496,77	63%
A-60	2 520,00	29 016,77	69%
C-77	2 367,98	31 384,76	74%
C-75	2 288,79	33 673,54	80%
C-74	1 339,90	35 013,45	83%
A-75	1 112,81	36 126,26	85%
C-60	1 023,81	37 150,07	88%
B-53	807,63	37 957,69	90%
A-27	547,27	38 504,96	91%
A-01	514,57	39 019,53	92%
B-66	421,26	39 440,79	93%
C-51	368,00	39 808,79	94%
B-93	360,00	40 168,79	95%
C-82	347,82	40 516,61	96%
A-114	198,00	40 714,61	96%
A-05	174,46	40 889,07	97%
A-07	135,18	41 024,25	97%
A-79	130,02	41 154,27	97%
A-63	108,00	41 262,27	98%
C-87	97,36	41 359,63	98%
A-142	96,01	41 455,64	98%
A-64	90,00	41 545,64	98%
B-25	72,44	41 618,07	98%
B-03	59,62	41 677,69	99%
C-84	55,69	41 733,38	99%
B-14	51,28	41 784,67	99%
B-15	50,78	41 835,44	99%
A-118	47,88	41 883,32	99%
A-46	35,13	41 918,45	99%
A-22	34,00	41 952,45	99%
B-97	31,21	41 983,66	99%
A-09	29,87	42 013,53	99%
A-11	29,70	42 043,23	99%
A-117	28,40	42 071,63	99%
B-29	25,98	42 097,61	100%
A-51	25,60	42 123,21	100%
C-86	25,41	42 148,62	100%
C-28	21,28	42 169,90	100%
B-50	18,50	42 188,39	100%
B-85	15,12	42 203,51	100%
B-60	15,07	42 218,58	100%
C-54	11,01	42 229,58	100%
B-55	6,98	42 236,56	100%
C-85	6,51	42 243,07	100%
C-92	5,83	42 248,90	100%
C-36	5,38	42 254,27	100%
B-77	5,32	42 259,59	100%
B-52	4,90	42 264,49	100%
A-124	4,53	42 269,01	100%
B-24	3,10	42 272,11	100%
C-72	2,41	42 274,52	100%
A-12	2,40	42 276,92	100%
C-03	2,12	42 279,04	100%
C-40	1,96	42 281,00	100%
C-56	1,86	42 282,86	100%
A-14	1,80	42 284,66	100%
A-16	1,75	42 286,41	100%
C-71	1,45	42 287,87	100%
C-93	1,41	42 289,28	100%

A-15	1,20	42 290,48	100%
B-02	1,20	42 291,68	100%
B-101	1,14	42 292,82	100%
A-17	1,02	42 293,84	100%
B-99	0,92	42 294,76	100%
C-49	0,88	42 295,64	100%
A-126	0,80	42 296,44	100%
C-35	0,71	42 297,15	100%
C-44	0,68	42 297,83	100%
C-48	0,59	42 298,41	100%
C-46	0,50	42 298,92	100%
C-32	0,48	42 299,40	100%
A-97	0,42	42 299,82	100%
C-34	0,41	42 300,23	100%
B-58	0,37	42 300,60	100%
C-45	0,28	42 300,88	100%
C-19	0,26	42 301,13	100%
C-61	0,25	42 301,39	100%
B-36	0,25	42 301,64	100%
B-68	0,23	42 301,87	100%
A-91	0,22	42 302,09	100%
A-69	0,19	42 302,28	100%
B-41	0,18	42 302,46	100%
B-59	0,15	42 302,61	100%
C-17	0,14	42 302,75	100%
B-47	0,13	42 302,88	100%
A-115	0,13	42 303,00	100%
A-125	0,10	42 303,11	100%
B-44	0,10	42 303,21	100%
C-12	0,09	42 303,29	100%
A-02	0,08	42 303,37	100%
A-54	0,08	42 303,45	100%
C-43	0,08	42 303,53	100%
A-134	0,05	42 303,58	100%
B-100	0,04	42 303,62	100%
B-45	0,04	42 303,66	100%
A-68	0,02	42 303,68	100%
A-121	0,02	42 303,70	100%
B-105	0,01	42 303,71	100%
J-13	0,00	42 303,71	100%

Apéndice D: Área superficial por tipo de contenedor
--

Contenedor	Medida	Suma Pareto	%
ESTAÑON 170KG	0,3600	0,3600	10%
ESTAÑON 180KG	0,3600	0,7200	20%
ESTAÑON 200KG	0,3600	1,0800	30%
ESTAÑON 250KG	0,3600	1,4400	40%
SACO 25KG	0,3010	1,7410	49%
SACO 50KG	0,3010	2,0420	57%
ESTAÑON 100KG	0,2116	2,2536	63%
SACO 7KG	0,1505	2,4041	67%
CAJA 12KG	0,1395	2,5436	71%
BALDE 7KG	0,1147	2,6583	74%
BOLSA 15KG	0,1147	2,7730	77%
CJX24	0,1147	2,8877	80%
BALDE 20KG	0,0900	2,9777	83%
BALDE 25KG	0,0900	3,0677	86%
ESTAÑON 25KG	0,0841	3,1518	88%
BALDE 2KG	0,0676	3,2194	90%
BOLSA 5KG	0,0676	3,2870	92%
PICHINGA 20KG	0,0676	3,3546	93%
PICHINGA 25KG	0,0676	3,4222	95%
GARRAFAS 4KG	0,0256	3,4478	96%
GALON 4KG	0,0194	3,4672	97%
GALON 3,7KG	0,0194	3,4865	97%
BALDE 1KG	0,0169	3,5034	98%
BOLSA 1KG	0,0169	3,5203	98%
BOLSA 2KG	0,0169	3,5372	99%
BOTELLA 1KG	0,0169	3,5541	99%
BOTELLA 0,12KG	0,0169	3,5710	100%
BOTELLA 0,5KG	0,0169	3,5879	100%
MIN	0,0169		
MAX	0,3600		

Apéndice E: Área superficial ocupada por artículo (SKU) según inventario

SKU	Inventario actual	Tipo contenedor	Cantidad x contenedor	Medidas contenedor mt2	Cantidad contenedores actual	m2 ocupados actualmente	Suma Pareto	%
C-75	2039,232	BALDE	20	0,09	102	9,18	9,18	22%
B-61	482,17	SACO	25	0,301	20	6,02	15,20	36%
C-81	1120,8039	ESTAÑON	200	0,36	6	2,16	17,36	41%
B-98	138	CAJA	12	0,1395	12	1,674	19,03	45%
C-80	439,5132	PICHINGA	20	0,0676	22	1,4872	20,52	48%
B-53	85,32	SACO	25	0,301	4	1,204	21,73	51%
C-77	431,985	ESTAÑON	200	0,36	3	1,08	22,81	54%
B-70	271,98	ESTAÑON	170	0,36	2	0,72	23,53	55%
B-69	273,895	ESTAÑON	180	0,36	2	0,72	24,25	57%
A-60	295,41	ESTAÑON	200	0,36	2	0,72	24,97	59%
C-74	345,143	ESTAÑON	250	0,36	2	0,72	25,69	60%
A-46	225,09	ESTAÑON	200	0,36	2	0,72	26,41	62%
B-66	87,97	SACO	50	0,301	2	0,602	27,01	63%
B-15	48,418	SACO	25	0,301	2	0,602	27,61	65%
B-68	35,639	SACO	25	0,301	2	0,602	28,21	66%
A-23	14,095	BALDE	2	0,0676	8	0,5408	28,75	68%
C-72	3,463	BOTELLA	0,12	0,0169	29	0,4901	29,24	69%
B-93	54,4	BOLSA	15	0,1147	4	0,4588	29,70	70%
C-86	101,6087	PICHINGA	20	0,0676	6	0,4056	30,11	71%
C-60	133,39	ESTAÑON	170	0,36	1	0,36	30,47	72%
C-87	80,17	ESTAÑON	200	0,36	1	0,36	30,83	72%
C-76	2,25	ESTAÑON	180	0,36	1	0,36	31,19	73%
B-104	17,47	BOLSA	1	0,0169	18	0,3042	31,49	74%
B-14	18,317	SACO	25	0,301	1	0,301	31,79	75%
B-03	9,675	SACO	25	0,301	1	0,301	32,09	75%
B-97	13,9799	SACO	7	0,1505	2	0,301	32,39	76%
B-85	21,75	SACO	25	0,301	1	0,301	32,69	77%
A-51	17,565	SACO	25	0,301	1	0,301	33,00	78%
A-14	24,4	SACO	25	0,301	1	0,301	33,30	78%
A-15	15,71	SACO	25	0,301	1	0,301	33,60	79%
B-02	1,72	SACO	25	0,301	1	0,301	33,90	80%
B-77	3,142	SACO	25	0,301	1	0,301	34,20	80%
B-07	3,185	SACO	25	0,301	1	0,301	34,50	81%
B-65	0,224	SACO	25	0,301	1	0,301	34,80	82%
C-84	38,496	GARRAFAS	4	0,0256	10	0,256	35,06	82%
A-125	17,428	BOLSA	15	0,1147	2	0,2294	35,29	83%
B-32	24,215	BOLSA	2	0,0169	13	0,2197	35,51	83%
A-75	122,509	ESTAÑON	150	0,2116	1	0,2116	35,72	84%
C-82	89,9001	ESTAÑON	100	0,2116	1	0,2116	35,93	84%
A-27	43,115	PICHINGA	20	0,0676	3	0,2028	36,13	85%

B-101	20,842	BALDE	20	0,09	2	0,18	36,31	85%
C-102	24,99	BALDE	20	0,09	2	0,18	36,49	86%
B-105	8,48	BOLSA	1	0,0169	9	0,1521	36,64	86%
A-114	34,445	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	36,78	86%
A-07	33,57	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	36,92	87%
A-118	27,31	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	37,05	87%
A-63	23,8	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	37,19	87%
A-142	30,695	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	37,32	88%
A-64	23,425	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	37,46	88%
A-117	20,365	PICHINGA	20	0,0676	2	0,1352	37,59	88%
A-16	3,074	BALDE	2	0,0676	2	0,1352	37,73	89%
C-93	0,904	BOTELLA	0,12	0,0169	8	0,1352	37,86	89%
C-83	32,26	PICHINGA	25	0,0676	2	0,1352	38,00	89%
B-36	6,4252	BOLSA	1	0,0169	7	0,1183	38,12	90%
C-51	48	CJX24	500	0,1147	1	0,1147	38,23	90%
B-52	1,139	BOLSA	5	0,1147	1	0,1147	38,34	90%
B-86	1,97	BALDE	7	0,1147	1	0,1147	38,46	90%
B-60	5,0955	BOLSA	1	0,0169	6	0,1014	38,56	91%
A-11	15,97	GALON	3,7	0,01936	5	0,0968	38,66	91%
A-01	14,1331	BALDE	25	0,09	1	0,09	38,75	91%
A-05	12,88	BALDE	25	0,09	1	0,09	38,84	91%
C-54	12,605	BALDE	20	0,09	1	0,09	38,93	92%
C-85	12,12	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,02	92%
C-61	14,776	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,11	92%
B-58	13,908	BALDE	25	0,09	1	0,09	39,20	92%
A-02	0,92	BALDE	25	0,09	1	0,09	39,29	92%
A-54	0,92	BALDE	25	0,09	1	0,09	39,38	93%
A-91	14,0142	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,47	93%
A-132	4,95	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,56	93%
A-133	0,725	BALDE	25	0,09	1	0,09	39,65	93%
A-52	9,855	BALDE	25	0,09	1	0,09	39,74	93%
C-101	2,05	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,83	94%
C-105	1	BALDE	20	0,09	1	0,09	39,92	94%
B-106	4,42	BOLSA	1	0,0169	5	0,0845	40,00	94%
B-25	11,909	ESTAÑON	25	0,0841	1	0,0841	40,09	94%
B-29	5,275	ESTAÑON	25	0,0841	1	0,0841	40,17	94%
B-55	21,514	ESTAÑON	25	0,0841	1	0,0841	40,25	95%
A-79	17,154	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,32	95%
A-124	0,94	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,39	95%
C-92	1,981	BOTELLA	0,5	0,0169	4	0,0676	40,46	95%
A-09	16,804	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,52	95%
C-28	5,25	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,59	95%
A-12	1,525	BOLSA	5	0,0676	1	0,0676	40,66	96%

A-115	1,6625	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,73	96%
B-100	3,665	BOTELLA	1	0,0169	4	0,0676	40,80	96%
A-03	9,625	PICHINGA	20	0,0676	1	0,0676	40,86	96%
A-61	10,664	GALON	3,7	0,01936	3	0,05808	40,92	96%
A-106	2,78	BOLSA	1	0,0169	3	0,0507	40,97	96%
C-03	4,1	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,01	96%
A-126	4,86	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,05	97%
A-134	4,627	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,09	97%
A-102	4,235	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,13	97%
A-119	6,5	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,17	97%
A-20	4,89	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,20	97%
A-21	7	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,24	97%
A-58	6,54	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,28	97%
C-20	6,435	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,32	97%
C-68	6,77	GALON	4	0,01936	2	0,03872	41,36	97%
C-94	3,765	GALON	3,7	0,01936	2	0,03872	41,40	97%
B-99	1,3306	BALDE	1	0,0169	2	0,0338	41,43	97%
B-47	1,998	BOLSA	1	0,0169	2	0,0338	41,47	97%
B-59	1,42	BOLSA	1	0,0169	2	0,0338	41,50	98%
J-13	1,273	BOLSA	1	0,0169	2	0,0338	41,53	98%
C-71	1,441	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,55	98%
C-40	0,736	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,57	98%
C-56	0,105	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,59	98%
C-44	1,68	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,61	98%
C-36	2,15	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,63	98%
C-49	0,642	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,65	98%
B-24	1,6221	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,67	98%
C-45	0,622	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,69	98%
C-48	1,132	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,71	98%
C-46	0,373	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,73	98%
A-69	0,784	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,75	98%
C-32	0,3873	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,76	98%
A-97	1,95	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,78	98%
C-35	1,3492	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,80	98%
C-34	1,3242	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,82	98%
C-19	0,355	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,84	98%
A-17	1,88	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,86	98%
C-12	0,924	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,88	98%
C-17	0,93	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,90	99%
A-121	3,559	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,92	99%
A-68	0,5033	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,94	99%
A-08	2,905	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,96	99%
A-100	0,965	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	41,98	99%

A-103	0,46	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,00	99%
A-104	0,165	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,02	99%
A-111	0,295	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,04	99%
A-116	0,2	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,06	99%
A-120	1,05	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,07	99%
A-123	0,975	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,09	99%
A-135	0,09	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,11	99%
A-56	1,32	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,13	99%
A-57	3,14	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,15	99%
A-59	0,295	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,17	99%
A-62	0,66	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,19	99%
A-71	3,444	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,21	99%
A-76	3,47	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,23	99%
A-77	3,36	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,25	99%
A-81	2,98	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,27	99%
A-82	2,9	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,29	99%
A-95	3,44	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,31	99%
B-91	1,38	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,33	100%
C-66	0,36	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,35	100%
C-73	3,075	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,37	100%
C-96	2,505	GALON	3,7	0,01936	1	0,01936	42,38	100%
B-44	0,795	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,40	100%
B-41	0,035	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,42	100%
B-45	0,576	BALDE	1	0,0169	1	0,0169	42,44	100%
C-43	0,3516	BOTELLA	1	0,0169	1	0,0169	42,45	100%
A-131	0,985	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,47	100%
B-103	0,836	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,49	100%
B-46	0,575	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,50	100%
C-106	0,865	BALDE	1	0,0169	1	0,0169	42,52	100%
C-107	0,485	BOLSA	1	0,0169	1	0,0169	42,54	100%
C-99	107497,533	0	0	0	0	0	0,00	0%
B-50	0	NF	NF	NF	0	0	0,00	0%
A-22	0	NF	NF	NF	0	0	0,00	0%
J-24	0	NF	NF	NF	0	0	0,00	0%
TOTAL						42,54	m2	

Apéndice F: Ingresos por compra de MP 2025

Artículo	Fecha	Lote	Veces en año	Cant.
A-01	14/01/2025	0125-12201-A012501	0125	7,50
A-01	17/01/2025	0225-12211-A012502	0225	46,71
A-01	28/01/2025	0325-12243-A012503	0325	1,88
A-01	03/02/2025	0425-12271-A012504	0425	1,88
A-01	11/02/2025	0525-12286-A012505	0525	1,88
A-01	11/02/2025	0625-12288-A012506	0625	1,88
A-01	11/02/2025	0725-12290-A012507	0725	1,88
A-01	11/02/2025	0825-12292-A012508	0825	23,36
A-01	17/02/2025	0925-12347-A012509	0925	23,36
A-01	19/02/2025	1025-12360-A012510	1025	1,88
A-01	20/02/2025	1125-12362-A012511	1125	23,36
A-01	20/02/2025	1225-12364-A012512	1225	1,88
A-01	21/02/2025	1325-12371-A012513	1325	1,88
A-01	26/02/2025	1425-12388-A012514	1425	23,36
A-01	26/02/2025	1525-12390-A012515	1525	1,80
A-01	26/02/2025	1625-12392-A012516	1625	1,74
A-01	07/03/2025	1725-12421-A012517	1725	23,36
A-01	07/03/2025	1825-12423-A012518	1825	1,88
A-01	07/03/2025	1925-12425-A012519	1925	1,88
A-01	14/03/2025	2025-12456-A012520	2025	7,50
A-01	02/04/2025	2125-12511-A012521	2125	1,88
A-01	10/04/2025	2225-12538-A012522	2225	7,50
A-01	15/04/2025	2325-12547-A012523	2325	46,71
A-01	05/05/2025	2425-12594-A012524	2425	1,88
A-01	14/05/2025	2525-12630-A012525	2525	7,50
A-01	03/06/2025	2625-12709-A012526	2625	23,36
A-01	03/06/2025	2725-12711-A012527	2725	0,00
A-01	10/06/2025	2825-12744-A012528	2825	1,88
A-01	13/06/2025	2925-12754-A012529	2925	7,50
A-01	18/06/2025	3025-12775-A012530	3025	46,71
A-01	30/06/2025	3125-12837-A012531	3125	0,10
A-01	08/07/2025	3225-12865-A012534	3225	23,36
A-01	15/07/2025	3325-12878-A012533	3325	3,57
A-01	15/07/2025	3425-12880-A012532	3425	9,00
A-01	15/07/2025	3525-12882-A012535	3525	7,50
A-01	28/07/2025	3625-12933-A012536	3625	1,88
A-01	30/07/2025	3725-12935-A012537	3725	46,71
A-01	04/08/2025	3825-12962-A-012538	3825	7,50
A-01	21/08/2025	3925-13033-A012539	3925	70,07
A-01	27/08/2025	4025-13058-A012540	4025	3,75
A-01	29/08/2025	4125-13075-A012541	4125	3,75
A-01	04/09/2025	4225-13098-A012542	4225	3,75

A-02	26/02/2025	0125-12386-A022501	0125	1,00
A-05	14/01/2025	0125-12202-A052501	0125	7,50
A-05	17/01/2025	0225-12212-A052502	0225	9,00
A-05	28/01/2025	0325-12244-A052503	0325	1,88
A-05	03/02/2025	0425-12272-A052504	0425	1,88
A-05	11/02/2025	0525-12287-A052505	0525	1,88
A-05	11/02/2025	0625-12289-A052506	0625	1,88
A-05	11/02/2025	0725-12291-A052507	0725	1,88
A-05	11/02/2025	0825-12293-A052508	0825	4,50
A-05	17/02/2025	0925-12348-A052509	0925	4,50
A-05	19/02/2025	1025-12361-A052510	1025	1,88
A-05	20/02/2025	1125-12363-A052511	1125	4,50
A-05	20/02/2025	1225-12365-A052512	1225	1,88
A-05	21/02/2025	1325-12372-A052513	1325	1,88
A-05	26/02/2025	1425-12389-A052514	1425	4,50
A-05	26/02/2025	1525-12391-A052515	1525	0,90
A-05	26/02/2025	1625-12393-A052516	1625	2,40
A-05	07/03/2025	1725-12422-A052517	1725	4,50
A-05	07/03/2025	1825-12424-A052518	1825	1,88
A-05	07/03/2025	1925-12426-A052519	1925	1,88
A-05	14/03/2025	2025-12457-A052520	2025	7,50
A-05	02/04/2025	2125-12512-A052521	2125	1,88
A-05	10/04/2025	2225-12539-A052522	2225	7,50
A-05	15/04/2025	2325-12548-A052523	2325	9,00
A-05	05/05/2025	2425-12595-A052524	2425	1,88
A-05	14/05/2025	2525-12631-A052525	2525	7,50
A-05	03/06/2025	2625-12710-A052526	2625	4,50
A-05	03/06/2025	2725-12712-A052527	2725	1,88
A-05	10/06/2025	2825-12745-A052528	2825	1,88
A-05	13/06/2025	2925-12755-A052529	2925	7,50
A-05	18/06/2025	3025-12776-A052530	3025	9,00
A-05	30/06/2025	3125-12838-A052531	3125	1,88
A-05	08/07/2025	3225-12866-A052534	3225	4,50
A-05	15/07/2025	3325-12879-A052533	3325	4,85
A-05	15/07/2025	3425-12881-A052532	3425	4,50
A-05	15/07/2025	3525-12883-A052535	3525	7,50
A-05	28/07/2025	3625-12934-A052536	3625	1,88
A-05	30/07/2025	3725-12936-A052537	3725	9,00
A-05	04/08/2025	3825-12963-A052538	3825	7,50
A-05	21/08/2025	3925-13034-A052539	3925	13,50
A-05	27/08/2025	4025-13059-A052540	4025	3,75
A-05	29/08/2025	4125-13076-A052541	4125	3,75
A-05	04/09/2025	4225-13099-A052542	4225	3,75

A-07	10/01/2025	0125-12195-23033	0125	20,00
A-07	13/02/2025	0225-12318-23119	0225	20,00
A-07	13/03/2025	0325-12451-23204	0325	20,00
A-07	16/04/2025	0425-12552-23292	0425	20,00
A-07	24/05/2025	0525-12674-23387	0525	10,00
A-07	09/06/2025	0625-12735-23439	0625	20,00
A-07	08/07/2025	0725-12864-23530	0725	20,00
A-07	31/07/2025	0825-12958-23613	0825	20,00
A-07	05/09/2025	0925-13107-23717	0925	20,00
A-09	25/04/2025	0125-12577-23315	0125	5,00
A-09	09/06/2025	0225-12736-23439	0225	20,00
A-11	25/02/2025	0125-12384-23175	0125	10,00
A-11	07/06/2025	0225-12734-23440	0225	10,00
A-114	13/02/2025	0125-12317-23124	0125	20,00
A-114	13/03/2025	0225-12450-23207	0225	20,00
A-114	28/03/2025	0325-12492-23259	0325	15,00
A-114	16/04/2025	0425-12553-23292	0425	30,00
A-114	25/04/2025	0525-12575-23315	0525	20,00
A-114	08/07/2025	0625-12863-23530	0625	20,00
A-114	06/08/2025	0725-12966-23625	0725	40,00
A-114	05/09/2025	0825-13106-23717	0825	20,00
A-117	28/03/2025	0125-12494-23259	0125	20,00
A-117	17/06/2025	0225-12774-23468	0225	10,00
A-117	05/09/2025	0325-13108-23719	0325	5,00
A-118	08/02/2025	0125-12280-23102	0125	24,00
A-118	17/03/2025	0225-12463-23231	0225	24,00
A-118	08/07/2025	0325-12862-23530	0325	24,00
A-118	21/08/2025	0425-13039-23666	0425	24,00
A-125	13/06/2025	0125-12763-23444	0125	5,00
A-142	09/01/2025	0125-12193-23043	0125	18,93
A-142	21/03/2025	0225-12480-23225	0225	18,93
A-142	15/05/2025	0325-12638-23316	0325	18,93
A-142	14/06/2025	0425-12765-23464	0425	18,93
A-142	14/08/2025	0525-13010-23646	0525	18,93
A-142	04/09/2025	0625-13093-23716	0625	18,93
A-16	10/01/2025	0125-12197-23033	0125	2,00
A-16	25/08/2025	0225-13052-23689	0225	2,00
A-17	10/01/2025	0125-12196-23033	0125	0,80
A-17	25/04/2025	0225-12576-23315	0225	1,55
A-22	11/03/2025	0125-12429-A222501	0125	8,50
A-22	22/05/2025	0225-12662-A222502	0225	8,50
A-22	15/07/2025	0325-12877-A222503	0325	8,50
A-22	05/09/2025	0425-13110-A222504	0425	8,50

A-27	08/02/2025	0125-12299-23069	0125	36,00
A-27	08/02/2025	0225-12300-23104	0225	36,00
A-27	19/03/2025	0325-12472-23209	0325	36,00
A-27	04/04/2025	0425-12514-23269	0425	36,00
A-27	10/04/2025	0525-12545-23283	0525	36,00
A-27	15/05/2025	0625-12633-23331	0625	36,00
A-27	29/05/2025	0725-12691-23393	0725	72,00
A-27	05/06/2025	0825-12723-23416	0825	36,00
A-27	24/07/2025	0925-12931-23592	0925	72,00
A-27	07/08/2025	1025-12978-23622	1025	36,00
A-46	09/04/2025	0125-12522-23301	0125	9,00
A-46	31/07/2025	0225-12947-23611	0225	230,00
A-51	02/05/2025	0125-12584-23332	0125	25,00
A-54	26/02/2025	0125-12387-A542501	0125	1,00
A-60	17/01/2025	0125-12220-23059	0125	300,00
A-60	31/01/2025	0225-12258-23100	0225	150,00
A-60	03/03/2025	0325-12413-23181	0325	150,00
A-60	12/03/2025	0425-12443-23205	0425	150,00
A-60	17/03/2025	0525-12464-23227	0525	300,00
A-60	24/04/2025	0625-12567-23313	0625	150,00
A-60	23/05/2025	0725-12666-23385	0725	150,00
A-60	29/05/2025	0825-12687-23404	0825	150,00
A-60	13/06/2025	0925-12759-23466	0925	150,00
A-60	11/07/2025	1025-12872-23559	1025	150,00
A-60	24/07/2025	1125-12928-23610	1125	300,00
A-60	07/08/2025	1225-12969-23647	1225	150,00
A-60	28/08/2025	1325-13063-23700	1325	150,00
A-60	11/09/2025	1425-13118-23736	1425	150,00
A-61	13/06/2025	0125-12761-23466	0125	10,00
A-63	17/03/2025	0125-12466-23224	0125	25,00
A-63	23/05/2025	0225-12668-23386	0225	10,00
A-63	13/06/2025	0325-12757-23465	0325	10,00
A-63	11/07/2025	0425-12874-23559	0425	10,00
A-63	31/07/2025	0525-12937-23624	0525	10,00
A-63	07/08/2025	0625-12970-23647	0625	20,00
A-63	11/09/2025	0725-13120-23737	0725	5,00
A-64	24/01/2025	0125-12235-23083	0125	10,00
A-64	22/02/2025	0225-12382-23168	0225	20,00
A-64	03/03/2025	0325-12415-23182	0325	5,00
A-64	24/04/2025	0425-12568-23314	0425	10,00
A-64	13/06/2025	0525-12758-23465	0525	10,00
A-64	11/07/2025	0625-12873-23559	0625	10,00
A-64	31/07/2025	0725-12938-23624	0725	10,00

A-64	07/08/2025	0825-12971-23647	0825	20,00
A-68	21/02/2025	0125-12366-A682501	0125	0,49
A-75	17/01/2025	0125-12221-23062	0125	30,00
A-75	24/01/2025	0225-12232-23077	0225	100,00
A-75	08/02/2025	0325-12308-23122	0325	80,00
A-75	03/03/2025	0425-12414-23182	0425	100,00
A-75	02/04/2025	0525-12513-23290	0525	200,00
A-75	15/05/2025	0625-12637-23372	0625	60,00
A-75	07/06/2025	0725-12732-23437	0725	100,00
A-75	13/06/2025	0825-12760-23466	0825	100,00
A-75	17/07/2025	0925-12893-23591	0925	60,00
A-75	24/07/2025	1025-12929-23610	1025	100,00
A-75	14/08/2025	1125-13012-23665	1125	200,00
A-79	31/01/2025	0125-12261-23084	0125	25,00
A-79	12/03/2025	0225-12444-23206	0225	25,00
A-79	09/05/2025	0325-12616-23350	0325	25,00
A-79	14/06/2025	0425-12764-23442	0425	25,00
A-79	06/08/2025	0525-12968-23623	0525	25,00
B-03	11/03/2025	0125-12435-23218	0125	25,00
B-03	09/06/2025	0225-12742-A012529	0225	0,00
B-03	24/06/2025	0225-12806-23486	0225	25,00
B-104	09/06/2025	0125-12739-23443	0125	9,00
B-105	09/06/2025	0125-12737-23443	0125	5,00
B-14	09/04/2025	0125-12533-23294	0125	25,00
B-14	31/07/2025	0225-12941-23621	0225	25,00
B-15	17/01/2025	0125-12216-23058	0125	25,00
B-15	09/04/2025	0225-12534-23294	0225	25,00
B-15	31/07/2025	0325-12942-23621	0325	25,00
B-24	25/02/2025	0125-12385-23171	0125	2,00
B-24	06/08/2025	0225-12967-23625	0225	2,00
B-36	09/06/2025	0125-12738-23443	0125	5,00
B-53	17/01/2025	0125-12213-23057	0125	50,00
B-53	24/01/2025	0225-12239-23078	0225	50,00
B-53	08/02/2025	0325-12301-23118	0325	50,00
B-53	21/02/2025	0425-12375-23164	0425	25,00
B-53	11/03/2025	0525-12437-23203	0525	50,00
B-53	14/03/2025	0625-12453-23221	0625	50,00
B-53	04/04/2025	0725-12517-23278	0725	50,00
B-53	09/04/2025	0825-12532-23294	0825	50,00
B-53	02/05/2025	0925-12587-23329	0925	50,00
B-53	15/05/2025	1025-12636-23369	1025	25,00
B-53	26/05/2025	1125-12677-23399	1125	25,00
B-53	05/06/2025	1225-12725-23435	1225	50,00

B-53	24/06/2025	1325-12807-23486	1325	25,00
B-53	26/06/2025	1425-12814-23512	1425	50,00
B-53	17/07/2025	1525-12889-23588	1525	50,00
B-53	05/08/2025	1625-12965-23637	1625	50,00
B-53	07/08/2025	1725-12975-23644	1725	50,00
B-53	21/08/2025	1825-13038-23688	1825	50,00
B-53	25/08/2025	1925-13057-23572	1925	50,00
B-60	10/04/2025	0125-12546-23282	0125	14,00
B-61	07/01/2025	0125-12183-23032	0125	125,00
B-61	17/01/2025	0225-12215-23058	0225	200,00
B-61	24/01/2025	0325-12237-23080	0325	275,00
B-61	31/01/2025	0425-12259-23098	0425	150,00
B-61	08/02/2025	0525-12303-23117	0525	225,00
B-61	14/02/2025	0625-12343-23143	0625	100,00
B-61	21/02/2025	0725-12374-23163	0725	200,00
B-61	03/03/2025	0825-12416-23179	0825	150,00
B-61	11/03/2025	0925-12436-23202	0925	200,00
B-61	14/03/2025	1025-12454-23221	1025	200,00
B-61	21/03/2025	1125-12475-23244	1125	150,00
B-61	02/04/2025	1225-12507-23256	1225	100,00
B-61	04/04/2025	1325-12516-23278	1325	200,00
B-61	09/04/2025	1425-12530-23293	1425	300,00
B-61	02/05/2025	1525-12586-23329	1525	250,00
B-61	08/05/2025	1625-12603-23343	1625	200,00
B-61	15/05/2025	1725-12634-23369	1725	125,00
B-61	26/05/2025	1825-12676-23399	1825	100,00
B-61	29/05/2025	1925-12689-23401	1925	175,00
B-61	05/06/2025	2025-12724-23435	2025	100,00
B-61	11/06/2025	2125-12747-23463	2125	125,00
B-61	24/06/2025	2225-12805-23486	2225	75,00
B-61	26/06/2025	2325-12811-23500	2325	750,00
B-61	03/07/2025	2425-12850-23552	2425	225,00
B-61	17/07/2025	2525-12891-23596	2525	225,00
B-61	07/08/2025	2625-12974-23643	2625	325,00
B-61	28/08/2025	2725-13061-23698	2725	100,00
B-61	04/09/2025	2825-13097-23715	2825	100,00
B-61	11/09/2025	2925-13116-23746	2925	125,00
B-66	12/03/2025	0125-12442-23214	0125	150,00
B-66	17/07/2025	0225-12895-23534	0225	150,00
B-69	09/01/2025	0125-12192-23031	0125	100,00
B-69	17/01/2025	0225-12219-23056	0225	150,00
B-69	24/01/2025	0325-12240-23079	0325	150,00
B-69	30/01/2025	0425-12255-23097	0425	150,00

B-69	08/02/2025	0525-12311-23115	0525	150,00
B-69	19/02/2025	0625-12357-23142	0625	150,00
B-69	21/02/2025	0725-12368-23165	0725	100,00
B-69	03/03/2025	0825-12412-23178	0825	100,00
B-69	11/03/2025	0925-12439-23201	0925	150,00
B-69	14/03/2025	1025-12459-23220	1025	150,00
B-69	21/03/2025	1125-12477-23249	1125	360,00
B-69	21/03/2025	1225-12478-23243	1225	150,00
B-69	28/03/2025	1325-12491-23252	1325	180,00
B-69	02/04/2025	1425-12499-23251	1425	180,00
B-69	15/05/2025	1525-12641-23371	1525	150,00
B-69	23/05/2025	1625-12664-23388	1625	100,00
B-69	29/05/2025	1725-12688-23403	1725	50,00
B-69	13/06/2025	1825-12762-23434	1825	100,00
B-69	20/06/2025	1925-12783-23484	1925	150,00
B-69	26/06/2025	2025-12813-23511	2025	50,00
B-69	03/07/2025	2125-12845-23504	2125	540,00
B-69	15/07/2025	2225-12876-23508	2225	180,00
B-69	17/07/2025	2325-12888-23597	2325	180,00
B-69	07/08/2025	2425-12976-23642	2425	360,00
B-69	04/09/2025	2525-13088-23697	2525	180,00
B-70	07/01/2025	0125-12184-23032	0125	195,00
B-70	17/01/2025	0225-12214-23057	0225	195,00
B-70	24/01/2025	0325-12238-23078	0325	195,00
B-70	31/01/2025	0425-12260-23098	0425	195,00
B-70	08/02/2025	0525-12302-23118	0525	195,00
B-70	14/02/2025	0625-12342-23143	0625	195,00
B-70	21/02/2025	0725-12376-23164	0725	195,00
B-70	03/03/2025	0825-12417-23179	0825	195,00
B-70	11/03/2025	0925-12438-23203	0925	195,00
B-70	21/03/2025	1025-12476-23244	1025	195,00
B-70	28/03/2025	1125-12490-23275	1125	195,00
B-70	02/04/2025	1225-12506-23256	1225	195,00
B-70	04/04/2025	1325-12515-23278	1325	195,00
B-70	09/04/2025	1425-12531-23294	1425	195,00
B-70	02/05/2025	1525-12585-23329	1525	195,00
B-70	15/05/2025	1625-12635-23369	1625	195,00
B-70	24/05/2025	1725-12673-23376	1725	200,00
B-70	29/05/2025	1825-12690-23401	1825	200,00
B-70	05/06/2025	1925-12726-23435	1925	200,00
B-70	26/06/2025	2025-12810-23503	2025	600,00
B-70	26/06/2025	2125-12818-23501	2125	200,00
B-70	03/07/2025	2225-12849-23552	2225	400,00

B-70	17/07/2025	2325-12890-23596	2325	200,00
B-70	21/08/2025	2425-13042-23674	2425	170,00
B-70	28/08/2025	2525-13062-23699	2525	170,00
B-70	11/09/2025	2625-13121-23738	2625	170,00
B-85	03/07/2025	0125-12851-23529	0125	25,00
B-93	24/01/2025	0125-12234-23085	0125	50,00
B-93	08/02/2025	0225-12307-23122	0225	50,00
B-93	25/04/2025	0325-12578-23298	0325	50,00
B-93	23/05/2025	0425-12665-23385	0425	20,00
B-93	07/06/2025	0525-12733-23438	0525	50,00
B-93	17/07/2025	0625-12892-23591	0625	30,00
B-93	24/07/2025	0725-12930-23610	0725	20,00
B-93	07/08/2025	0825-12972-23647	0825	30,00
B-93	28/08/2025	0925-13064-23700	0925	30,00
B-93	11/09/2025	1025-13119-23737	1025	20,00
B-97	14/02/2025	0125-12346-23101	0125	10,00
B-97	15/05/2025	0225-12639-23373	0225	15,00
B-97	09/06/2025	0325-12741-A012529	0325	0,00
B-97	19/08/2025	0325-13030-23676	0325	10,00
B-98	14/01/2025	0125-12198-23048	0125	6,00
B-98	16/01/2025	0225-12210-23072	0225	3,00
B-98	31/01/2025	0325-12267-23106	0325	7,00
B-98	08/02/2025	0425-12283-22917	0425	5,00
B-98	13/02/2025	0525-12312-23138	0525	11,00
B-98	28/03/2025	0625-12489-22799	0625	10,00
B-98	29/04/2025	0725-12580-23158	0725	5,00
B-98	24/05/2025	0825-12672-23216	0825	4,00
B-98	05/06/2025	0925-12730-23450	0925	15,00
B-98	23/06/2025	1025-12786-23506	1025	10,00
B-98	18/07/2025	1125-12909-23602	1125	10,00
B-98	22/07/2025	1225-12917-23603	1225	15,00
B-98	21/08/2025	1325-13040-23694	1325	7,00
B-98	05/09/2025	1425-13109-23733	1425	15,00
B-99	28/03/2025	0125-12493-23259	0125	2,00
C-03	13/03/2025	0125-12452-23204	0125	5,20
C-17	19/06/2025	0125-12777-23361	0125	1,00
C-28	18/03/2025	0125-12470-C282501	0125	18,65
C-35	03/02/2025	0125-12273-C352501	0125	2,04
C-36	03/02/2025	0125-12274-C362501	0125	3,03
C-36	05/08/2025	0225-12964-C362502	0225	3,03
C-44	08/02/2025	0125-12279-23102	0125	1,00
C-44	19/06/2025	0225-12779-23361	0225	1,00
C-48	19/06/2025	0125-12778-23361	0125	1,00

C-51	28/01/2025	0125-12246-23066	0125	120,00
C-51	24/03/2025	0225-12484-23213	0225	120,00
C-51	11/07/2025	0325-12871-23487	0325	144,00
C-56	21/06/2025	0125-12784-C562501	0125	1,97
C-60	24/01/2025	0125-12233-23077	0125	170,00
C-60	17/03/2025	0225-12465-23224	0225	170,00
C-60	24/04/2025	0325-12569-23314	0325	170,00
C-60	23/05/2025	0425-12667-23386	0425	240,00
C-60	13/06/2025	0525-12756-23465	0525	240,00
C-74	16/01/2025	0125-12208-23061	0125	270,00
C-74	21/02/2025	0225-12370-23167	0225	265,00
C-74	08/05/2025	0325-12610-23347	0325	270,00
C-74	03/07/2025	0425-12848-23533	0425	270,00
C-74	14/08/2025	0525-13011-23667	0525	270,00
C-74	04/09/2025	0625-13084-23701	0625	270,00
C-75	30/01/2025	0125-12253-23099	0125	60,00
C-75	16/04/2025	0225-12521-23311	0225	60,00
C-75	08/04/2025	0225-12521-23302	0225	0,00
C-75	29/05/2025	0325-12683-23417	0325	40,00
C-75	03/07/2025	0425-12847-23531	0425	40,00
C-75	17/07/2025	0525-12894-23589	0525	60,00
C-77	16/01/2025	0125-12207-23061	0125	200,00
C-77	14/02/2025	0225-12333-21575	0225	200,00
C-77	11/03/2025	0325-12434-23210	0325	200,00
C-77	13/03/2025	0425-12455-23233	0425	200,00
C-77	02/04/2025	0525-12505-23270	0525	200,00
C-77	16/04/2025	0625-12520-23311	0625	200,00
C-77	08/04/2025	0625-12520-23302	0625	0,00
C-77	08/05/2025	0725-12609-23347	0725	200,00
C-77	05/06/2025	0825-12728-23441	0825	200,00
C-77	14/06/2025	0925-12772-23467	0925	200,00
C-77	26/06/2025	1025-12817-23488	1025	200,00
C-77	03/07/2025	1125-12846-23536	1125	200,00
C-77	24/07/2025	1225-12927-23612	1225	200,00
C-77	07/08/2025	1325-12973-23648	1325	200,00
C-77	21/08/2025	1425-13041-23690	1425	200,00
C-77	04/09/2025	1525-13087-23718	1525	200,00
C-80	16/01/2025	0125-12209-23060	0125	136,00
C-80	29/01/2025	0225-12252-23095	0225	255,00
C-80	08/02/2025	0325-12285-23116	0325	255,00
C-80	21/02/2025	0425-12367-23166	0425	238,00
C-80	13/03/2025	0525-12449-23222	0525	340,00
C-80	04/04/2025	0625-12519-23279	0625	255,00

C-80	10/04/2025	0725-12544-23295	0725	170,00
C-80	06/05/2025	0825-12599-23330	0825	170,00
C-80	15/05/2025	0925-12640-23370	0925	170,00
C-80	29/05/2025	1025-12692-23402	1025	119,00
C-80	05/06/2025	1125-12727-23436	1125	170,00
C-80	27/06/2025	1225-12820-23502	1225	153,00
C-80	11/07/2025	1325-12869-23558	1325	255,00
C-80	17/07/2025	1425-12899-23590	1425	204,00
C-80	07/08/2025	1525-12977-23645	1525	306,00
C-80	08/08/2025	1625-12996-23663	1625	34,00
C-80	14/08/2025	1725-13027-23675	1725	340,00
C-81	27/01/2025	0125-12241-23094	0125	1 600,00
C-81	14/03/2025	0225-12460-23237	0225	1 600,00
C-81	06/05/2025	0325-12597-23339	0325	1 600,00
C-81	16/06/2025	0425-12773-23470	0425	1 600,00
C-81	31/07/2025	0525-12949-23634	0525	1 600,00
C-81	04/09/2025	0625-13095-23731	0625	1 600,00
C-82	27/01/2025	0125-12242-23094	0125	100,00
C-82	06/05/2025	0225-12598-23339	0225	100,00
C-82	31/07/2025	0325-12950-23634	0325	100,00
C-82	04/09/2025	0425-13096-23731	0425	53,00
C-83	09/06/2025	0125-12740-23443	0125	10,00
C-84	27/06/2025	0125-12825-C842501	0125	54,09
C-93	28/02/2025	0125-12406-23194	0125	0,27
C-93	07/03/2025	0225-12432-23038	0225	1,79
C-99	21/03/2025	0125-12479-23250	0125	30 000,00
C-99	24/05/2025	0225-12675-23398	0225	100 000,00
C-99	09/06/2025	0325-12743-A012529	0325	0,00

Apéndice G: Configuración del Forecast

Parámetro ▼	Valor ▼	Descripción ▼
H	4	Horizonte de forecast (semanas a sumar desde <i>Forecast Panel</i>).
N	20	Ventana histórica de ventas reales (semanas).
wF	0,6	Peso para forecast en demanda combinada.
wH	0,4	Peso para histórico en demanda combinada.
LT	1	Lead Time en semanas.
R	4	Periodo de revisión en semanas.
z	4	Factor de servicio para safety stock.
δ	0,2	Margen de tolerancia ($\pm 20\%$) para clasificar OK vs Sobrestock/Faltante.
SS_min	0	Safety stock mínimo (unidades).
G_ON	1	G_ON $\rightarrow$ 1 = aplicar crecimiento, 0 = no.
G_pct_total	70	G_pct_total $\rightarrow$ porcentaje TOTAL de crecimiento para el horizonte indicado (ej. 10 = +10%).
G_weeks	108	G_weeks $\rightarrow$ horizonte de crecimiento en semanas (si lo dejas vacío o 0, usará H).

Apéndice H: Receta genérica de productos de interés
--

Producto	SKU	Requerimiento kg por unidad
53131648	C-81	0,0072
53131648	C-43	0,000054
53131648	B-85	0,0108
53131648	C-54	0,00387
53131648	B-77	0,00009
53131648	C-74	0,0054
53131648	B-03	0,00036
53131648	C-85	0,0001287
53131648	B-60	0,000099
53131648	C-99	0,1177983
53131648	A-118	0,0342
51473503	C-99	0,037275
51473503	C-74	0,0051625
51473503	C-86	0,18025
51473503	A-07	0,00035
51473503	C-81	0,291655
51171608	C-74	0,12
51171605	B-107	0,2
51471901	B-108	0,25
51472901	B-109	0,0015
51472901	B-110	0,003
51472901	C-99	0,0255
51171511	B-111	0,01152
51171512	C-93	0,00018
51171513	C-74	0,0036
51171514	C-99	0,1647
42151912	B-113	0,00347
42151912	B-58	0,000216
42151912	B-59	0,000024
42151912	C-75	0,01248
42151912	B-112	0,01896
42151912	B-14	0,00036
42151912	B-15	0,00012
42151912	C-99	0,08437
42281603	B-114	0,04
42281603	B-65	0,02
42281603	B-115	0,002
42281603	A-11	0,001
42281603	C-99	0,937
42281704	C-60	0,0215
42281704	A-11	0,01
42281704	A-63	0,005
42281704	B-105	0,001
42281704	B-14	0,005
42281704	B-58	0,002
42281704	B-59	0,0005
42281704	C-75	0,01
42281704	B-15	0,0003
42281704	C-99	0,9447
53131609	B-116	0,021
53131609	B-61	0,014
53131609	B-117	0,035
53131609	A-15	0,0105
53131609	C-74	0,007
53131609	B-58	0,00105
53131609	B-59	0,00035
53131609	C-99	0,2611

Apéndice I: Estructura de Costos

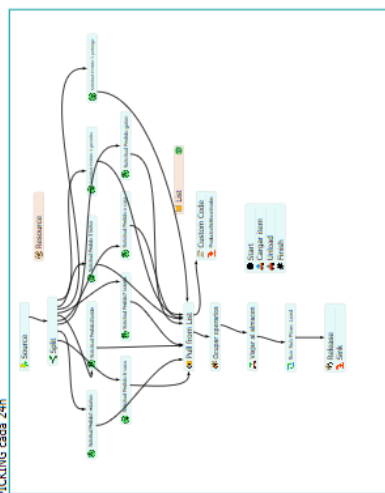
Estructura del Flujo de Caja												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos operacionales:												
Aumento de capacidad Mercado Privado					1500.000		1500.000	1500.000	1500.000	1500.000	1500.000	1500.000
Aumento de capacidad Mercado Institucional					72.352.151		72.352.151	72.352.151	72.352.151	72.352.151	72.352.151	72.352.151
TOTAL DE INGRESOS	0	0	0	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151	73 852 151
Inversión inicial												
Infraestructura y servicios	402.275.000											
Rede Industrial (54 módulos)	27.950.400											
Maniseras	12.958.216											
Equipos técnicos	16.07.000											
Actualización módulo ERP	3.000.000											
Permisos y validaciones	1500.000											
Capacitación del personal	500.000											
Capital de trabajo inicial	1000.000											
Materia Prima	173.646.162											
Costos operativos												
Materia directa	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047	826.047
Técnica de mantenimiento	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647	351.647
Mantenimiento preventivo a equipar	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
Energía y servicios	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000	180.000
Insumos y limpieza	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Depreciación anual	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891	133.891
TOTAL DE EGRESOS	151 490 716	175 586 747	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585	1 941 585
Flujo neto de efectivo	-151 490 716	-175 586 747	-1 941 585	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566	71 910 566
Tasa de Corte Anual	7,55%	VAN: 359.296.146										
Tasa de Corte Mensual	0,61%	TIR: 13%										

PR 6 meses y 21 días

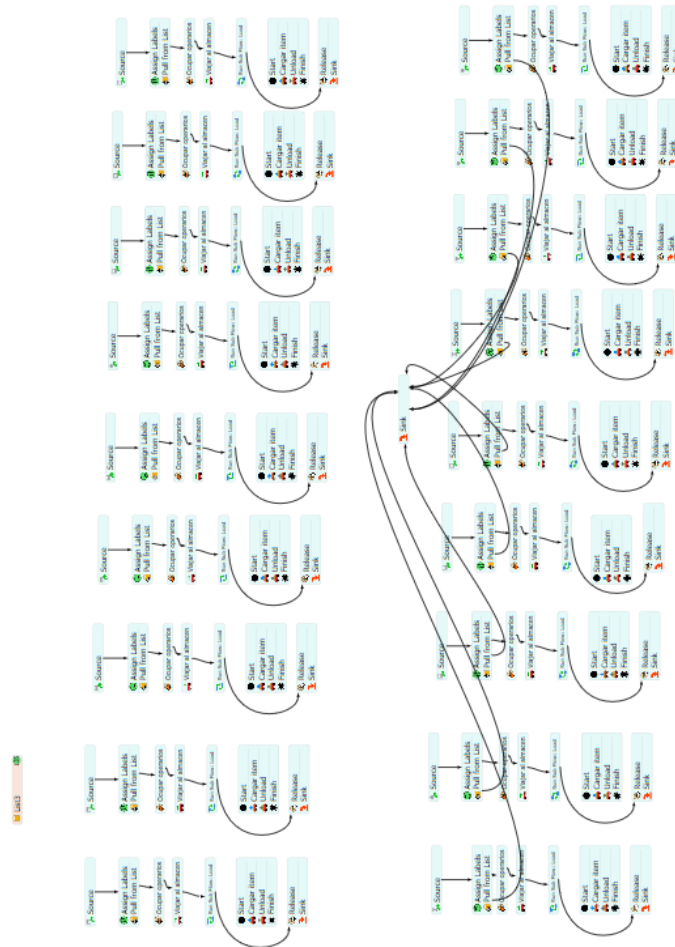
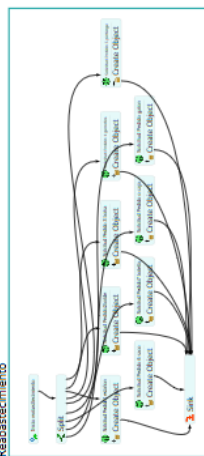
	MES	PR	PR	PR
	M	PR	PR	PR
	1	-151 490 716	-151 490 716	-151 490 716
	2	-175 586 747	-175 586 747	-175 586 747
	3	71 910 566	71 910 566	71 910 566
	4	71 910 566	71 910 566	71 910 566
	5	71 910 566	71 910 566	71 910 566
	6	71 910 566	71 910 566	71 910 566

Apéndice J: Process flow FlexSim modelo almacén MP

PICKING cada 24h



Reabastecimiento



Apéndice K: Manual de usuario almacén MP



Código: SOP-ALM-MP-01 MANUAL DE USUARIO ALMACÉN DE MATERIA PRIMA

1

Fecha de emisión: 11/10/2025 Fecha de vencimiento: 11/10/2027

Versión: 01

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

Aprobado por: _____

1. Objetivo

Establecer las directrices y procedimientos para la operación, control y trazabilidad del almacén de materia prima (MP), garantizando el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Almacenamiento (GSP) y de las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP).

2. Alcance

Aplica a todas las actividades realizadas en el almacén de materia prima de LabCen, desde la recepción de materiales hasta su despacho a planta, incluyendo almacenamiento, control de inventarios y manejo de materiales no conformes.

3. Responsabilidades

Jefe de Almacén: supervisa la operación total y valida registros.

Operario de Almacén: revisa documentos y condiciones de transporte. Además, ejecuta movimientos físicos y registra en ERP

Aseguramiento/Control de Calidad: evalúa y libera materiales conforme a GMP.

4. Procedimiento

4.1 Recepción de Materia Prima:

- 4.1.1. Verificar condiciones del vehículo y del empaque.
- 4.1.2. Comparar documentos: orden de compra, factura y guía de transporte.
- 4.1.3. Registrar la recepción en el ERP con lote, cantidad y proveedor.
- 4.1.4. Etiquetar los materiales como CUARENTENA.
- 4.1.5. Ubicar en la zona designada hasta la liberación.

4.2 Liberación y Almacenamiento

- 4.2.1. Aseguramiento de calidad inspecciona y libera mediante etiqueta.
- 4.2.2. Registrar ubicación física en el sistema (rack, pasillo, nivel, posición).
- 4.2.3. Aplicar el principio PVPS (Primero en Vencer, Primero en Salir).
- 4.2.4. Controlar y registrar temperatura y humedad diariamente.
- 4.2.5. Mantener orden y limpieza bajo programa 5S.

4.3 Control de Inventario:

- 4.3.1. Registrar en el ERP todos los movimientos de entrada, traslado o salida.
- 4.3.2. Realizar conteos cíclicos semanales y conciliaciones mensuales.
- 4.3.3. Comparar resultados físicos vs. sistema (tolerancia $\leq 0.5\%$).
- 4.3.4. Reportar desviaciones al Jefe de almacén y a Calidad.

4.4 Despacho a Planta:

- 4.4.1. Validar solicitud interna aprobada mediante orden de producción.
- 4.4.2. Seleccionar lote conforme a PVPS.
- 4.4.3. Verificar código, cantidad y vencimiento.
- 4.4.4. Registrar salida en ERP y hoja de despacho.
- 4.4.5. Entregar material a producción con firma de recepción.

4.5 Manejo de Material No Conforme

- 4.5.1. Etiquetar como NO CONFORME – NO USAR.
- 4.5.2. Trasladar a área segregada bajo llave.
- 4.5.3. Informar a Calidad para disposición final.
- 4.5.4. Registrar acción en bitácora de no conformidades.

5. Registros y Documentación

Documento	Código	Responsable	Retención
Formato de recepción de MP	FR-ALM-01	Jefe de Almacén	3 años
Registro de condiciones ambientales	FR-ALM-02	Jefe de Almacén	3 años
Bitácora de movimientos	FR-ALM-03	Jefe de Almacén	3 años
Reporte de conteos cíclicos	FR-ALM-04	Calidad/ Jefe de Almacén	3 años
Registro de despacho	FR-ALM-05	Jefe de Almacén	3 años
Formato de material no conforme	FR-QA-07	Calidad	3 años

6. Indicadores de Desempeño

Exactitud de inventario ≥98%

Nivel de servicio ≥95%

Tiempo promedio de recepción ≤45 min

Quejas ≤2%

7. Seguridad y Buenas Prácticas

- 7.1 Uso obligatorio de EPP (Casco, calzado cerrado)
- 7.2 Prohibido ingerir alimentos o bebidas en el área.
- 7.3 Limpieza y desinfección semanal con registro documentado.
- 7.4 Señalización visible de zonas: Cuarentena, Aprobado, Rechazado, Despacho.
- 7.5 Control de acceso restringido al personal autorizado.

8. Control de Cambios

Versión	Fecha	Descripción del cambio	Elaboró	Aprobó
01	11/10/2025	Versión inicial		

ANEXOS

Anexo 1: Capítulo 8 Reglamento técnico centroamericano 11.03.42:07

Los drenajes deben ser diseñados y ubicados de manera que no permita la contracorriente. Deben tener tapas tipo sanitario.

8.2 Almacenes

8.2.1 De los almacenes.

Las áreas de almacenamiento deben tener suficiente capacidad para permitir el almacenamiento ordenado de diversas categorías de materiales y productos: materias primas, materiales de envasado y empaque, productos intermedios, a granel, terminados, productos en cuarentena, aprobados, rechazados, devueltos o retirados.

8.2.2 De las características de pisos, paredes y techos.

Los pisos, paredes, techos, no deben afectar la calidad de los materiales y productos que se almacenan y estos deben ser de fácil limpieza.

8.2.3 De las condiciones ambientales.

Las áreas de almacenamiento deben diseñarse o adaptarse para asegurar las buenas condiciones de almacenamiento. Deben mantenerse limpias, ordenadas, a temperatura y humedad de acuerdo a las especificaciones de los materiales y productos. En los casos que se requiera condiciones especiales de temperatura y humedad estas deben establecerse, controlarse y vigilarse.

8.2.4 De las características del área de recepción y despacho.

En los lugares de recepción y despacho, los productos y materiales deben estar protegidos de las condiciones ambientales. Las áreas de recepción deben diseñarse y equiparse de tal forma que los contenedores de materiales puedan limpiarse, si fuere necesario, antes de su almacenamiento.

8.2.5 Del área de cuarentena.

Las áreas donde se almacenan materiales y productos, sometidos a cuarentena deben estar claramente definidas y marcadas; el acceso a las mismas debe limitarse al personal autorizado. Todo sistema destinado a sustituir el área de cuarentena debe ofrecer condiciones equivalentes de seguridad.

8.2.6 Del área de muestreo.

Debe existir área de muestreo para las materias primas que esté separada de las demás. Debe hacerse de tal forma que se impida la contaminación cruzada. El muestreo puede efectuarse en el área de pesaje o dispensado.

8.2.7 Del almacenamiento de productos rechazados, retirados y devueltos.

El almacenamiento de materiales o productos rechazados, retirados del mercado o devueltos debe efectuarse en áreas separadas, identificadas, de acceso restringido, bajo llave y documentado.

8.2.8 De la rotación de los materiales.

Los materiales deben almacenarse de manera que faciliten la rotación de los mismos según la regla "primero que vence primero que sale".

16

8.2.9 Del uso de tarimas o estanterías.

Los materiales y productos deben identificarse y colocarse sobre tarimas o estanterías que permitan la limpieza e inspección.

8.2.10 Del almacenamiento de estupefacientes y psicotrópicos.

Deben existir áreas separadas, bajo llave, identificadas y de acceso restringido para almacenar materias primas y productos terminados que contengan psicotrópicos y estupefacientes.

8.2.11 Del almacenamiento de Sustancias Inflamables.

Debe existir un área destinada al almacenamiento de sustancias inflamables, la cual debe ser ventilada y con equipo de seguridad contra incendios o explosiones, ubicada en áreas alejadas de las otras instalaciones.

8.2.12 Del almacenamiento de material impreso.

Debe existir un área separada, identificada y de acceso restringido para almacenar dichos materiales (etiquetas, estuches, insertos y envases impresos).

Anexo 2: Productos de Interés Plan anual de compas SICOP 2025

CODIGO ▼	PRODUCTO ▼	Licitación 2025 CR ▼
53131648	Repelente de insectos	₡ 1 248 445 845,00
51473503	Peróxido de carbamida o peróxido de hidrógeno	₡ 30 636 000,00
51171608	Glicerina	₡ 45 909 578,00
51171605	Lactulosa	₡ 921 502 858,00
51471901	Isopropanol o alcohol isopropílico	₡ 46 102 578,00
51472901	Yodo	₡ 247 782 522,00
51171511	Hidróxido de aluminio	₡ 331 710 386,00
42151912	Aerosoles para endodoncia	₡ 18 132 563,00
42281603	Desinfectantes de los instrumentos médicos	₡ 824 868 382,00
42281704	Detergentes o limpiadores de los instrumentos	₡ 741 992 619,00
53131609	Productos protectores del sol (protector solar)	₡ 4 225 174 789,00
Total ingresos		₡ 8 682 258 120,00

Anexo 3: Tasa de capital referencia Banco Central de Costa Rica

Comparador de productos crediticios

Seleccionar productos

Clasificación

Sistema Banca Desarrollo

Grupo

Selección múltiple

Oferente

BAC San José

Nombre producto

Todas

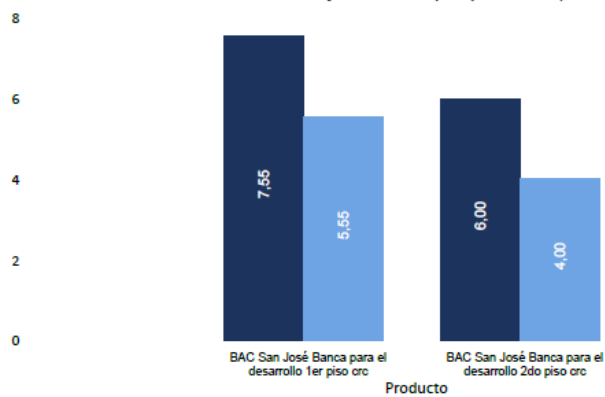
Moneda

Colón

Rango Tasa Nominal

4,00 30,00

Tasa nominal y moratoria por producto (en %)



● Tasa Moratoria ● Tasa Nominal

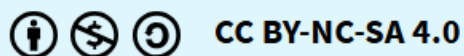
[Cargos](#)

[Beneficios y observaciones](#)

[Detalle](#)

Anexo 4: Licencia Creative Commons

Modelo de almacén de materia prima para las nuevas instalaciones productivas de LabCen acorde al RTCA 11/.03.42:07 N° 38732-S-COMEX-MEIC para aumento de la capacidad instalada © 2025 by Judith Gamboa Granados is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

This license requires that reusers give credit to the creator. It allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, for noncommercial purposes only. If others modify or adapt the material, they must license the modified material under identical terms.

BY: Credit must be given to you, the creator.

NC:
Only noncommercial use of your work is permitted. *Noncommercial means not primarily intended for or directed towards commercial advantage or monetary compensation.*

SA: Adaptations must be shared under the same terms.

[See the License Deed](#)

CURRICULUM

Hoja de vida 01: Dra. Judith Gamboa Granados

a. Datos biográficos

Farmacéutica industrial con experiencia en la manufactura de medicamentos, cosméticos, productos naturales y veterinarios. Especializada en formulación, aseguramiento de la calidad, control de procesos y lean manufacturing. Liderazgo de auditorías BPM y BPAD, gestionado equipos multidisciplinarios y departamentos técnicos. Desempeño labor docente universitaria en Farmacia Industrial.

b. Educación

- Maestría en Sistemas Modernos de Manufactura. Instituto Tecnológico de Costa Rica (proyecto en curso III Cuatrimestre 2025).
- Licenciatura en Farmacia. Universidad de Costa Rica 2014

c. Experiencia profesional actual

- 2025 – Actual UIA: Profesora
- 2025 – Actual LABCEN: Formuladora y Gestor de Aseguramiento de Calidad
- 2024 – 2025 UIA: Coordinadora de Farmacia Industrial
- 2024 LISAN: Jefe de Producción
- 2023 – 2023 LISAN: Jefe de Aseguramiento de Calidad
- 2022 – 2023 MEDIGRAY: Gerente de Calidad
- 2021 – 2022 MEDIGRAY: Jefe de Aseguramiento de Calidad
- 2019 – 2020 UNIVERSIDAD DE COSTA RICA: Profesora Invitada
- 2018 – 2021 CHEMO CENTROAMERICANA: Jefe de Producción
- 2018 CALOX COSTA RICA: Formuladora
- 2014 – 2018 CALOX COSTA RICA: Supervisor de Producción