

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



MEJORA DE NIVEL DE SERVICIO EN UNA EMPRESA DE INGENIERÍA Y SEGURIDAD INFORMÁTICA APLICANDO LEAN MANUFACTURING

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Artículo Científico

Piero Wilber Alessandro Armas Sarmiento
20202532

Edwin Raul Ricaldi Lopez
20172539

Asesor

Carlos Medardo Urbina Rivera

Lima – Perú

Junio del 2025



**IMPROVEMENT OF SERVICE LEVEL IN A
CYBERSECURITY COMPANY BY APPLYING
LEAN MANUFACTURING**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
METODOLOGÍA	16
RESULTADOS	37
DISCUSIÓN	40
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	42



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Dashboard de indicadores actuales.....	8
Tabla 1.2: Cantidad de proyectos.....	9
Tabla 1.3: Impacto económico	11
Tabla 2.1: Relación de tiempos	21
Tabla 2.2: Datos recolectados de tiempos de entrega de proyectos (días de retraso)	32
Tabla 3.1: Comparación de indicadores y sus mejoras según los escenarios dados en la simulación	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Brecha técnica	10
Figura 1.2: Actualidad de almacén principal	12
Figura 1.3: Actualidad de almacén secundario	13
Figura 2.1: Diagrama Ishikawa.....	16
Figura 2.2: Diagrama de Pareto	17
Figura 2.3: Árbol de Problemas	18
Figura 2.4: Modelo de la aplicación macro	20
Figura 2.5: Documento de flujo de ingreso y salida de inventarios.....	22
Figura 2.6: Señal de identificación en el almacén	23
Figura 2.7: Validación Trabajo Estandarizado	24
Figura 2.8: Plano actual del almacén 1 y 2	25
Figura 2.9: Recorrido promedio por pedido	26
Figura 2.10: Diagrama de recorrido con SLP implementado	27
Figura 2.11: Validación SLP	28
Figura 2.12: Almacén 1 y 2 actual	29
Figura 2.13: Almacén 1 y 2 con ABC implementado.....	30
Figura 2.14: Validación ABC	31
Figura 2.15: Gráficos de control de días de retraso (CONTROL X).....	33
Figura 2.16: Gráficos de control de días de retraso (CONTROL R)	34
Figura 2.17: Validación de Control estadístico de calidad	36
Figura 3.1: Diagrama AS IS.....	37
Figura 3.2: Diagrama TO BE	38

Mejora de nivel de servicio en una empresa de seguridad informática aplicando Lean Manufacturing

Armas Sarmiento, Piero Wilber Alessandro

20202532@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Ricaldi López, Edwin Raúl

20172538@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen: La falta de procesos estandarizados y la desorganización del almacén generan un servicio deficiente y un impacto económico negativo para la empresa. Este proyecto busca mejorar la calidad del servicio en una empresa de ingeniería y seguridad informática, optimizando funciones clave del almacén, su distribución y diseño, para cumplir con los plazos de entrega al cliente. En este trabajo se propone aplicar herramientas de ingeniería industrial como Slotting-ABC, control estadístico de calidad, SLP y estandarización del trabajo con el objetivo de abordar los problemas actuales de desorganización en el almacén y garantizar un proceso más eficiente. En seis meses, se espera mejorar los indicadores a través de una simulación que represente el proceso real. Así, se equilibrará el nivel de servicio del sector, reduciendo sobrecostos y penalidades, mejorando el prestigio de la empresa y fidelizando a sus clientes.

Palabras Clave: Trabajo estandarizado, Slotting - ABC, Control estadístico de calidad, nivel de servicio.

Abstract: The lack of standardized processes and warehouse disorganization result in poor service and a negative economic impact on the company. This project aims to improve service quality in an engineering and cybersecurity company by optimizing key warehouse functions, including layout and design, to meet client delivery deadlines. Industrial engineering tools such as Slotting-ABC, statistical quality control, SLP, and work standardization will be applied to achieve an efficient and stable process. Within six months, we aim to improve key indicators through a simulation that reflects the actual process. This will help balance service levels in the sector, reduce operational overcosts and penalties, enhance the company's reputation, and build client loyalty.

Keywords: Standardized work, Slotting - ABC, Statistical quality control, service level.

1. INTRODUCCIÓN

Objetivo General: Incrementar el nivel de servicio de una empresa de ingeniería y seguridad informática para optimizar el impacto económico negativo por los indicadores deficientes de la empresa.

Objetivos específicos:

- Minimizar el porcentaje de error en los pedidos mediante la implementación de control estadístico de calidad para garantizar la precisión de cada material expedido.
- Disminuir el recorrido promedio por picking de materiales para aumentar la eficiencia operativa en el almacén mediante la aplicación de SLP y ABC.
- Reducir el tiempo de entrega de proyectos mediante una mejor planificación y estandarización de procesos dentro del almacén.

La gestión eficiente de almacenes, sus inventarios y la correcta logística de suministro se ha convertido en un pilar fundamental para incrementar el nivel de servicio de una empresa de seguridad informática, con el objetivo de evitar sobrecostos operativos, de mano de obra y en consecuencia penalidades por retrasos en entrega de proyectos.

En ese sentido, se muestran los indicadores actuales de la empresa que generan pérdidas significativas y sobre todo la desconfianza de clientes con la empresa, que conlleva a perder clientes significativos.

Tabla 1.1

Dashboard de indicadores actuales

Indicador	Situación Actual (Mensual)
Nivel de servicio	28,78%
Porcentaje de pedidos errados	27,27%
Recorrido promedio por pedido (picking)	40 mts
Promedio de días de retraso para entrega de proyectos	6 días

El principal indicador a abordar es el nivel de servicio de la empresa, para sustentar el valor porcentual vamos a dividir la cantidad de proyectos entregados a tiempo, según el contrato inicial entre la empresa prestadora de servicios y el cliente final. Según ello se calculará una brecha técnica entre el valor porcentual actual de la empresa que estamos analizando versus el estándar del sector según el estudio de la literatura

$$\text{Nivel de servicio (\%)} = \frac{\text{Proyectos entregados a Tiempo}}{\text{Total de Proyectos}}$$

Tabla 1.2

Cantidad de proyectos

Periodo (2024)	Proyectos entregados a tiempo	Total de Proyectos	Nivel de Servicio
Enero	3	12	25,00
Febrero	4	15	26,67
Marzo	7	13	53,85
Abril	5	17	29,41
Mayo	3	16	18,75
Junio	3	15	20,00
Julio	6	14	42,86
Agosto	4	13	30,77
Septiembre	2	12	16,67
Octubre	5	15	33,33
Noviembre	3	13	23,08
Diciembre	4	16	25,00
Total	49	171	
		Promedio	28,78%

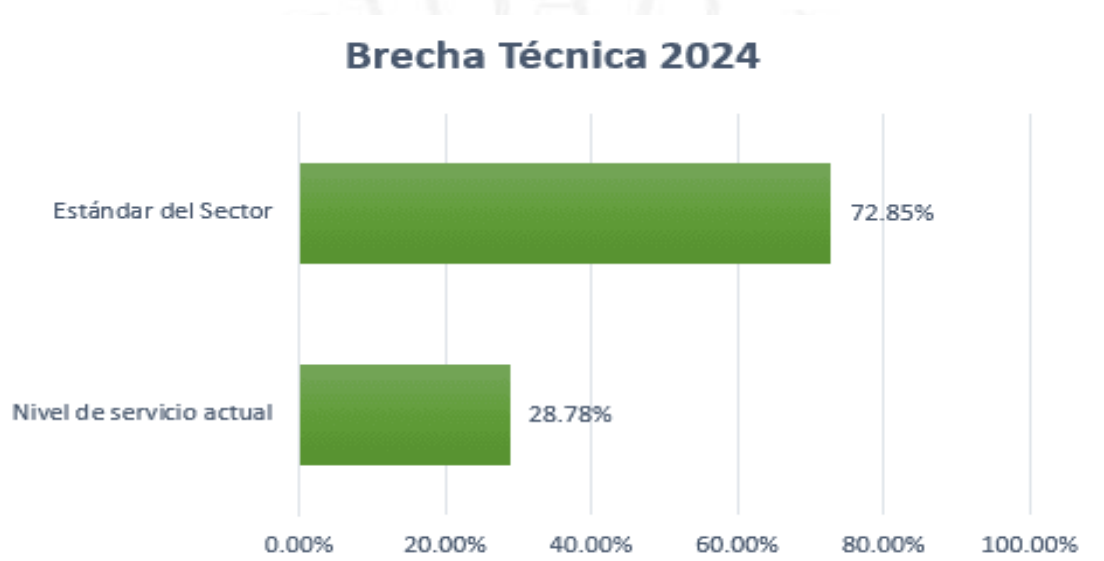
De esta manera podemos calcular el nivel de servicio actual.

$$\text{Nivel de servicio (\%)} = 28.78\%$$

De esta manera, se obtiene una idea clara sobre el principal problema que enfrenta la empresa. A continuación, según la información obtenida en la revisión de la literatura podemos conseguir un valor estándar del sector para comparar y obtener una brecha técnica para proponer una oportunidad de mejora con las herramientas anteriormente mencionadas.

Figura 1.1

Brecha técnica



Nota. Adaptado de OSIPTEL elabora ranking de la calidad de atención al usuario de los servicios públicos de telecomunicaciones. Por OSIPTEL 2024. (<https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/osiptel-elabora-ranking-de-la-calidad-de-atencion-del-usuario-de-los-servicios-publicos-de-telecomunicaciones/>).

Los datos revelan una clara brecha entre expectativas y realidad en el sector. Mientras que el estándar del sector alcanza un sólido 72.85%, el nivel de servicio actual se encuentra en apenas 28.78%, evidenciando una diferencia de más de 44 puntos porcentuales.

Se va a analizar un indicador importante que impacta directamente en el nivel de servicio de la empresa, el porcentaje de pedidos errados. Para ello, vamos a tomar en cuenta la siguiente ecuación que justificará este indicador.

$$\text{Pedidos errados (\%)} = \frac{\text{Cantidad de pedidos errados}}{\text{Cantidad de pedidos totales}}$$

$$\text{Pedidos errados (\%)} = 27.27 \%$$

A continuación, se analizará el impacto económico que genera este bajo nivel de servicio. Para ello, se tomará en cuenta los siguientes factores:

- Penalidades
- Sobrecostos Operativos
- Sobrecostos por mano de obra

Las penalidades son consideradas por el retraso de entrega de proyectos, el cual está específicamente descrito en el contrato al momento de solicitar los servicios de la empresa, actualmente tiene un valor promedio de \$19 661.

Los sobrecostos operativos, son causados por errores de pedido de material por parte de los trabajadores, la calidad del material. Y, en consecuencia, generan reprocesos durante la ejecución del proyecto y en el escenario más desfavorable volver a realizar el proceso completo desde el inicio.

Los sobrecostos de mano de obra, está determinado por una estimación inexacta de los costos de personal debido a que los proyectos demandan más horas y recursos de los previstos, modificaciones en el alcance del proyecto pueden requerir más mano de obra de lo inicialmente planificado, con el objetivo de entregar el proyecto a tiempo o que el retraso sea el menos posible.

Tabla 1.3

Impacto económico

	Impacto Económico
Sobrecostos Operativos	12,23% (Por ingreso total de proyecto)
Sobrecostos de M.O.	8,32% (Por ingreso total de proyecto)
Penalidades	S/.19 661,18

Finalmente, vamos a realizar el análisis del promedio de pérdidas de stock. Es decir, de todas las entregas de materiales que realiza el almacén al personal técnico están

erradas. Esto impacta directamente en el plazo de entrega de proyectos, debido a que algunos proyectos son en provincia y el traslado errado demanda tiempo y costos extra.

Como podemos observar, actualmente la empresa tiene un alto índice de impacto económico negativo. Lo cual nos permite realizar un diagnóstico certero y preciso para solucionar este problema. Para ello, fijamos nuestra atención en los almacenes de la empresa para buscar optimizar los procesos.

A continuación, se muestra la evidencia de la actualidad de los almacenes mediante fotos.

Figura 1.2

Actualidad de almacén principal



Cómo podemos observar el almacén se encuentra inadecuadamente distribuido y esto impacta negativamente en la calidad de servicio y sobre todo en los periodos de tiempo establecido para la entrega de proyectos. De la misma manera, se muestra la actualidad del almacén secundario, donde principalmente se almacenan los materiales para proyectos de cableado estructurado (principal servicio ofrecido por la empresa).

Figura 1.3

Actualidad de almacén secundario



Frente a este diagnóstico inicial se realiza la propuesta de implementación de herramientas de ingeniería industrial. En ese sentido se detallan brevemente los criterios necesarios para optimizar los procesos y distribución en el almacén.

La implementación de las herramientas de Trabajo Estandarizado, SLP, Slotting - ABC (Activity-Based Costing) y Control estadístico de calidad se estructurará en múltiples hitos principales para cada componente. Esta estructura se basará en las causas raíz identificadas previamente: falta de capacitación en materiales y uso de herramientas, poca estandarización de los proyectos y ausencia de políticas de inventarios. Comenzamos con la estandarización del trabajo para establecer procedimientos claros y consistentes. Esto es fundamental para garantizar que todos los empleados sigan las mismas prácticas y se reduzcan errores y variaciones en la ejecución de tareas. La estandarización es crucial en las primeras etapas para crear una base sólida sobre la cual construir el resto del proceso. En el caso de trabajo estandarizado, se presenta el siguiente plan de implementación:

1.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Felipe (2021) evaluó los indicadores del área de despachos en una empresa de telecomunicaciones en Surco, encontrando inicialmente un bajo nivel de servicio 35.60%. Mediante la implementación de estrategias de organización de la mercancía dentro del inventario de su almacén con la finalidad de maximizar la eficiencia en su gestión, se

logró incrementar el nivel de servicio al 49.35%, lo que representó una mejora del 38.61%.

De igual manera, Guevara (2021) implementó la metodología control de calidad en el almacén de una empresa de ingeniería, logrando aumentos en eficiencia del 28%, en eficacia del 16.79% y el nivel de servicio del 10.3%. Estos resultados reflejan la efectividad del orden y la limpieza en los entornos de trabajo como factores claves en el desarrollo operativo de una organización.

En un enfoque más integral, Lavado y Pariona (2022) propusieron un modelo logístico para una MYPE de servicios, incorporando cinco herramientas: Slotting, pronóstico de demanda, registros de control de calidad, Systematic Layout Planning (SLP) y estandarización del trabajo. Esta intervención permitió elevar el nivel de servicio del 55% al 70%.

Desde un análisis más teórico, Luján, Romero y Estrada (2022) desarrollaron una revisión sistemática sobre la aplicación de la herramienta Slotting y ABC para optimizar inventarios. En su estudio experimental, observaron una mejora del 30% en la eficiencia del almacenamiento y despacho de materiales por parte del personal a cargo del almacén en empresas productoras.

Paz y Pachas (2022) también abordaron la mejora de almacenes en una empresa de telecomunicaciones, aplicando estandarización, Warehouse Management y ABC. Esta integración permitió reducir en un 15% el tiempo de recepción y en un 37% el tiempo de almacenamiento, mejorando de manera tangible la eficiencia operativa.

Amado et al. (2022) realizaron un estudio sobre logística de distribución en un operador logístico en Callao, destacando la importancia de rediseñar el layout y aplicar políticas de inventario. Se observó una reducción del tiempo de despacho de 351 a 323.2 minutos, así como un incremento del nivel de servicio de 52.82 a 57.36 despachos/hora. Además, se logró reducir el impacto económico en un 12.17%.

Vargas y Giraldo (2022) enfocaron su estudio en la logística inversa para la empresa Telecel Telecomunicaciones en Bogotá. A través de mejoras en la trazabilidad y el seguimiento de la cadena de suministro, se optimizó el proceso de recepción y distribución, logrando una mejora del 20% en utilidades y una reducción significativa en los tiempos de recepción.

En el sector automotriz, Viacava et al. (2020) propusieron sistemas de control estadísticos de calidad para monitorear y controlar la calidad de gestión de inventarios en mantenimiento. Esta estrategia logró reducir en un 61% los errores de despacho de materiales y en un 77% las pérdidas económicas, estimando una recuperación de inversión en un año.

Finalmente, Postigo y Esquivel (2023) desarrollaron una planificación y gestión de inventarios con SLP y control estadístico de calidad para mejorar la distribución en una empresa de herramientas para plantas externas. La metodología permitió incrementar el nivel de servicio del 72.62% en el primer año, proyectándose a un 92.77% para el segundo año.



2. METODOLOGÍA

En el entorno laboral actual, la identificación y abordaje efectivo de los problemas son fundamentales para garantizar la eficiencia y el éxito empresarial. En este contexto, la implementación de la metodología Ishikawa, también conocida como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto, emerge como una herramienta invaluable. Al aplicar este enfoque analítico, podemos desglosar los desafíos en diversas categorías, como personal, materiales, políticas y método, permitiendo una comprensión más profunda de las raíces de los problemas y facilitando la formulación de soluciones efectivas

Figura 2.1

Diagrama Ishikawa



A continuación, el diagrama de Pareto donde se explican las principales causas que generan los cuellos de botella dentro de la empresa y la frecuencia de ocurrencia.

Figura 2.2

Diagrama de Pareto

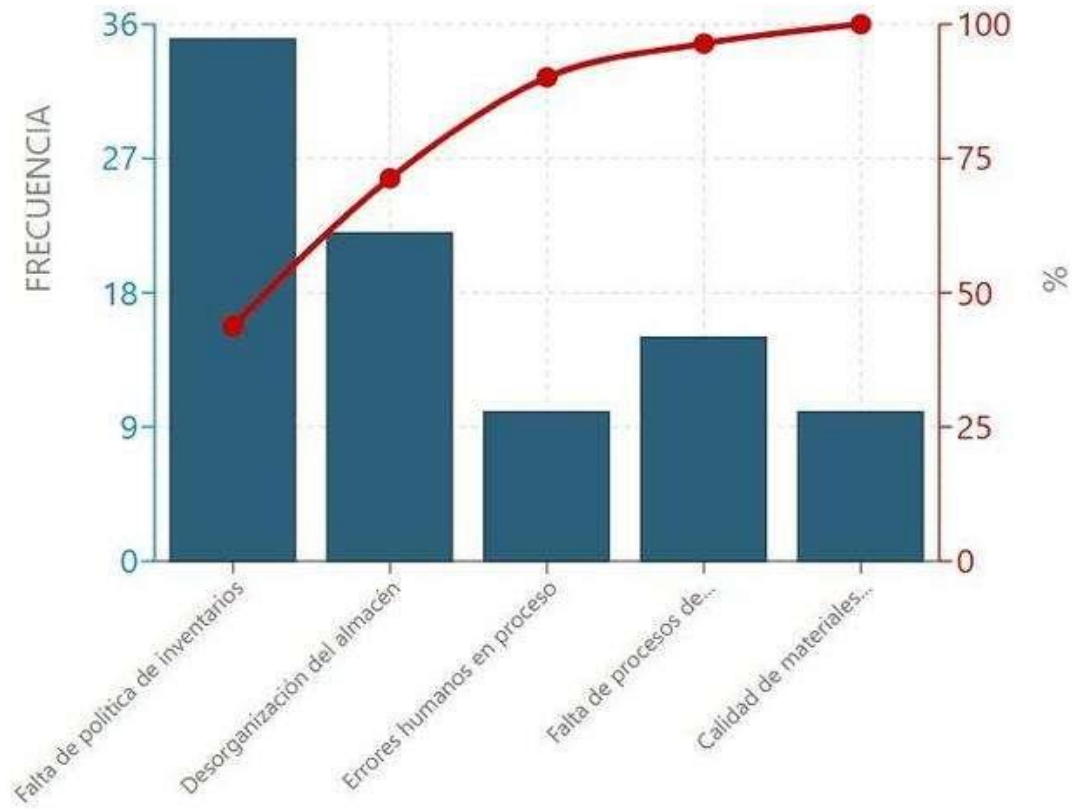
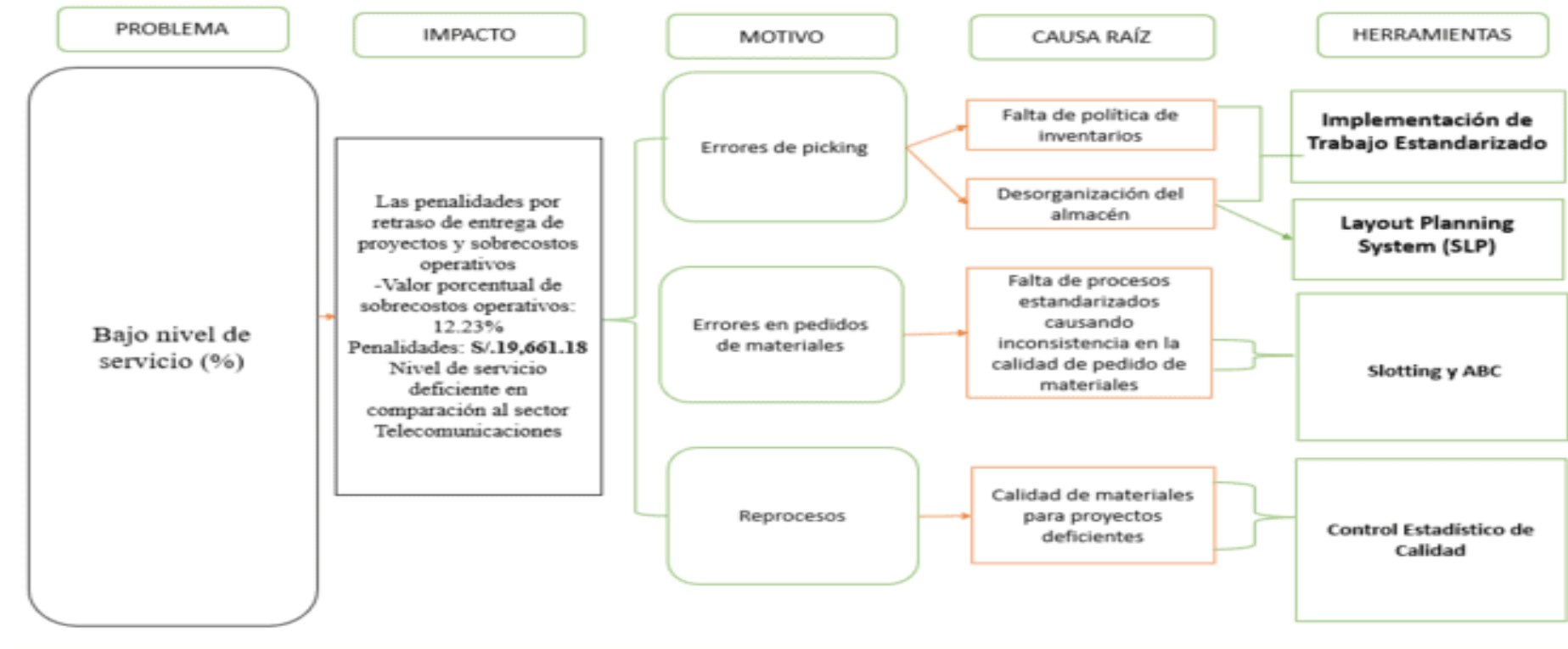


Figura 2.3

Árbol de Problemas



El diseño metodológico adoptado en esta investigación es de tipo aplicativo, ya que se orienta a la solución práctica de un problema real dentro del contexto organizacional, mediante la implementación de herramientas propias de la ingeniería industrial. El enfoque de la investigación

es cuantitativo, puesto que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para medir el impacto de las mejoras aplicadas, utilizando indicadores operativos y herramientas estadísticas.

La unidad de análisis estuvo conformada por los procesos logísticos del almacén principal, que incluyen recepción, almacenamiento y despacho de materiales y herramientas tecnológicas. La muestra se constituyó por los datos operativos del año 2023, incluyendo 171 proyectos realizados. Los criterios de inclusión estuvieron basados en la disponibilidad de registros históricos, y en la representatividad de los procesos típicos de operación.

La validación del modelo de mejora se llevó a cabo mediante la simulación y documentación de los procesos optimizados tras la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial: Trabajo estandarizado, Systematic Layout Planning (SLP), análisis ABC/Slotting y control estadístico de calidad. Esta sección detalla los resultados obtenidos y las herramientas empleadas para asegurar que cada mejora propuesta cumple con los objetivos de eficiencia, reducción de tiempos, disminución de errores y optimización del espacio físico.

A continuación, se muestra el diagrama macro de la propuesta metodológica aplicada, donde se articulan los insumos (input), herramientas (C1, C2 y C3), resultados esperados (output), y el estado proyectado (TO BE):

Figura 2.4

Modelo de la aplicación macro



Para el desarrollo del proyecto se emplearon las herramientas Trabajo Estandarizado, Systematic Layout Planning (SLP) y Análisis ABC, en ese orden. Las actividades se ejecutaron según un plan maestro por cada herramienta, considerando los siguientes procedimientos:

Trabajo Estandarizado: Se elaboraron diagramas de actividades (DAP), se realizó el estudio de tiempos mediante cronómetro, y se definieron procedimientos estándar. Se incluyó la implementación de gestión visual (*visual management*) y capacitaciones al personal.

Tabla 2.1*Relación de tiempos*

Proceso de recolección de herramientas y materiales	Tiempo	Inicio	Fin	Observaciones
1. Recepción de orden, análisis de solicitud. Asignación de operario.	00:07:00	08:00:00	08:07:00	
2. Realizar el proceso verificación de existencias.	00:02:30	08:07:00	08:09:30	
3. Realizar el proceso de picking.	00:15:30	08:09:30	08:25:00	El sistema no cuenta con un stock actualizado por lo que generalmente hay escasez de inventarios, que deben ser adquiridos. Esto demanda un tiempo extra no expuesto en esta tabla.
4. Transportar los productos al área principal del almacén para su expedición	00:03:00	08:25:00	08:28:00	Es importante recalcar que hay herramientas y materiales defectuosos por fábrica que representan el 1% de las adquisiciones.
5. Inspección, verificación y rectificar herramientas/materiales	00:07:00	08:28:00	08:35:00	La falta de conocimiento técnico por los operarios de almacén dificulta el proceso óptimo de picking.
6. Consolidación de pedido, firma de encargado de almacén y líder técnico asignado del proyecto.	00:02:00	08:35:00	08:37:00	
TOTAL	37	min		

Adicionalmente, se propone incorporar un documento de flujo de ingreso y salida de materiales que ayude a mantener un inventario de existencias actualizado y verificar la rotación de herramientas en los diferentes proyectos.

Figura 2.5

Documento de flujo de ingreso y salida de inventarios

NOTA O PARTE DE SALIDA DE MATERIALES N° NS-0001

FECHA DE SOLICITUD: _____ CUENTE: _____ N° CENTRO DE COSTO: _____
AREA SOLICITANTE: _____ N° REQUERIMIENTO: _____
SOLICITANTE: _____ DOCUMENTO DE REF.: _____
CARGO: _____ N° DOCUMENTO REF.: _____

MOTIVO DE SALIDA: VENTA DEVOLUCION DE PROV. CONSUMO INTERNO N° 000619
OTROS A ESPECIFICAR:

N°	CODIGO DEL MATERIAL	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD		OBSERVACIONES
				SOLICITADA	ENTREGADA	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

ENTREGÓ	RECIBIÓ	AUTORIZÓ
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA

Como se puede observar, la propuesta de incorporar un documento nos permitiría realizar seguimiento en tiempo real de las herramientas y materiales que son expedidos para los proyectos pendientes. Así también, el personal a cargo de expedir los materiales y quién lo recibe, formalizando el documento con una firma de autorización y observaciones de ser necesario.

La señalización dentro del almacén permitirá agilizar el proceso de picking. Se realizó la propuesta de incorporación de mecanismos visuales que asistan al operario a encontrar lo solicitado por parte de proyectos de una forma rápida y eficaz.

Figura 2.6

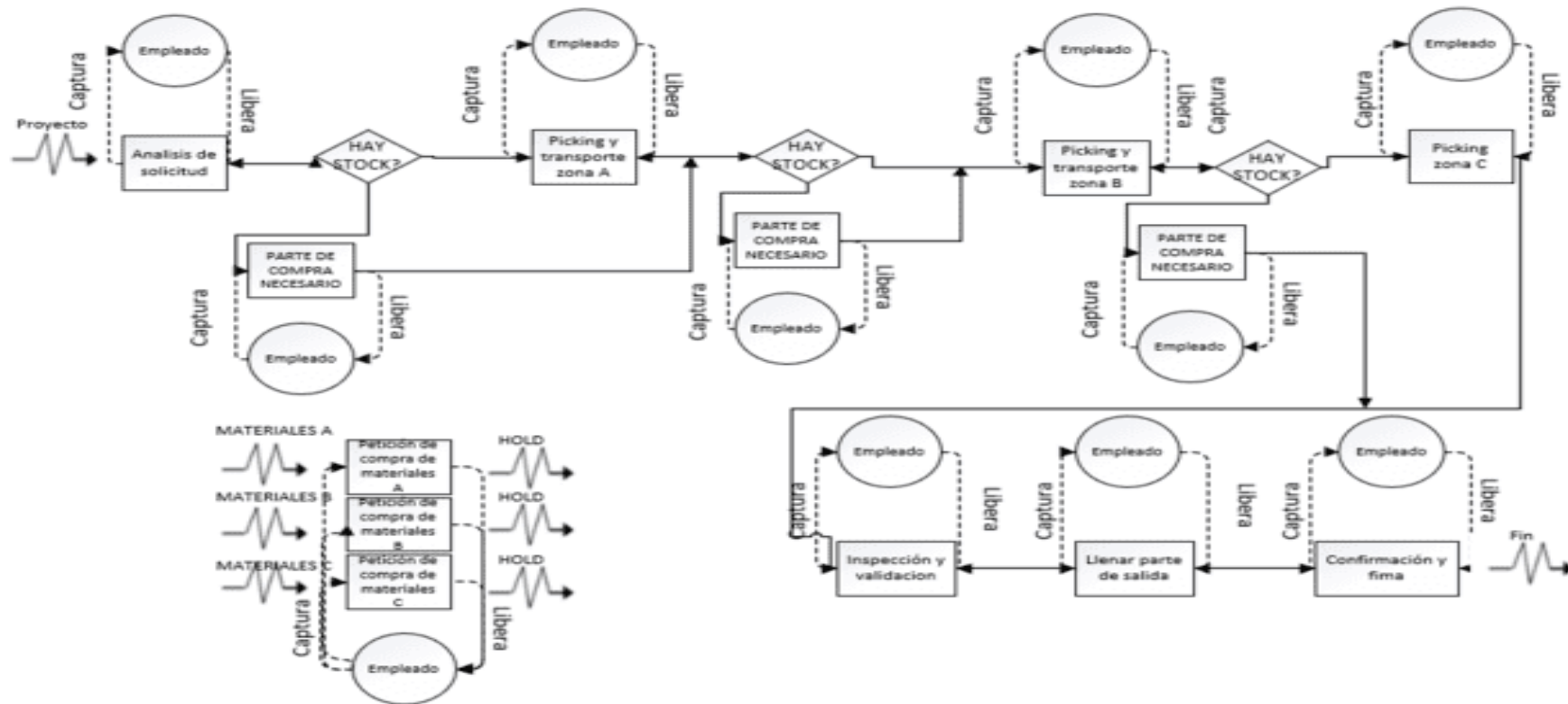
Señal de identificación en el almacén



Posteriormente, se realizó un levantamiento de los tiempos actuales en actividades críticas del almacén, como el análisis de solicitud, búsqueda y transporte de materiales. Se emplearon distribuciones estadísticas para representar cada actividad y se usaron modelos de simulación para validar mejoras. Estas distribuciones permitieron detectar la variabilidad y estandarizar los procesos más inestables.

Figura 2.7

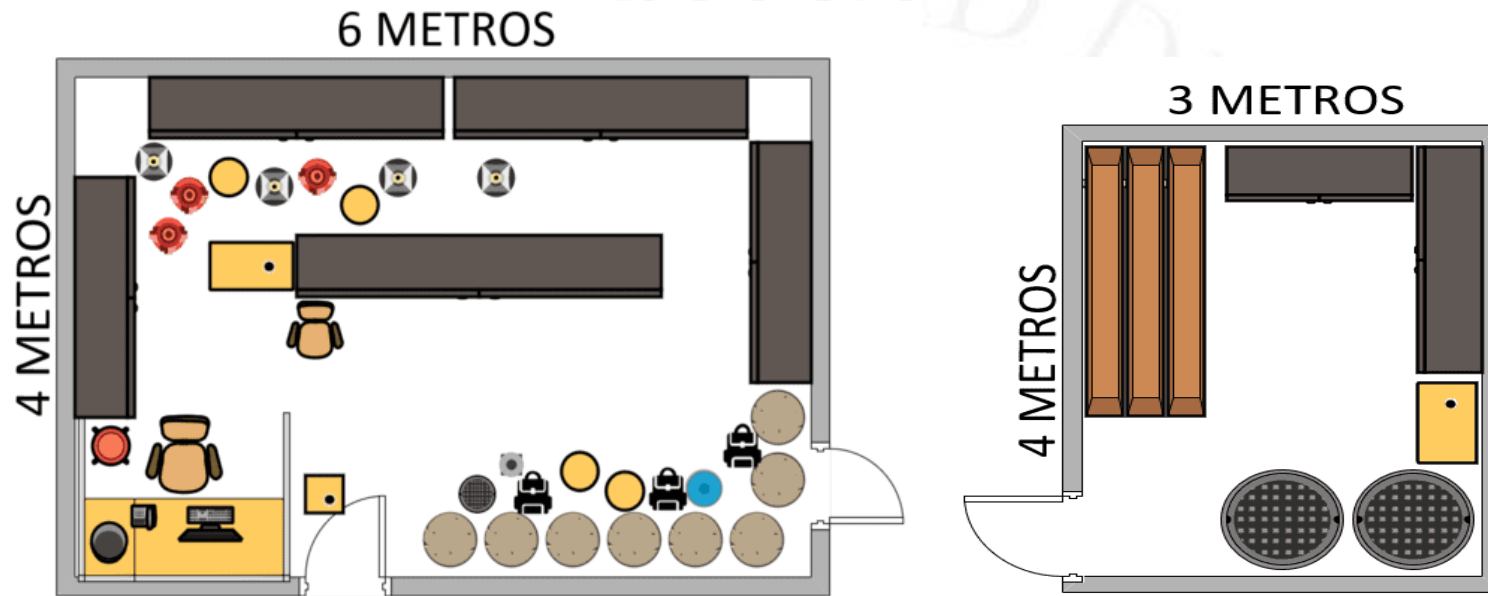
Validación Trabajo Estandarizado



SLP (Systematic Layout Planning): Se diseñaron propuestas de layout en Visio considerando la rotación de materiales, frecuencia de uso y flujos operativos. Se elaboraron diagramas de recorrido para seleccionar la alternativa óptima.

Figura 2.8

Plano actual del almacén 1 y 2

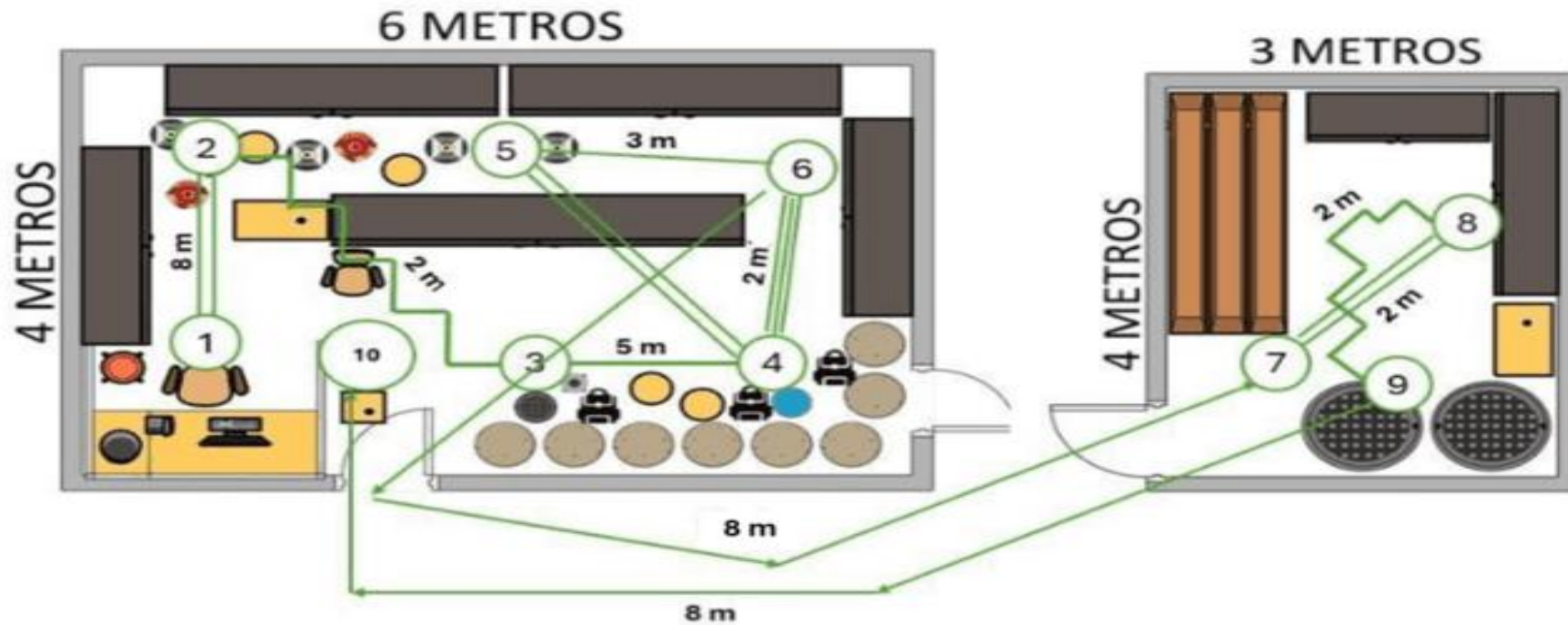


Se analizaron los recorridos actuales del personal en los almacenes mediante mapas de recorrido.

El recorrido que realiza el operario en el almacén para recolectar el pedido solicitado para la realización de un proyecto establecido. Para ello, se mostrará el plano y la cantidad de paradas y retornos innecesarios que realiza el personal. Haciendo un total de 40 metros.

Figura 2.9

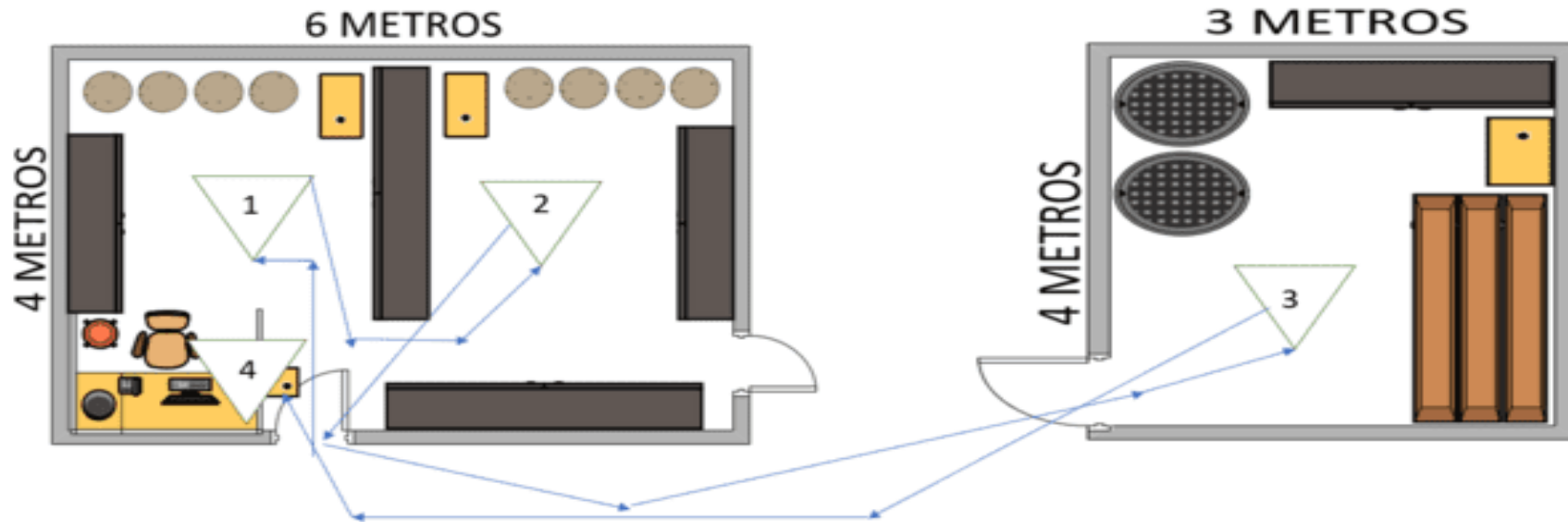
Recorrido promedio por pedido



Luego se propusieron nuevos planos de distribución basados en la frecuencia de uso y criticidad de los materiales. La validación se realizó midiendo la reducción en distancias recorridas y tiempos de traslado, así como disminuciones en cruces y bloqueos. Se documentan tanto los planos actuales como los propuestos en los almacenes 1 y 2.

Figura 2.10

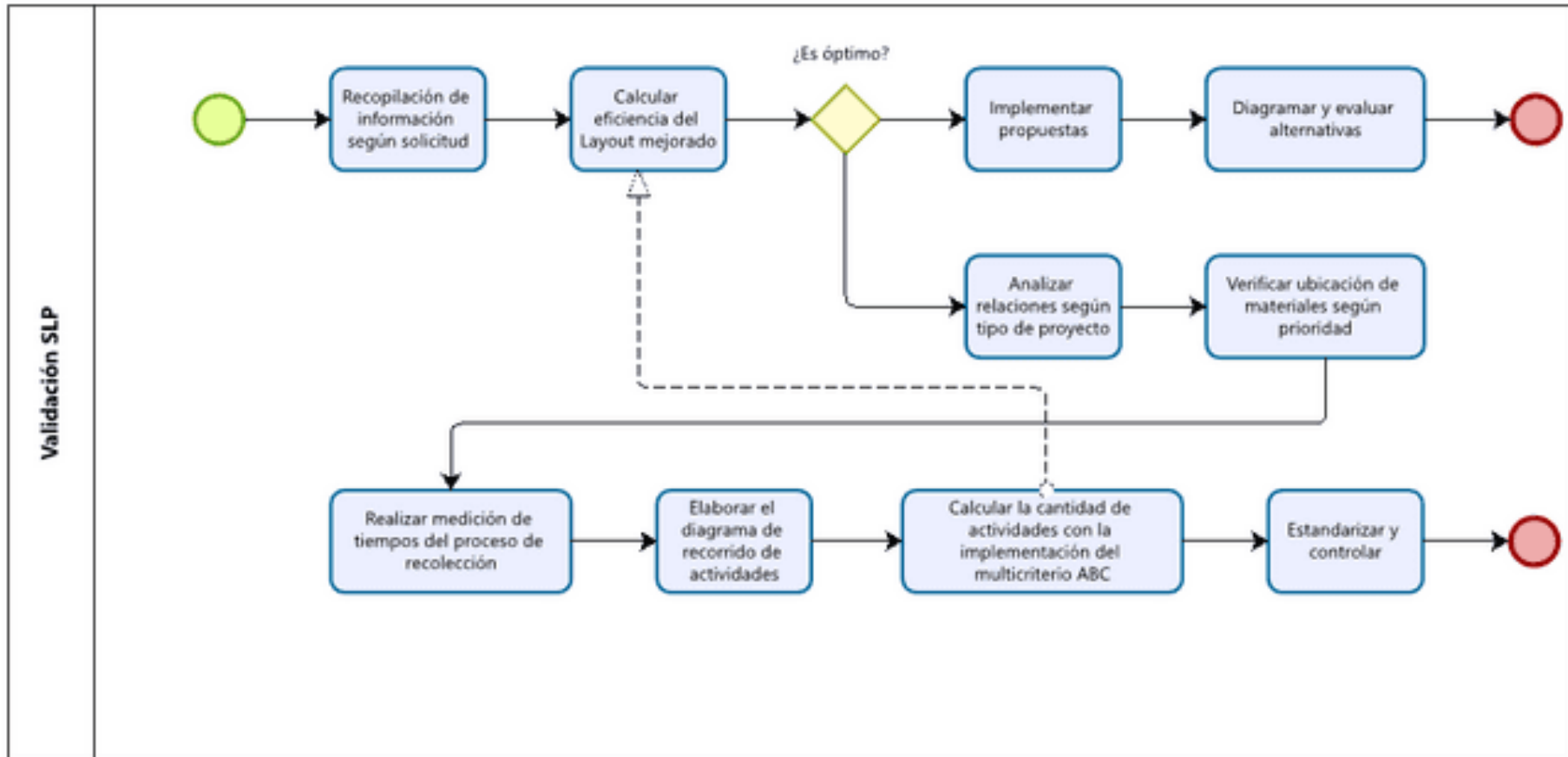
Diagrama de recorrido con SLP implementado



Para validar el Systematic Layout Planning (SLP), se representó gráficamente el flujo de decisiones que permite evaluar y rediseñar el layout actual del almacén. El proceso inicia con la recopilación de información operativa y la medición de los tiempos actuales de recojo de materiales. A partir de ello, se elaboró un diagrama de recorrido y se calcularon las distancias y tiempos por actividad. La evaluación de eficiencia permitió detectar deficiencias en el uso del espacio y, posteriormente, simular diferentes alternativas de layout. Cada alternativa fue valorada según el tipo de proyecto, las relaciones entre procesos, y la ubicación estratégica de materiales por prioridad. La figura siguiente muestra este flujo, el cual concluye con la estandarización y control del nuevo layout propuesto.

Figura 2.11

Validación SLP

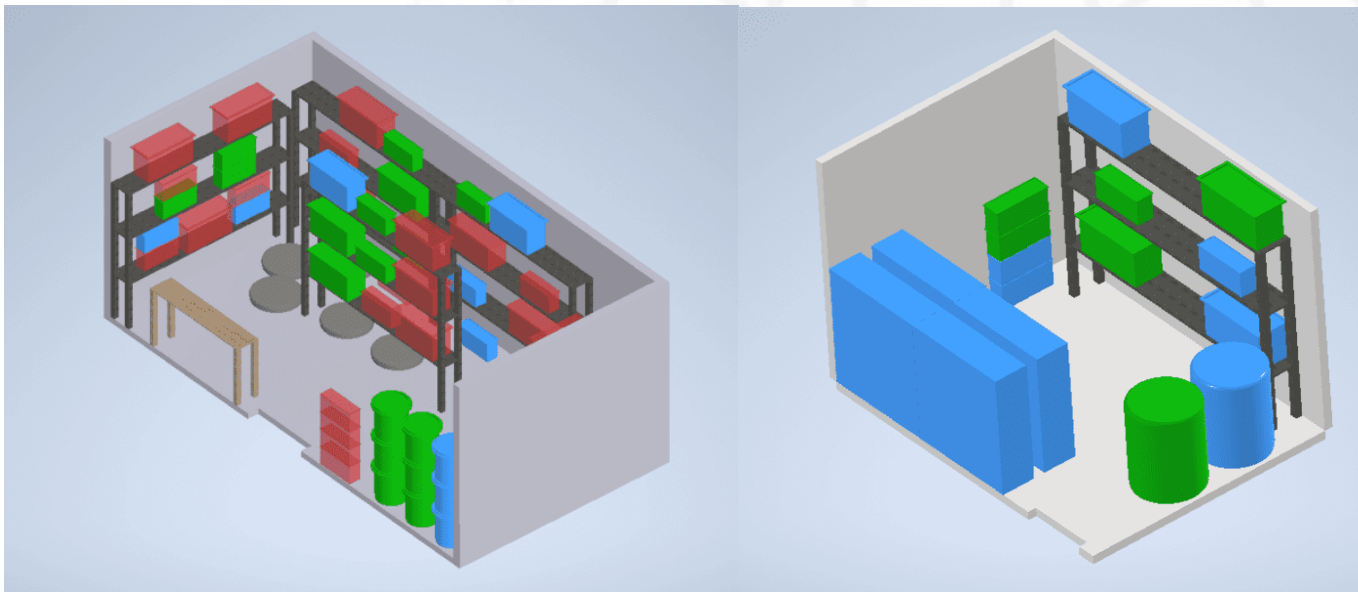


Análisis ABC: Se clasificaron materiales por importancia y frecuencia de uso aplicando el principio de Pareto. Se determinaron ubicaciones estratégicas en el almacén, se aplicaron etiquetas y señalética y se diseñaron políticas para el control de stock.

Utilizando el programa Inventor, se buscó una representación 3D del almacén. Los ítems en rojo pertenecen al grupo A, los ítems en verde al grupo B, y los ítems en azul al grupo C. La distribución de los planos se hizo en base al área de salida de los componentes, en este caso, la puerta. A continuación, se mostrará la distribución actual del almacén y luego el plan de integración de los ítems mencionados anteriormente.

Figura 2.12

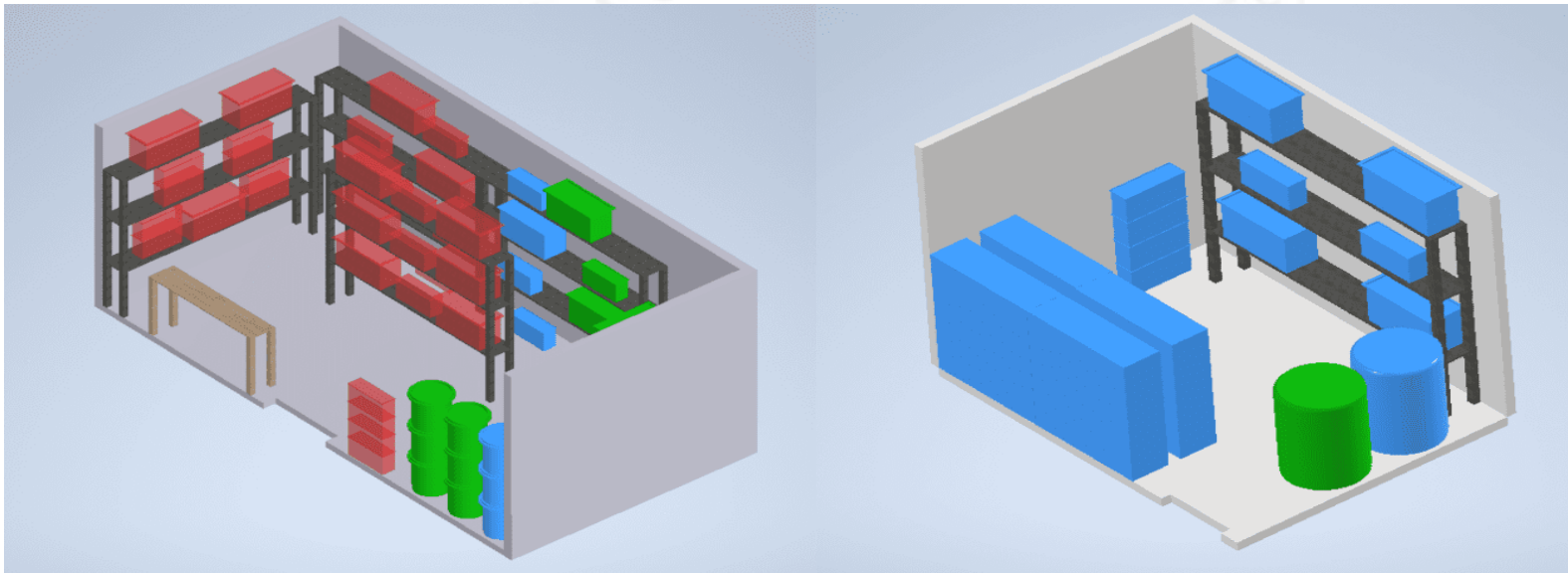
Almacén 1 y 2 actual



La validación incluyó la implementación de reubicaciones en zonas estratégicas del almacén y el uso de codificación visual. El impacto fue medido por la mejora en el tiempo de recojo, precisión en la ubicación y reducción de materiales faltantes en los proyectos.

Figura 2.13

Almacén 1 y 2 con ABC implementado

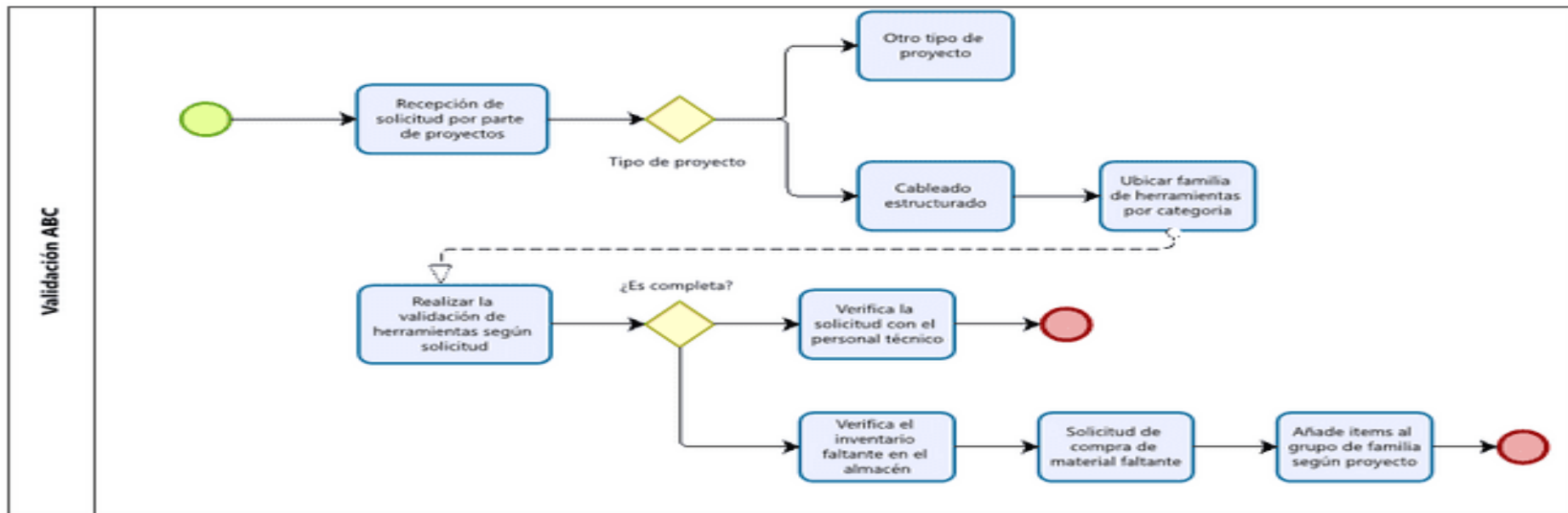


La validación del análisis ABC se enfocó en la clasificación y gestión eficiente del inventario a través de un flujo estructurado de decisiones. El proceso se activa con la solicitud de herramientas desde los proyectos, determinando el tipo de requerimiento. Si pertenece a una categoría estructurada, se direcciona al grupo de herramientas ya clasificadas. En caso contrario, se procede con la verificación manual y la evaluación del stock actual. En los casos donde se detectan faltantes, se emite una solicitud de compra y se actualiza el inventario. Este flujo asegura que cada

ítem sea ubicado en el almacén de acuerdo con su familia y categoría (A, B o C), priorizando la criticidad del proyecto. La figura ilustra este recorrido lógico para la toma de decisiones en la reposición y clasificación de materiales.

Figura 2.14

Validación ABC



Control estadístico de calidad: Con la finalidad de garantizar la estabilidad y el control del proceso logístico, se aplicó el Control Estadístico de Calidad (CEC) como herramienta complementaria a la mejora operativa. El flujo de validación inicia con la recolección de datos de procesos clave, como los tiempos de despacho y los errores de picking registrados en el almacén. Luego, los datos fueron analizados mediante gráficos de control \bar{X} -R, permitiendo identificar puntos fuera de control y evaluar la variabilidad del sistema.

Después de recolectar datos durante 6 meses, se procedió a realizar el análisis estadístico y a implementar los gráficos de control para las variables críticas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la variable "Tiempo de entrega de proyectos", la cual fue identificada como la más crítica debido a su impacto directo en las penalidades.

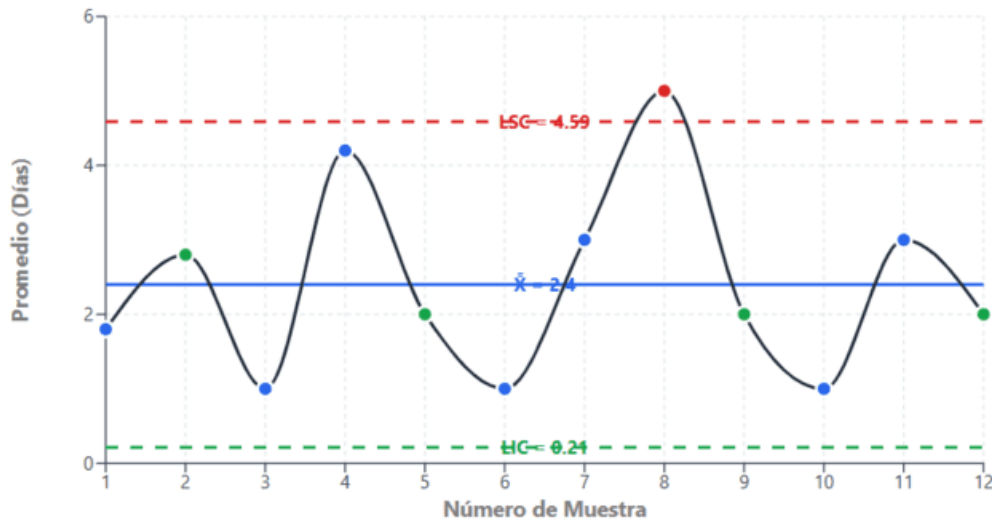
Tabla 2.2

Datos recolectados de tiempos de entrega de proyectos (días de retraso)

Periodo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Promedio	Rango
MAR-01	0	3	3	0	1,8	3
MAR-02	3	0	6	2	2,8	6
ABR-01	1	0	2	1	1,0	2
ABR-02	4	5	3	5	4,2	2
MAY-01	3	3	0	2	2,0	3
MAY-02	1	2	0	1	1,0	2
JUN-01	5	0	4	3	3,0	5
JUN-02	5	4	6	5	5,0	2
JUL-01	2	0	4	0	2,0	4
JUL-02	1	2	0	1	1,0	2
AGO-01	3	4	2	3	3,0	2
AGO-02	0	5	0	3	2,0	5

Figura 2.15

Gráficos de control de días de retraso (CONTROL X)



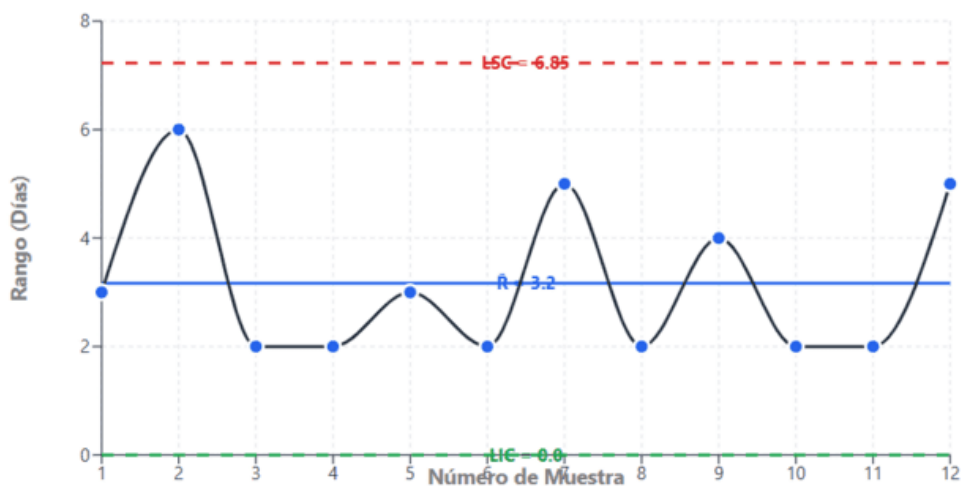
El análisis del gráfico de control de promedios revela un comportamiento predominantemente estable del proceso de entrega, con algunas desviaciones significativas que requieren atención inmediata:

- **Estabilidad general:** El proceso presenta múltiples puntos fuera de los límites de control, indicando la presencia de causas especiales significativas que requieren investigación inmediata. La variabilidad observada sugiere un proceso inestable con factores no controlados que afectan los tiempos de entrega.
- **Rendimiento óptimo:** Las muestras 3, 6 y 10, con promedios entre 1.2 y 1.3 días, se encuentran cerca del Límite Inferior de Control (0.21 días), lo que sugiere un rendimiento excepcional que conviene analizar para identificar factores de éxito replicables, verificar la consistencia de estos resultados y determinar si reflejan mejoras sostenibles del proceso.
- **Punto fuera de control crítico:**
 - **Muestra 4:** Promedio de 4.2 días, acercándose peligrosamente al LSC
 - **Muestra 8:** Promedio de 5.0 días, representando la desviación más crítica, superando significativamente el LSC y sugiriendo problemas operacionales severos
- **Conclusiones Críticas del Gráfico \bar{X} :** Se requiere una intervención inmediata para investigar las causas del pico crítico en la muestra 8 (5.0 días) y de los valores

excepcionalmente bajos en las muestras 3, 6 y 10 (1.2 - 1.3 días), implementar controles que establezcan el proceso, estandarizar las prácticas exitosas y mantener un monitoreo continuo hasta alcanzar estabilidad estadística; todo ello con el fin de eliminar causas especiales y asegurar un desempeño predecible dentro de los límites de control.

Figura 2.16

Gráficos de control de días de retraso (CONTROL R)



El gráfico de rangos proporciona información crucial sobre la consistencia y variabilidad interna del proceso de entrega.

- **Estabilidad general:** El 100% de las muestras (12 de 12) se mantienen dentro de los límites de control estadístico, indicando que el proceso de variabilidad está predominantemente bajo control.
- **Rendimiento óptimo:** 6 muestras (50.0%) alcanzan el rango objetivo de 2 días (ABR-01, ABR-02, MAY-02, JUN-02, JUL-02, AGO-01), representando el nivel de variabilidad ideal del proceso.
- **Distribución de rangos:**
 - Rango 2 días: 6 muestras (50.0%) - Nivel objetivo
 - Rango 3 días: 2 muestras (16.7%) - Aceptable
 - Rango 4 días: 1 muestra (8.3%) - Dentro de control
 - Rango 5 días: 2 muestras (16.7%) - Variabilidad elevada pero controlada
 - Rango 6 días: 1 muestra (8.3%) - Fuera de control

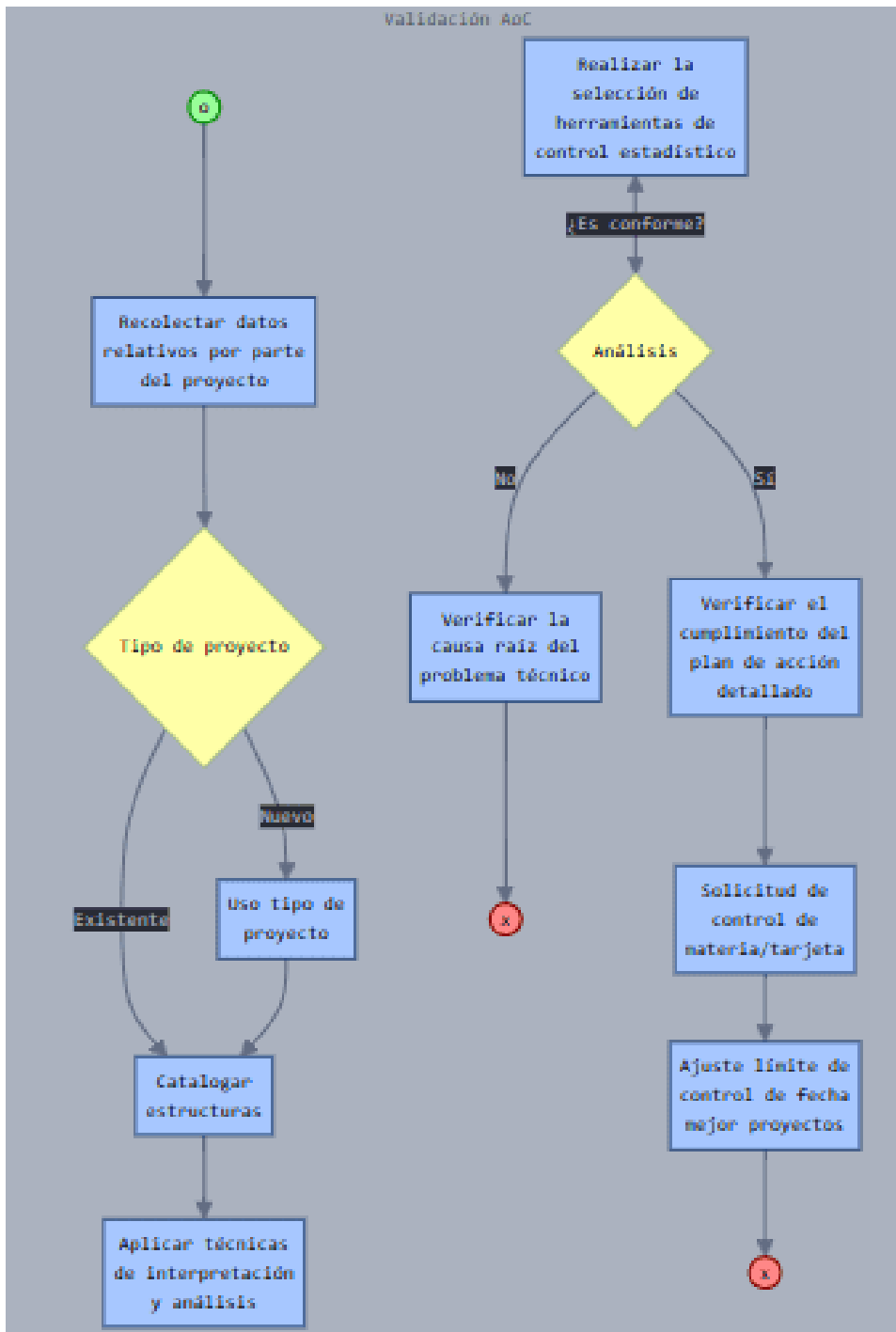
- **Conclusiones del Control de Variabilidad:** Los rangos elevados indican que, aunque el promedio pueda estar controlado, existe inconsistencia entre las diferentes líneas de producción o equipos de trabajo.
 - **Proceso estable:** El gráfico R confirma que la variabilidad del proceso está bajo control estadístico con solo una causa especial menor identificada.
 - **Oportunidad de mejora:** El 50.0% de muestras en nivel objetivo indica potencial para replicar las mejores prácticas en todo el proceso.
 - **Acción correctiva mínima:** Solo se requiere investigación puntual del período MAR-02 para identificar y prevenir la recurrencia de la causa especial detectada.

Finalmente, junto con el de Pareto anteriormente mostrado, se propuso acciones correctivas para jerarquizar las principales causas de errores en la preparación de pedidos, tales como fallas en la codificación, omisión de materiales y errores humanos. En función de los hallazgos, se definieron acciones correctivas específicas para cada causa raíz y se ejecutó un plan de monitoreo continuo.

El flujo de validación culmina con una decisión estructurada: si el proceso es estable, se procede con monitoreo regular; si no lo es, se reitera el ciclo de mejora.

Figura 2.17

Validación de Control estadístico de calidad

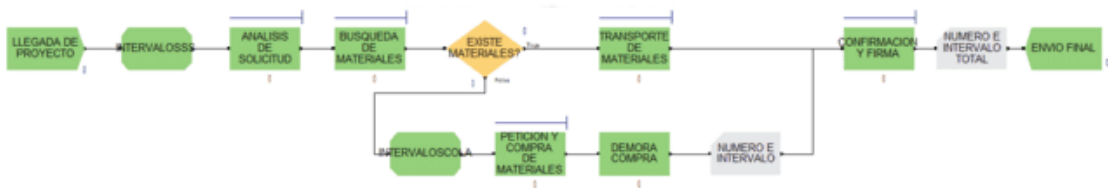


3. RESULTADOS

Con la integración de las herramientas, se ejecutó una simulación global comparando los escenarios AS IS y TO BE.

Figura 3.1

Diagrama AS IS



En cuanto a la unidad de representación, se optó por considerar la cantidad total de proyectos realizados en un mes, la cual ascendió con anterioridad a 18. Actualmente, con las mejoras implementadas se dio solo 11 proyectos de los cuales se pudo tomar tiempos. Estos proyectos fueron seleccionados según el tamaño de la muestra para el estudio, y el cálculo de réplicas y análisis futuros se basarán en esta muestra representativa.

Este cálculo del número de réplicas es fundamental para asegurar la fiabilidad de los resultados del modelo simulado. Utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{Z * \sigma}{E} \right)^2$$

Donde:

- Z es el valor correspondiente al intervalo de confianza del 95% (1.96)
- σ es la desviación estándar obtenida (13)
- E es el error máximo permitido (5%)

Utilizando el software Output Analyzer, se realizaron 100 réplicas preliminares para obtener los valores de la desviación estándar del nivel de servicio en ambos modelos. En este análisis, se obtuvo un valor de desviación estándar de 13 (la mayor capturada en todos los datos).

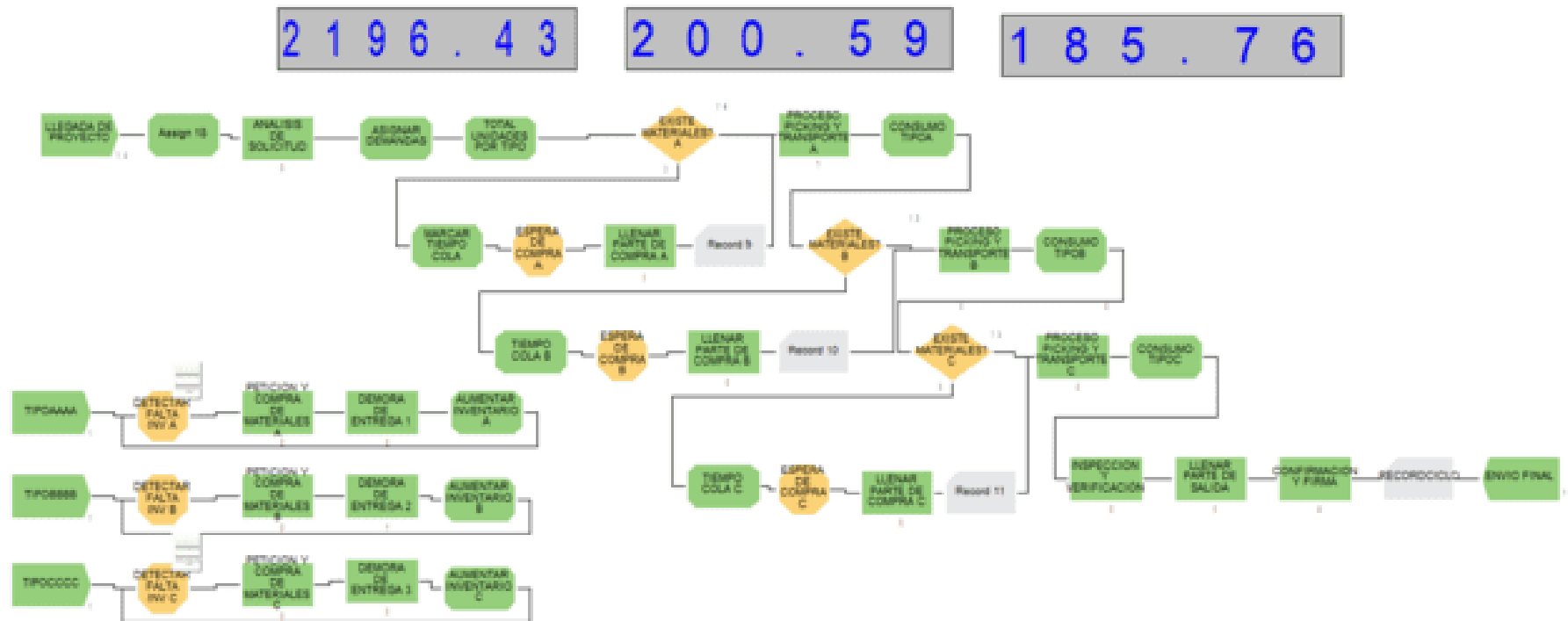
Finalmente, este fue el resultado:

$$26 = \left(\frac{1.96 * 13}{5} \right)^2$$

Con este valor, se dio inicio a las pruebas en el software Arena, el cual se logró el siguiente esquema de simulación.

Figura 3.2

Diagrama TO BE



Tras la aplicación de las herramientas seleccionadas, se observó una mejora concreta en indicadores como el recorrido promedio y el porcentaje de errores en pedidos. Esta tabla resume la variación de los indicadores tras la aplicación de las mejoras, destacando avances en la reducción de tiempos de entrega.

Tabla 3.1*Comparación de indicadores y sus mejoras según los escenarios dados en la simulación*

Indicador	Actual	Mejorado	Diferencia	Meta
Nivel de servicio	28,78%	75,42%	Incrementó 46,64%	>40%
Porcentaje de pedidos errados	27,27%	1,78%	Redujo 25,49%	~15%
Recorrido promedio por pedido	40 mts	22 mts	Redujo 45,00%	~50%
Promedio de días de retraso para entrega de proyectos	6 días	1,64 días	Redujo 72,67%	>50%

Según los datos mostrados, se concluyeron los siguientes puntos de mejora

1. **Nivel de servicio:** Se incrementó significativamente, pasando de 28.78% a 75.42%, superando la meta establecida de 40%, lo que indica una mejora sustancial en la capacidad de cumplir con los pedidos en tiempo y forma.
2. **Porcentaje de pedidos errados:** Se redujo de 27.27% a 1.78%, lo que representa una mejora total superando la meta aproximada del 15% y evidenciando un perfecto control en la precisión del surtido de pedidos.
3. **Recorrido promedio por pedido:** Disminuyó de 40 metros a 22 metros, lo que equivale a una reducción del 45%, acercándose a la meta del 50%, lo que refleja una mejora en la eficiencia de los desplazamientos dentro del almacén.
4. **Promedio de días de retraso para entrega de proyectos:** Se redujo de 6 días a 1.64 días, lo que representa una mejora del 72.67%, superando ampliamente la meta del 50% y demostrando un impacto positivo directo en la puntualidad de las entregas.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian mejoras significativas en los principales indicadores logísticos del almacén, en línea con lo reportado por otros autores. Por ejemplo, el nivel de servicio se incrementó del 28.78% al 75.42%, superando ampliamente la mejora del 38.61% alcanzada por Soto (2022) tras reorganizar el inventario en una empresa de telecomunicaciones. Asimismo, la reducción del porcentaje de pedidos errados en un 10.4% coincide con los hallazgos de Viacava et al. (2020), quienes lograron una disminución del 61% en errores de despacho aplicando control estadístico de calidad. La mejora del 72.67% en los días de retraso para la entrega de proyectos supera ampliamente los estándares registrados por Lavado y Pariona (2022), quienes lograron elevar el nivel de servicio de 55% a 70% al integrar herramientas logísticas similares. Además, la reducción del recorrido promedio por pedido en un 45% refuerza lo señalado por Paz y Pachas (2022), quienes demostraron que la implementación conjunta de SLP y clasificación ABC puede reducir tiempos de operación hasta en un 37%.

En comparación con investigaciones previas, los hallazgos están alineados con los reportes de Guevara-Agreda (2021) sobre la reducción de variabilidad con Trabajo Estandarizado y de Paz Gonzales y Pachas (2022) sobre la mejora de flujos con SLP. Sin embargo, el impacto del Análisis ABC fue menor al observado por Lavado Padilla y Pariona (2020), debido a restricciones específicas en el diseño del almacén. Esto refuerza la importancia de las condiciones iniciales en la implementación de herramientas.

Una limitación fue el período de evaluación a corto plazo, que no permitió analizar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo. Además, la resistencia al cambio del personal operativo destacó la necesidad de estrategias de gestión del cambio más robustas.

En conclusión, este trabajo complementa y actualiza estudios previos al contextualizar estas herramientas en un ámbito específico como la seguridad informática. Investigaciones futuras podrían explorar el uso de tecnologías digitales como software de gestión y análisis predictivo para potenciar los beneficios y ampliar su alcance en la industria.

5. CONCLUSIONES

- La aplicación de herramientas Lean Manufacturing permitió enfrentar de manera efectiva los principales desafíos operativos del almacén y mejorar de forma tangible la calidad del servicio brindado por la empresa. Desde el inicio, se identificó que los errores en la preparación de pedidos, los recorridos extensos durante el picking y los retrasos en las entregas afectaban seriamente tanto la eficiencia interna como la satisfacción del cliente.
- A través de la estandarización de procesos y el uso del control estadístico de calidad, fue posible estabilizar operaciones críticas y eliminar variaciones que generaban imprecisiones. Esto se tradujo en una mejora significativa en la precisión de los pedidos.
- Al rediseñar la distribución del almacén mediante Systematic Layout Planning (SLP) y reorganizar los materiales según su criticidad con el análisis ABC, se optimizó el flujo de trabajo y se redujo notablemente el esfuerzo operativo. Esto no solo acortó las distancias recorridas por el personal, sino que también permitió una mejor gestión del espacio y del tiempo disponible.
- Como resultado de estos cambios, los tiempos de entrega de proyectos disminuyeron drásticamente. La incorporación de herramientas visuales, una mejor planificación y la capacitación del personal en procedimientos consistentes facilitaron un entorno más predecible.
- Todo este conjunto de mejoras impactó directamente en el indicador más representativo del desempeño: el nivel de servicio. Alcanzar un incremento de casi 30 puntos porcentuales no solo refleja eficiencia operativa, sino también un avance hacia una cultura organizacional más comprometida con la excelencia y la satisfacción del cliente.
- En conclusión, este proyecto no solo resolvió problemas logísticos visibles, sino que sembró las bases para una transformación más profunda. Si bien aún existen retos, especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo, se demostró que con herramientas adecuadas y un enfoque integral es posible convertir un sistema desordenado en uno eficiente, confiable y alineado con los objetivos estratégicos de la empresa.

6. REFERENCIAS

- Amado Sotelo, J. F., Melgarejo Nizama, M. A., Gutiérrez Ascón, J. E., Salas Zeballos, V. R., Lino Gamarra, A. H., Morales Farías, L. E., & Lara Florián, J. L. (2022). *Supply chain and improvement of logistics distribution in cable warehouse of a logistic operator – Callao*. En Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (Paper No. FP794). LACCEI. <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP794.html>
- Felipe Soto, H. (2021). *Gestión de almacenes para incrementar la productividad del área de despachos de una empresa de Telecomunicaciones, Surco 2020*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69274>
- Guevara Valera, O. A. (2022). *Aplicación de la metodología 5S para incrementar la productividad en el almacén de la empresa Ingeléctros Perú, Los Olivos, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/103377>
- Lavado Padilla, E. & Pariona H, M. (2020). *Modelo de Gestión Logística para incrementar el nivel de servicio en una Mype de servicios*. <http://hdl.handle.net/10757/654582>
- Lujan Navarro, C., Romero Julca, F.& Estrada H.R. (2020). *Aplicación de la herramienta ABC en la optimización de inventarios en las empresas productoras, una revisión sistemática*. <https://hdl.handle.net/11537/24209>
- OSIPTEL (2024, abril 10). *OSIPTEL elabora ranking de la calidad de atención al usuario de los servicios públicos de telecomunicaciones*. <https://www.osiptel.gob.pe/portal-del-usuario/noticias/osiptel-elabora-ranking-de-la-calidad-de-atencion-del-usuario-de-los-servicios-publicos-de-telecomunicaciones/>
- Pachas Peña, A. F., & Paz Gonzales, K. A. (2022). *Implementación de un modelo de gestión de almacenes para mejorar la productividad de una empresa de telecomunicaciones* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6203>
- Postigo S. & Esquivel D. (2023). *Implementación de un modelo de planificación y gestión de inventarios de la línea de herramientas de plantas externas*. <http://hdl.handle.net/10757/671375>
- Vargas Medellín, S. V., & Giraldo Cardona, W. A. (2023). *La cadena de suministro desde la perspectiva de la logística inversa: plan de mejoramiento para la Empresa Telecel Telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá D.C.* [Trabajo de grado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio Institucional UAN. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/7351>
- Viacava, G., Del Carpio, C., López, H. A. G., & Rodríguez, S. A. L. (2020). *Planificación y Gestión de Inventarios en la cadena de Suministro del sector Post Venta Automotriz*. <https://doi.org/10.18687/laccei2020.1.1.178>




4% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

▶ Bibliography

Top Sources

- 4%  Internet sources
 - 1%  Publications
 - 1%  Submitted works (Student Papers)
-

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.