

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Eficiencia Operativa en la empresa EmFALU: Implementación  
de Lean Six Sigma para Mejorar su Productividad y Rendimiento**

**Lya Beatríz Hernández Fierro**

**Alejandro Daniel Alcoser Sánchez**

**Hanz Fernando Osorio Ramos**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniería Industrial

Quito, 11 de diciembre de 2024

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Eficiencia Operativa en la empresa EmFALU: Implementación de Lean Six  
Sigma para Mejorar su Productividad y Rendimiento**

**Lya Beatríz Hernández Fierro**

**Alejandro Daniel Alcoser Sánchez**

**Hanz Fernando Osorio Ramos**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Sonia Valeria Avilés Sacoto, M.Sc., D.Sc.**

Quito, 11 de diciembre de 2024

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Lya Beatriz Hernández Fierro

Código: 00321509

Cédula de identidad: 0604312983

Lugar y fecha: Quito, 11 de Diciembre de 2024

Nombres y apellidos: Alejandro Daniel Alcoser Sánchez

Código: 00321697

Cédula de identidad: 1751513977

Lugar y fecha: Quito, 11 de Diciembre de 2024

Nombres y apellidos: Hanz Fernando Osorio Ramos

Código: 00322309

Cédula de identidad: 1719988790

Lugar y fecha: Quito, 11 de Diciembre de 2024

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

La industria de la madera en Ecuador enfrenta importantes retos vinculados con la optimización de procesos y la mejora continua de la calidad. Estas dificultades limitan su competitividad tanto en el mercado nacional como en el internacional, manifestándose en altos niveles de desperdicio, errores operativos y costos innecesarios. En el Ecuador, este sector opera unas 450 empresas, principalmente en provincias como Esmeraldas, Cotopaxi, Pichincha y Guayas, todas compartiendo desafíos similares que evidencian la necesidad de estrategias más eficientes para superar estas limitaciones. Dentro de este sector, EmFALU, una empresa ecuatoriana de productos de madera ha venido experimentando una tasa de devoluciones del 21.95% en su línea de repisas, con pérdidas de hasta \$700 semanales, por lo que busca mejorar su eficiencia operativa mediante la implementación de Lean Six Sigma, usando la metodología DMAIC. Para abordar este problema, se analizaron 58 SKUs (Stock Keeping Units) de la línea de repisas y, a través de un enfoque estratificado, se seleccionaron únicamente 41 SKUs con miras a realizar un análisis más detallado, agrupándolas según su volumen de ventas en estratos de alta, media y baja rotación, y se aplicaron herramientas como VSM, Kanban y Poka-Yoke, además del rediseño del layout de planta y la metodología 5S para mejorar la organización y disminuir errores de etiquetado.

Como resultado de la implementación de estas herramientas, EmFALU logró reducir la tasa de devoluciones en un 7.32%, consiguiendo un beneficio monetario de \$255.40 en el primer mes de aplicarse las implementaciones, así como una reducción del 18.7% en el tiempo de ciclo del proceso. Estos avances evidencian la efectividad de las estrategias aplicadas, contribuyendo a una mejora significativa en la eficiencia operativa y la calidad de los productos.

**Palabras clave:** Metodologías Lean, 5S, Kanban, Poka-yoke, Eficiencia en Etiquetado, Mejora de procesos, Optimización de planta de producción

## ABSTRACT

The wood industry in Ecuador faces significant challenges related to process optimization and continuous quality improvement. These difficulties limit its competitiveness in both domestic and international markets, resulting in high levels of waste, operational errors, and unnecessary costs. In Ecuador, this sector comprises approximately 450 companies, primarily operating in provinces such as Esmeraldas, Cotopaxi, Pichincha, and Guayas, all sharing similar challenges that highlight the need for more efficient strategies to overcome these limitations. Within this sector, EmFALU, an Ecuadorian wood products company, has been experiencing a return rate of 21.95% in its shelf line, with losses reaching up to \$700 weekly. To improve its operational efficiency, the company decided to implement Lean Six Sigma using the DMAIC methodology. To address this issue, 58 SKUs (Stock Keeping Units) from the shelf line were analyzed, and through a stratified approach, only 41 SKUs were selected for a more detailed analysis. These were grouped according to sales volume into high, medium, and low rotation strata. Tools such as VSM, Kanban, and Poka-Yoke were applied, along with a redesign of the plant layout and the 5S methodology, to enhance organization and reduce labeling errors.

As a result of implementing these tools, EmFALU successfully reduced the return rate by 7.32%, achieving a monetary benefit of \$255.40 in the first month of implementation, as well as an 18.7% reduction in process cycle time. These improvements demonstrate the effectiveness of the applied strategies, contributing to a significant enhancement in operational efficiency and product quality.

**Key words:** Lean manufacturing, 5S, Kanban, Poka-yoke, Labeling efficiency, Process improvement, Production plant optimization

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN LITERARIA .....</b>	<b>13</b>
2.1.	Lean y Six Sigma.....	13
2.2.	Voz del Cliente .....	14
2.3.	Evento Kaizen.....	14
2.4.	Project Charter .....	15
2.5.	Value Stream Mapping (VSM).....	15
2.6.	Diagrama de Spaguetti.....	15
2.7.	Herramientas Lean para Implementación .....	16
2.7.1.	5S .....	16
2.7.2.	Poka Yoke.....	17
2.7.3.	Kanban .....	17
2.7.4.	Hoshin Kanri.....	17
2.7.5.	Servqual .....	18
2.8.	Redistribución de Planta .....	18
2.9.	Simulación de Layout .....	18
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1.	Definir.....	19
3.2.	Medir.....	20
3.3.	Analizar.....	20
3.4.	Mejorar.....	20
3.5.	Controlar .....	20
<b>4.</b>	<b>CASO DE ESTUDIO: EmFALU.....</b>	<b>21</b>
4.1.	Clientes .....	21
4.2.	Selección del Producto.....	22
4.3.	El Problema.....	22
4.4.	Alta Tasa de Devoluciones .....	23
<b>5.</b>	<b>FASE DE DEFINIR.....</b>	<b>23</b>
5.1.	Voz del Cliente .....	24
5.2.	Preguntas de Investigación .....	24
5.3.	Project Charter .....	25
5.4.	Evento Kaizen.....	25
5.5.	Relación VOC-Kaizen .....	27

<b>6.</b>	<b>FASE DE MEDIR.....</b>	<b>27</b>
6.1.	Recolección de Datos de Devoluciones.....	27
6.2.	Métricas de Interés.....	30
6.3.	Tasa de Devoluciones.....	30
6.4.	VSM.....	30
6.5.	Tiempos de Ciclo y Tiempos de no Valor Agregado.....	31
6.6.	Layout.....	32
6.7.	Diagrama de Spaguetti.....	33
<b>7.</b>	<b>FASE DE ANALIZAR.....</b>	<b>33</b>
7.1.	Análisis de Recorridos.....	33
7.2.	Análisis Causas Raíz.....	34
<b>8.</b>	<b>FASE DE IMPLEMENTAR.....</b>	<b>35</b>
8.1.	Soluciones Finales Propuestas.....	35
8.2.	VSM con Eventos Kaizen.....	36
8.3.	5S.....	37
8.4.	Kanban.....	38
8.5.	Poka-Yoke en la máquina laminadora.....	39
8.6.	Poka-Yoke in el mueble de etiquetado EAN13.....	39
8.7.	Poka-Yoke en la carpeta de etiquetado EAN14.....	40
8.8.	Redistribución de Planta (FLP).....	40
8.9.	Comparación de Layouts.....	42
8.10.	Diagrama de Spaguetti con la Nueva Distribución.....	43
8.11.	Simulación de la Planta.....	43
8.12.	Análisis Costo / Beneficio.....	44
<b>9.</b>	<b>FASE DE CONTROLAR.....</b>	<b>45</b>
9.1.	Sesiones de Capacitación.....	45
9.2.	Plan de Control.....	46
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>11.</b>	<b>LIMITACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>12.</b>	<b>ESTUDIOS FUTUROS.....</b>	<b>48</b>
<b>13.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Problemas y soluciones (Elaboración propia) .....	36
--	----

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria de la madera en Ecuador ha jugado un papel crucial en el desarrollo económico del país. Esta industria representó el 4% del PIB industrial en 2020, con un valor aproximado de exportación de 543 millones de dólares, lo que la convierte en uno de los sectores más relevantes dentro de la economía nacional de Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2021). Este sector está compuesto por aproximadamente 450 empresas activas, distribuidas principalmente en provincias como Esmeraldas, Cotopaxi, Pichincha y Guayas (Sánchez et al., 2024). Sin embargo, la falta de adopción de metodologías de gestión modernas ha afectado su competitividad en comparación con otros países de la región, como Chile y Brasil, que han logrado actualizar sus operaciones madereras al incorporar tecnologías y prácticas más efectivas (Cepal, 2020). A pesar de sus contribuciones económicas, este sector ha demorado en adoptar métodos de producción actualizados, particularmente en las fábricas más pequeñas, que a menudo carecen de los recursos necesarios para adoptar procesos más eficientes (Camacho & Trujillo, 2019). Adoptar estas metodologías permite la optimización de procesos, la reducción de costos operativos, la mejora en la calidad del producto y una mayor capacidad de respuesta ante las demandas del mercado. Además, estas prácticas promueven la sostenibilidad y la eficiencia, fortaleciendo la competitividad de la industria maderera ecuatoriana tanto a nivel local como regional (Orellana et al., 2020).

EmFALU, una empresa ecuatoriana dedicada a la producción de productos derivados de la madera, enfrenta los desafíos descritos anteriormente. Fundada en el año 2000, la empresa ha sido pionera en la industria maderera nacional, con un enfoque en la producción sostenible y comercialización de productos de alta calidad. Sin embargo, en los últimos años ha experimentado serias dificultades relacionadas con baja productividad, defectos de producción y altas tasas de devoluciones de pedidos. Estos problemas no solo han incrementado los costos

operativos de la empresa, sino que también han afectado negativamente su competitividad en el mercado, dificultando su capacidad para cumplir con la demanda y causando pérdidas anuales de aproximadamente 20 000 dólares.

Es por ello que, un análisis profundo de estos problemas es crucial para identificar sus causas raíz y diseñar soluciones efectivas. Para esto, las metodologías Lean ofrecen un enfoque sistemático, abordando ineficiencias y defectos, y centrándose en la reducción de desperdicios, la optimización de procesos y la creación de valor para el cliente (Vargas-Hernández et al., 2018). Al eliminar actividades que no agregan valor, empresas como EmFALU pueden agilizar sus operaciones, mejorar la calidad del producto y aumentar la efectividad general. La implementación de herramientas Lean proporciona un marco claro para resolver los desafíos operacionales y establecer las bases para una competitividad a largo plazo en un mercado demandante.

Basado en este fundamento, el presente estudio se centra en la aplicación de herramientas Lean Six Sigma para abordar los desafíos específicos de EmFALU y reducir su tasa de devoluciones en un mínimo del 3%, un objetivo establecido en colaboración con la dirección de la empresa como una meta realista para el proyecto. Con base en la metodología DMAIC y la implementación de estas herramientas, se espera que la empresa logre una mejora en su proceso de producción, lo que le permitirá aumentar su competitividad en el mercado. El primer paso del estudio se centrará en identificar y analizar las principales causas de la alta tasa de devoluciones que afecta la eficiencia operativa en la línea de producción de repisas de EmFALU. Una vez comprendidas estas causas, se aplicarán las herramientas Lean Six Sigma para abordarlas y mejorar la calidad del producto. Finalmente, se creará un plan de control para asegurar que las mejoras realizadas se mantengan a lo largo del tiempo, continuando con el éxito operativo de la empresa.

Este documento se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se desarrolla la revisión literaria, donde se abordan conceptos fundamentales como la metodología Lean Six Sigma y sus herramientas principales, el enfoque de la Voz del Cliente (VoC), y técnicas clave como el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), los diagramas de spaghetti y la simulación de layouts. La Sección 3 describe la metodología de investigación, centrándose en el uso del marco DMAIC y su implementación en un entorno industrial. En la Sección 4 se presenta el caso de estudio, que analiza en detalle la línea de producción de repisas en la Compañía X, identificada como el cliente con el mayor índice de devoluciones y el mayor volumen de ventas. Posteriormente, las Secciones 5 a la 9 explican cada una de las fases de la metodología DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, mostrando cómo estas etapas contribuyen a alcanzar los objetivos de mejora. Finalmente, las Secciones 10, 11 y 12 están dedicadas a las discusiones de los resultados obtenidos, las limitaciones encontradas en el estudio y las recomendaciones para investigaciones futuras.

## **2. REVISIÓN LITERARIA**

### **2.1. Lean y Six Sigma**

Lean Six Sigma se ha convertido en un enfoque crítico para mejorar la eficiencia operativa y optimizar los procesos de producción en diversas industrias (Muñoz et al., 2022). Lean se enfoca en la eliminación de actividades que no agregan valor o "desperdicios" en la producción, lo que mejora la utilización de recursos y reduce los costos operativos. Al identificar y eliminar los desperdicios, Lean también ayuda a las empresas a agilizar la producción y a optimizar su sistema productivo (Ohno, 2005). Por otro lado, Six Sigma hace énfasis en minimizar la variabilidad y los defectos en los procesos a través del marco DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), lo que permite a las organizaciones ofrecer resultados de alta calidad y de forma consistente (Montgomery, 2013).

Como se mencionó, Lean proporciona una variedad de herramientas y metodologías orientadas a mejorar la eficiencia, reducir los desperdicios y optimizar los procesos (Gutiérrez, 2020), enfocándose principalmente en mejorar el flujo de actividades y crear valor tanto para las organizaciones como para los clientes (Rajadell, 2021). Existen diversas herramientas Lean que se emplean para la mejora de procesos, las cuales se describirán a continuación.

## **2.2. Voz del Cliente**

Un componente esencial de la mejora continua es entender las necesidades del cliente, ya que son el centro de cualquier proceso de calidad (Martínez, 2016). La Voz del Cliente (VOC, por sus siglas en inglés) es una metodología utilizada para recopilar y organizar la retroalimentación del cliente, traduciendo sus requisitos en especificaciones claras para los procesos internos (Freeman y Radziwill, 2018). Según Martínez (2016), esta herramienta ayuda a identificar las necesidades del cliente, permitiendo a las organizaciones priorizar áreas críticas de mejora. En aplicaciones prácticas, se utiliza para establecer métricas específicas y definir objetivos estratégicos que impactan directamente en la percepción y experiencia del usuario (Freeman y Radziwill, 2018).

## **2.3. Evento Kaizen**

En los entornos operativos, implementar herramientas colaborativas es esencial para fomentar el compromiso de los empleados en las nuevas decisiones (Vo et al., 2019). Entre estas herramientas, el Evento Kaizen juega un papel importante (Baril et al., 2016). Empodera a los empleados para que tengan en cuenta los problemas en el lugar de trabajo, identificando ineficiencias y proponiendo soluciones prácticas (Habidin et al., 2018). Vo et al. (2019) enfatizan que los Eventos Kaizen no solo se tratan de resolver problemas, sino también de crear una cultura de responsabilidad y pertenencia entre los trabajadores. Al involucrar a los empleados, estos eventos mejoran las capacidades de resolución de problemas y aseguran que

las mejoras sean prácticas, sostenibles y directamente vinculadas a las realidades de la organización (Vo et al., 2019).

#### **2.4. Project Charter**

Para proporcionar una dirección clara en las iniciativas de mejora, el Project Charter sirve como un documento clave que define el alcance y el marco de un proyecto (Guido et al., 2018). Tal como lo describe Furterer (2009), este documento detalla elementos críticos como los objetivos, roles, entregables, recursos y cronogramas, actuando como un mecanismo guía a lo largo del proyecto. Además, ayuda a establecer una comprensión común del propósito del proyecto y asigna responsabilidades y resultados esperados; su enfoque estructurado ayuda a mitigar riesgos y hacer un seguimiento del progreso, convirtiéndolo en una herramienta importante en la planificación y ejecución de proyectos (Guido et al., 2018).

#### **2.5. Value Stream Mapping (VSM)**

El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM, por sus siglas en inglés) es una herramienta visual utilizada para mapear todos los pasos en un proceso de producción o servicio, incluyendo tanto actividades que agregan valor como las que no lo hacen (Schoeman et al., 2020). Su principal objetivo es identificar desperdicios, como tiempos de inactividad, inventarios innecesarios y pasos redundantes, permitiendo un enfoque estratégico en las mejoras (Valamede, 2020). Según García y Amador (2019), el VSM permite visualizar el estado actual y planificar un estado futuro optimizado, ayudando a eliminar ineficiencias y crear procesos más fluidos. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también incrementa la satisfacción del cliente al reducir los tiempos de entrega y los costos (Norzaimi et al., 2014).

#### **2.6. Diagrama de Spaguetti**

El Diagrama de Spaguetti es una herramienta gráfica utilizada para mapear los movimientos físicos dentro de un espacio de trabajo, como las trayectorias de los operadores o los flujos de materiales (Daneshjo et al., 2021). Esta representación ayuda a identificar movimientos innecesarios, trayectorias cruzadas y rutas ineficientes (Pyzdek, 2021). Velasco Álvarez (2019) explica que esta herramienta es esencial para rediseñar los espacios de trabajo, minimizar los tiempos de desplazamiento y optimizar la ergonomía. Al implementar cambios basados en este análisis, se pueden lograr mejoras significativas en la eficiencia operativa y la seguridad de los trabajadores (Senderská et al., 2017).

## **2.7. Herramientas Lean para Implementación**

Una combinación de herramientas como 5S, Poka-yoke y Kanban puede mejorar significativamente los flujos operativos.

### **2.7.1. 5S**

La metodología 5S es un enfoque sistemático para la organización del lugar de trabajo, orientado a mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad (Aliaga-Parcco et al., 2023). Consiste en cinco etapas: Seiri (Clasificar), que se enfoca en eliminar el desorden distinguiendo entre elementos necesarios e innecesarios, conservando solo aquellos esenciales para las tareas actuales (Aliaga-Parcco et al., 2023); Seiton (Ordenar), que enfatiza la organización del espacio de trabajo asignando ubicaciones específicas para herramientas y equipos, colocando los elementos de uso frecuente al alcance y almacenando los de menor uso en lugares más lejanos (Aliaga-Parcco et al., 2023); Seiso (Limpiar), que asegura la limpieza mediante el mantenimiento regular del lugar de trabajo y las máquinas (Filip & Marascu-Klein, 2015); Seiketsu (Estandarizar), que implica crear reglas claras y visuales para mantener la uniformidad en las prácticas de clasificación, organización y limpieza (Aliaga-Parcco et al., 2023); y

Shitsuke (Sostener), que se centra en mantener la disciplina mediante el monitoreo continuo y auditorías regulares para preservar los estándares establecidos (Aliaga-Parcco et al., 2023).

### **2.7.2. Poka Yoke**

Es una técnica a prueba de errores que previene fallos o los hace detectables de inmediato mediante la implementación de mecanismos simples y a prueba de fallos para garantizar procesos libres de defectos (Zhang, 2014). Adicionalmente, los sistemas Kanban mejoran la visualización del flujo de trabajo al rastrear tareas mediante tarjetas, incrementando la eficiencia y reduciendo la toma de decisiones subjetiva (Dorantes-Benavidez et al., 2024). En conjunto, estas herramientas crean un enfoque integrado para minimizar desperdicios, reducir errores y mantener un sistema de producción bien organizado (Zhang, 2014).

### **2.7.3. Kanban**

Es una herramienta Lean que utiliza tarjetas visuales para gestionar el flujo de trabajo, lo que permite identificar cuellos de botella y ajustar la producción en función de la demanda real (Alaidaros et al, 2021). Según Castellano (2019), el sistema Kanban mejora la eficiencia operativa al reducir la sobreproducción y fomentar un flujo continuo. Además, promueve la transparencia y la colaboración entre equipos al proporcionar una representación visual del progreso de las tareas (Lanza-León, 2021).

### **2.7.4. Hoshin Kanri**

Es una metodología estratégica que alinea los objetivos a largo plazo de la organización con las iniciativas operativas mediante un enfoque estructurado y participativo (Dias & Tenera, 2020). Utilizando herramientas como matrices de objetivos y planes de acción, Hoshin Kanri asegura que todas las actividades estén orientadas hacia el logro de metas críticas (Pavličková et al, 2022). Este método no solo facilita el despliegue efectivo de estrategias, sino que también

fomenta la mejora continua y la responsabilidad compartida entre los niveles de la organización, contribuyendo a una mayor cohesión y dirección estratégica (Wilson et al, 2024).

### **2.7.5. Servqual**

Diseñado para evaluar la calidad del servicio basado en cinco dimensiones: tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía (Shi & Shang, 2020). Esta herramienta permite identificar brechas entre las expectativas del cliente y su percepción del servicio recibido, proporcionando información clave para la mejora continua (AlOmari, 2021). De igual manera, fomenta la satisfacción del cliente al orientar los esfuerzos hacia la entrega de un servicio consistente y de alta calidad (Jonkisz et al, 2021).

### **2.8. Redistribución de Planta**

La planificación del diseño de planta es fundamental para maximizar la eficiencia operativa (Al-Zubaidi et al., 2021). Tompkins (2010) señala que un diseño efectivo de la distribución considera factores como el manejo de materiales, la disposición de equipos y el flujo de trabajo, con el objetivo de reducir costos, minimizar tiempos muertos y mejorar la flexibilidad del sistema. Este enfoque es especialmente beneficioso en industrias con alta variabilidad en la producción, ya que permite adaptaciones rápidas a nuevos requerimientos (Al-Zubaidi et al., 2021).

### **2.9. Simulación de Layout**

La simulación de layout es una herramienta que permite modelar y evaluar escenarios antes de realizar cambios físicos en las operaciones (Ortiz et al., 2021). Mourtzis et al. (2019) destacan que las simulaciones ayudan a identificar cuellos de botella, evaluar la viabilidad de nuevos diseños y minimizar los riesgos asociados con decisiones incorrectas (Castellanos et al., 2023). Además, esta herramienta permite prever el impacto de las mejoras propuestas en

términos de tiempo, costo y recursos, haciendo que los cambios sean más efectivos y menos costosos (Vega Anzules, 2021).

Después de comprender las diferentes herramientas de Lean Six Sigma y sus funciones, el siguiente paso es proceder con la metodología que se aplicará en este estudio. Esto permitirá la aplicación sistemática de las técnicas de Lean Six Sigma para impulsar mejoras en los procesos objetivo.

### **3. METODOLOGÍA**

El marco DMAIC de Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) es una metodología diseñada para mejorar los procesos mediante la reducción sistemática de desperdicios, variabilidad e ineficiencias (Kumar, 2021). Proporciona una hoja de ruta clara para la resolución de problemas, mejorando tanto la productividad como la calidad, mientras fomenta la toma de decisiones basada en datos (Ganesh & Jadhav, 2022). Al centrarse en cinco fases distintas, DMAIC garantiza un enfoque disciplinado para identificar y abordar las causas raíz de los problemas, lo que lo hace particularmente efectivo en entornos operativos complejos (Mittal, 2023). Esta metodología no solo respalda la mejora continua, sino que también proporciona beneficios financieros y operativos medibles, convirtiéndose en un pilar fundamental de las iniciativas de Six Sigma (Mughal, 2021).

#### **3.1. Definir**

En esta fase, el problema se identifica claramente y se establecen los objetivos del proyecto (Widodo & Soediantono, 2022). Esta etapa establece la base al garantizar la alineación con los objetivos organizacionales (Monday, 2022). Normalmente se utiliza un Project Charter para documentar aspectos clave como el alcance, los objetivos y el cronograma, asegurando que el problema se comprenda adecuadamente (Widodo & Soediantono, 2022).

### **3.2. Medir**

Esta fase se centra en recopilar datos relacionados con el proceso actual (Kumar, 2021). Se utilizan herramientas como el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) para identificar ineficiencias y desperdicios en el sistema. La recopilación precisa de datos permite una comprensión del rendimiento del proceso, lo que facilita la identificación de las áreas clave del problema (Ganesh & Jadhav, 2022). Durante esta fase, se analizan métricas operativas y financieras para cuantificar el impacto de las ineficiencias.

### **3.3. Analizar**

Una vez recopilados los datos, la fase de Analizar se centra en identificar las causas raíz de los defectos o ineficiencias (Subagyo et al, 2020). Se aplican herramientas estadísticas como el análisis de causa raíz, los diagramas de Pareto y los gráficos de control para señalar las áreas más críticas que requieren mejora (Mittal, 2023). Por ejemplo, la fase de Analizar en Six Sigma a menudo ayuda a identificar las variables clave que contribuyen a la variación del proceso, permitiendo mejoras específicas y focalizadas (Widodo & Soediantono, 2022).

### **3.4. Mejorar**

En la fase de Mejora, el enfoque se centra en implementar soluciones orientadas a reducir el desperdicio y la variabilidad (Monday, 2022). Se aplican herramientas Lean como Kaizen y 5S, junto con técnicas de Six Sigma, para garantizar que las mejoras en los procesos sean efectivas y sostenibles (Mittal, 2023). Esta fase a menudo incluye la implementación piloto de nuevos métodos y la validación de las mejoras mediante comparaciones antes y después (Ganesh & Jadhav, 2022).

### **3.5. Controlar**

La fase de Control es crucial para mantener las mejoras logradas. Se implementan planes de control para garantizar la estabilidad a largo plazo y la adherencia a los nuevos procesos (Ganesh & Jadhav, 2022).

#### **4. CASO DE ESTUDIO: EMFALU**

EmFALU es una empresa ecuatoriana de tamaño mediano que opera en la industria maderera, y cuya actividad principal es la comercialización de tableros de madera. Está ubicada en la ciudad de Quito, Ecuador, y gestiona sus operaciones a través de tres centros de distribución: Sangolquí, El Triángulo y Granados. La sucursal de Sangolquí es físicamente la más grande y donde se procesan la mayoría de sus productos; sin embargo, también es la más desordenada y desorganizada (EmFALU, 2024).

A continuación, la siguiente sección describirá la clientela de EmFALU, enfocándose especialmente en su cliente más importante.

##### **4.1. Clientes**

EmFALU cuenta con una base de más de cien clientes, desde pequeños fabricantes hasta mayoristas de alcance nacional. Sin embargo, uno de estos clientes, al que denominaremos Compañía X por motivos de confidencialidad, representa aproximadamente el 30% de las ganancias anuales de la empresa y es considerado el cliente estrella de EmFALU.

La Compañía X ha enfrentado una serie de problemas relacionados con los tiempos de entrega y la calidad de los productos, lo que ha comenzado a afectar su relación con EmFALU. Dado el aporte significativo de la Compañía X a las ganancias de la empresa, resulta crucial abordar estos problemas. El siguiente diagrama de Pareto, que se puede consultar en el Anexo 1, muestra las ventas de la Compañía X en comparación con los cinco principales clientes

restantes, evidenciando una diferencia significativa y destacando su importancia para EmFALU. Por esta razón, enfocaremos nuestros estudios en los problemas específicos de este cliente.

## **4.2. Selección del Producto**

El producto más solicitado por la Compañía X son las repisas decorativas, que representan la mayor parte de las ventas en comparación con otros productos que solicita esta empresa, como se detalla en el Anexo 2.

Sin embargo, estas repisas decorativas también presentan la mayor tasa de pérdidas, como se ilustra en el Anexo 3. A pesar de ser el producto con mayor volumen de ventas, representan un porcentaje desproporcionadamente alto de pérdidas, según los datos proporcionados por EmFALU.

Dadas estas circunstancias, este estudio se centrará en las repisas decorativas vendidas a la Compañía X, que constituyen el 48.3% del total de ventas y representan el 66% del total de pérdidas entre todos los productos vendidos a este cliente.

Para abordar el problema definido y enfocarse en la producción de repisas, se ha elaborado un diagrama de flujo del proceso de fabricación de repisas decorativas en EmFALU. Este diagrama detalla cada paso del proceso, desde la recepción de un pedido hasta el despacho del producto terminado, y se encuentra en el Anexo 4.

## **4.3. El Problema**

Desde el año 2002, EmFALU ha tenido a la Compañía X como su principal cliente. Sin embargo, en 2019 surgieron desafíos significativos, específicamente relacionados con una alta tasa de devoluciones. Estos problemas comenzaron cuando la cantidad de SKUs solicitados

por la Compañía X se duplicó repentinamente (EmFALU, 2024). Como resultado, los volúmenes aumentaron, y se requirió una mayor variedad de productos para satisfacer la demanda del cliente. En consecuencia, los intentos de cumplir con todos los pedidos no fueron exitosos, y comenzaron a existir quejas y devoluciones en los pedidos. Esta alta tasa de devolución es mucho más evidente en la línea de productos de repisas decorativas, ya que las cantidades producidas son significativamente mayores, y centrar la atención en otros productos ralentiza el proceso de producción de las repisas.

#### **4.4. Alta Tasa de Devoluciones**

Dentro de la línea de productos de repisas, Compañía X solicita semanalmente 58 SKUs (Stock Keeping Unit), con variaciones en dimensiones y colores. Según datos históricos iniciales proporcionados por la gerencia de la empresa, EmFALU tiene una tasa de devoluciones de aproximadamente el 10% en esta línea de productos. Las principales razones para estas devoluciones se detallan en el Anexo 5.

Como se evidencia, la principal causa de estas devoluciones es el etiquetado deficiente. Cuando existe una devolución, no se devuelve el pedido completo, solo las unidades incorrectas; sin embargo, esto sigue representando una pérdida de tiempo, dinero y capacidad de producción, ya que el trabajo debe repetirse. Estas devoluciones han generado pérdidas anuales de alrededor de \$20,000 para EmFALU (EmFALU, 2024).

Por lo tanto, es importante realizar un análisis que permita a la empresa reducir su tasa de devoluciones para abordar las elevadas pérdidas que está enfrentando. A continuación, se implementarán en EmFALU las herramientas discutidas en la sección de revisión de literatura, lo cual se mostrará en las páginas siguientes.

## **5. FASE DE DEFINIR**

## 5.1. Voz del Cliente

Como el primer acercamiento con nuestro grupo de interés, se realizó una matriz VOC (Voz del Cliente). El objetivo principal de esta herramienta en el contexto del proyecto fue obtener una respuesta inicial de los empleados de EmFALU, proporcionando una visión de los problemas actuales que enfrentan en su día a día

Para ello, se realizó una entrevista personal con cada miembro involucrado en el proceso de producción de repisas. Esta entrevista se llevó a cabo en el mes de septiembre de 2024, en el lugar de trabajo correspondiente de cada operario, donde se les formuló la siguiente pregunta:

*“¿Cuáles son los principales problemas que enfrentas en tu trabajo diario que afectan la eficiencia del proceso de producción?”*

Con el consentimiento de los trabajadores, las respuestas fueron grabadas y posteriormente condensadas en la matriz VOC, que se muestra en el Anexo 6. Las respuestas reflejan problemas relacionados con errores de etiquetado, distribución de la planta y falta de organización, y retrasos en el proceso de laminado. Esta herramienta ayudó en la creación de las preguntas de investigación que se abordarán en el estudio, y se presentan a continuación.

## 5.2. Preguntas de Investigación

Con base en la matriz VOC, las siguientes preguntas de investigación fueron desarrolladas:

- ¿Cuáles son las razones específicas de la alta tasa de devoluciones que ocurre en la empresa?
- ¿Tiene el etiquetado incorrecto alguna influencia en la tasa de devoluciones?
- ¿Tiene la distribución de la planta alguna influencia en la tasa de devoluciones?
- ¿Tiene la desorganización de la planta alguna influencia en la tasa de devoluciones?

Este proyecto tiene como objetivo abordar las preguntas de investigación mencionadas, las cuales servirán como guía a lo largo de su desarrollo.

### **5.3. Project Charter**

Para abordar estas preguntas de investigación y garantizar un enfoque eficiente, se desarrolló un Project Charter. El Project Charter se encuentra en el Anexo 7, y proporciona una definición clara del propósito y los objetivos del proyecto, así como un esquema del alcance y su cronograma, lo que ayudará a alinear los objetivos del proyecto y anticipar posibles riesgos.

### **5.4. Evento Kaizen**

Una vez definido el alcance y el enfoque de nuestro proyecto, el siguiente paso fue obtener una comprensión más profunda de la situación de la empresa a través de un evento Kaizen. Este evento se llevó a cabo el 29 de septiembre a las 8 de la mañana en la planta de EmFALU en Sangolquí, específicamente en la sala de reuniones dentro de la planta de producción. Siguiendo la recomendación de la gerencia, se programó en la mañana, antes del inicio de los turnos regulares de los trabajadores, para evitar interrumpir sus actividades diarias

Los objetivos principales del evento fueron identificar ineficiencias en el proceso de producción de repisas y proponer soluciones para reducir las tasas de devoluciones. Cinco trabajadores participaron activamente en este evento, junto con la gerente de la planta. A los empleados se les brindó una comprensión clara de la actividad a realizarse y un resumen del proyecto para asegurar que comprendieran la importancia de su participación.

Durante el evento, se les pidió a los participantes que compartieran sus opiniones. Se utilizó una pizarra dividida en dos secciones, "Problemas" y "Soluciones", para organizar visualmente los problemas y generar posibles soluciones en tiempo real, como se muestra en

el Anexo 8. Esta herramienta interactiva facilitó la participación y colaboración entre los trabajadores y la gerente.

Al finalizar el evento, las ideas fueron discutidas y se pudieron condensar en seis problemas principales:

- **Problema 1: Falta de etiquetas EAN14**

Las etiquetas EAN14 se almacenan en carpetas, divididas por SKU. Estas etiquetas se agotan rápidamente, y toma tiempo a los encargados imprimir nuevas, especialmente para pedidos de alta cantidad. Los trabajadores no se dan cuenta de cuántas etiquetas quedan hasta que ya es demasiado tarde.

- **Problema 2: Desorganización en el área de trabajo**

Toda el área de producción está completamente desorganizada y carece de estandarización e higiene. Esto aumenta la posibilidad de errores humanos en los procesos de etiquetado y laminado.

- **Problema 3: Despacho subjetivo en las repisas terminadas**

Los paquetes de repisas listos para ser despachados no están etiquetados siguiendo ningún tipo de guía u orden, ya que los trabajadores no etiquetan un pedido o SKU completo antes de pasar al siguiente. Esto genera confusión y errores.

- **Problema 4: Falta de atención a la señal visual en la máquina laminadora**

La máquina de laminado cuenta con una luz verde que indica que la siguiente repisa puede ser cargada. Sin embargo, los trabajadores no prestan suficiente atención a esta señal

visual e insertan el producto en el momento equivocado, lo que provoca que la máquina se detenga por completo, desperdiciando tiempo de producción.

- **Problema 5: Mala distribución del área de etiquetado**

El área donde se almacenan las etiquetas está demasiado lejos del lugar donde se realiza el proceso de etiquetado. No hay un flujo de trabajo continuo y se pierde tiempo en el traslado de las etiquetas.

- **Problem 6: Ineficiencia al etiquetar EAN13**

Los trabajadores se confunden al etiquetar los productos con EAN13 (etiquetado individual), ya que a menudo etiquetan el color o tamaño incorrecto. Esto se debe a que el lugar de almacenamiento de estas etiquetas no está adecuadamente dividido para distinguir claramente cada SKU.

## **5.5. Relación VOC-Kaizen**

Con el objetivo de demostrar la relación entre los problemas identificados en el VOC y en el Evento Kaizen, se creó una tabla de relación, que se muestra en el Anexo 9. Como se puede observar, cada problema identificado en el VOC fue relacionado con un tema discutido en el evento Kaizen, creando un sentido de continuidad y precisión.

## **6. FASE DE MEDIR**

### **6.1. Recolección de Datos de Devoluciones**

Con el problema de las devoluciones claramente identificado en la fase anterior, el siguiente paso es evaluar cuantitativamente su impacto, lo cual es esencial para tomar decisiones informadas basadas en datos. Para lograr esto, se recopilaron datos de los registros

históricos proporcionados por EmFALU, que cubren un período de siete meses y reflejan el desempeño de 58 SKUs en la línea de producción de repisas de la Compañía X. Se hizo énfasis en asegurar la precisión y consistencia de los registros, para garantizar que la información recopilada fuera adecuada para un análisis eficiente.

Dado el gran número de SKUs, se adoptó un enfoque de muestreo estratificado. Este método ofrece estimaciones más precisas al dividir la población en estratos y seleccionar una muestra de cada uno (Taherdoost, 2016). La razón detrás de esta elección es que los SKUs varían en volumen de ventas, lo que puede afectar significativamente la tasa de devoluciones, ya que algunos productos se venden en cantidades mucho mayores que otros. Al agrupar los SKUs con características similares, se asegura que todas las categorías estén representadas de manera apropiada, reduciendo así el riesgo de pasar por alto los SKUs de baja rotación, que también podrían tener un impacto significativo en los resultados generales.

Dado que se determinó que la mejor manera de dividir los estratos era por el volumen de ventas de cada SKU, se establecieron los siguientes puntos de corte en colaboración con gerencia para garantizar que los estratos reflejaran adecuadamente la distribución de ventas de la empresa:

- Estrato 1: Alto volumen de ventas ( $\geq 159$  unidades) = 8 SKUs
- Estrato 2: Volumen de ventas medio (100–158 unidades) = 19 SKUs
- Estrato 3: Bajo volumen de ventas ( $\leq 99$  unidades) = 31 SKUs

Una vez definidos los estratos, el siguiente paso fue calcular el tamaño total de la muestra. Dado que estamos trabajando con una población finita y realizando un análisis cualitativo, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:

$n$  = tamaño de muestra

$N$  = población total

$Z$  = valor crítico (según la  $c$ )

$p$  = proporción esperada

$q = 1 - p$

$d$  = margen de error

Al aplicar esta fórmula, se calculó un tamaño total de muestra de 41 SKUs. A continuación, utilizamos el método de asignación de Kish para asignar proporcionalmente el tamaño de la muestra a los estratos (Hernández et al., 2010).

$$ksh = \frac{n}{N}$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra y  $N$  es la población total, lo que da como resultado una fracción constante de 0.7068. Luego, cada subpoblación se multiplica por esta fracción para calcular el tamaño de la muestra de cada estrato de la siguiente manera:

- **Estrato 1:**  $8 * 0,7068 = 6$  SKUs
- **Estrato 2:**  $19 * 0,7068 = 13$  SKUs
- **Estrato 3:**  $31 * 0,7068 = 22$  SKUs

## 6.2. Métricas de Interés

La identificación de métricas clave es crucial para obtener una comprensión completa del proceso de producción y guiar las mejoras (Dahinine et al., 2024). En este estudio, se utilizan cuatro métricas principales para evaluar la efectividad de las mejoras: la tasa de devoluciones, el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), y los tiempos de ciclo, incluidos los tiempos no agregados al valor.

## 6.3. Tasa de Devoluciones

En esta etapa del análisis, se calculó la tasa de devoluciones de las repisas. Primero, utilizando el tamaño de la muestra para cada estrato, se realizó una selección aleatoria en Python para determinar qué SKUs dentro de la muestra requerían medición. Posteriormente, gerencia proporcionó los datos históricos, que fueron analizados uno a uno para evaluar si los SKUs seleccionados habían sido devueltos. Los resultados indicaron que 1 de cada 6 SKUs del estrato de alto volumen de ventas, 4 de cada 13 del estrato de volumen de ventas medio, y 4 de cada 22 del estrato de bajo volumen de ventas fueron devueltos. En total, 9 de los 41 SKUs fueron devueltos, lo que da como resultado una tasa de devoluciones del 21.95%. Cuando esta tasa se traduce en términos financieros, teniendo como valor promedio de un pedido de la Compañía X a EmFALU de \$3,000, la pérdida estimada por devoluciones asciende a \$654 por semana de pedidos, o \$18,312 durante el período de estudio de 7 meses.

## 6.4. VSM

Para comenzar a medir cada etapa del ciclo del proceso de producción de repisas, se realizó un Mapeo de la Cadena de valor (VSM).

Al aplicar VSM a este proceso, es posible observar con precisión los tiempos de ciclo en cada etapa, así como los tiempos no agregados al valor entre las fases. Esto permite un

análisis completo de todo el flujo, desde la llegada de las repisas hasta el etiquetado final del paquete, proporcionando datos precisos sobre el tiempo promedio de producción y las ineficiencias que deben optimizarse. Esta medición ayuda a identificar los pasos y actividades que se pueden mejorar dentro de cada etapa necesaria para fabricar la repisa (García & Amador, 2019). El VSM para el proceso de producción de repisas se puede encontrar en el Anexo 10.

### **6.5. Tiempos de Ciclo y Tiempos de no Valor Agregado**

Para proporcionar una visualización más clara de los resultados del VSM con respecto a los tiempos involucrados en el proceso de producción de repisas, se creó una tabla que muestra los tiempos de ciclo y los tiempos de no valor agregado dentro de cada proceso. Los tiempos medidos se muestran en segundos. Los datos tabulados se pueden encontrar en el Anexo 11, lo que permite una identificación de qué partes del proceso de producción están presentando altos tiempos no agregados al valor e indican problemas en la fase de fabricación del producto.

Los resultados mostrados en el Anexo 11 destacan tres etapas del proceso que muestran altos tiempos de no valor agregado: el tiempo desde el laminado vertical hasta el etiquetado individual EAN13, que toma 183 segundos; el tiempo desde el proceso de etiquetado individual EAN13 hasta el empaquetado de las repisas, con un tiempo de 91.8 segundos; y el tiempo desde el empaquetado de las repisas hasta el etiquetado del paquete EAN14, que toma 627.6 segundos. Estos tiempos dentro de estos procesos no están agregando valor a la producción de repisas, y es precisamente donde surgen los problemas alineados con la fase de medición.

Utilizando los tiempos mostrados anteriormente, se calculó el tiempo de ciclo total del proceso de producción de una estantería. El tiempo total se calculó sumando los tiempos de

todos los procesos, teniendo en cuenta tanto el tiempo de ciclo como el tiempo de no valor agregado. Este tiempo total del proceso se muestra en el Anexo 12.

Es posible observar que el tiempo total tiene un impacto significativo, considerando que toma 35.58 minutos por unidad. Del mismo modo, es importante destacar el alto tiempo de no valor agregado encontrado en el tiempo total del proceso de producción de la repisa, que representa el 80.15% del tiempo total del proceso. Según (Dara et al., 2024), un aumento de las actividades no agregadas al valor (NVA) dentro de la industria tiene el potencial de disminuir tanto la productividad como la eficiencia. Por esta razón, es esencial analizar las causas raíz de estos tiempos elevados.

## **6.6. Layout**

Ahora que se han identificado un alto número de devoluciones y largos tiempos de procesamiento en la fabricación de las repisas, es crucial analizar el flujo de trabajo y las distancias recorridas dentro de las áreas involucradas en el proceso de producción. Definir el diseño del layout es una de las decisiones de diseño más críticas dentro de las estrategias operativas de las empresas, dado su impacto comprobado en los costos operativos, la eficiencia y la productividad de los sistemas de producción (Pérez-Gosende et al., 2021).

Por lo tanto, se mapeó el layout actual de EmFALU, incorporando todas las áreas involucradas en la producción de las repisas. Esto incluye todas las áreas necesarias para que el personal de la planta fabrique las mismas. El layout actual de EmFALU para la producción de repisas se muestra en el Anexo 13. Además, se enumeran las áreas en el orden en que se llevan a cabo los procesos, de principio a fin.

Para definir claramente cada área involucrada en el proceso y su secuencia, se creó una tabla que muestra el orden en que se llevan a cabo los procesos junto con su área correspondiente. Esta tabla se puede encontrar en el Anexo14.

### **6.7. Diagrama de Spaguetti**

Usando el layout actual, que incluye las áreas de trabajo involucradas y la identificación del orden de movimiento dentro de cada área, se creó un diagrama de spaguetti. Con la creación de este diagrama, se definieron los movimientos y las rutas de flujo de trabajo realizadas por los operadores durante el proceso de fabricación del producto, así como la distancia en metros y el tiempo en segundos que representan el trayecto de un área a otra.

El diagrama de spaguetti, que incluye el layout actual e ilustra las rutas necesarias tomadas por los operadores, se presenta en el Anexo 15. De manera similar, el Anexo 16 presenta un resumen de los tiempos y distancias para cada trayecto de un área a otra, incluyendo el tiempo total y la distancia total del proceso. El tiempo total registrado es de 111.8 segundos, con una distancia total recorrida de 90.5 metros. Esto indica tiempos y distancias significativas en ciertas áreas y rutas, que se analizarán en detalle a continuación.

## **7. FASE DE ANALIZAR**

### **7.1. Análisis de Recorridos**

Se analizaron los tiempos y distancias entre las áreas para simplificar el trabajo involucrado en el flujo y la gestión del tiempo dentro de las mismas (Martínez et al., 2019). Identificar las rutas con los tiempos y distancias más largos permite detectar qué áreas no contribuyen a la secuencia del flujo de trabajo, afectando el rendimiento y llevando a un aumento en los tiempos de ciclo y en el tiempo de no valor agregado.

Después de analizar los resultados, se identificaron dos rutas que presentan tiempos y distancias excesivas en la secuencia del flujo de trabajo: la ruta del área 6 al área 7, que va desde el laminado vertical hasta el almacenamiento de etiquetas individuales EAN13, tomando 18 segundos y cubriendo una distancia de 14 metros; y la ruta del área 8 al área 9, que va desde el almacenamiento de etiquetas individuales EAN13 hasta el etiquetado individual EAN13, tomando 19 segundos y cubriendo una distancia de 15 metros. Estos resultados se detallan en el Anexo 17, donde se comparan los tiempos elevados de estas dos rutas con los de otras. Además, el Anexo 18 ilustra la desorganización de la secuencia del flujo de trabajo a través del diagrama de spaguetti.

Teniendo en cuenta el análisis de las rutas de una actividad a otra dentro del proceso de producción de las repisas, podemos definir los problemas específicos con más detalle:

- El almacenamiento de las etiquetas EAN 13 está ubicado lejos del área de laminado, lo que requiere que el personal recorra una distancia considerable para acceder a ellas.
- El diseño físico de las estaciones de trabajo no está optimizado, lo que da lugar a rutas largas entre las áreas de almacenamiento de etiquetas y el lugar de etiquetado de las repisas.
- El proceso de etiquetado no está bien integrado con la secuencia del flujo de trabajo en el proceso de laminado.

Teniendo en cuenta los problemas identificados, se implementarán acciones correctivas mediante la redistribución de la planta.

## **7.2. Análisis Causas Raíz**

En consecuencia, se elaboró un Análisis de Causas Raíz, también conocido como Diagrama Ishikawa. Este diagrama será un factor clave para analizar las causas fundamentales

de la alta tasa de devoluciones en EmFALU. Para este análisis, se examinaron varias categorías, como el entorno, los materiales, el personal, las máquinas, los métodos y la medición. El diagrama que se muestra en el Anexo 19 ilustra estas relaciones, proporcionando una representación visual clara de los problemas tratados. Analizar este diagrama ayudó a identificar áreas críticas de mejora dentro de las operaciones de la empresa y logró que existan recomendaciones específicas para reducir las tasas de devolución en EmFALU (Coccia, 2017).

El diagrama proporcionó una visión clara de las principales causas del problema, las cuales están especialmente relacionadas con una mala distribución de la planta, falta de organización y estandarización, ineficiencias en los procesos de etiquetado de EAN13 y EAN14, y falta de consistencia en las mejoras implementadas.

## **8. FASE DE IMPLEMENTAR**

### **8.1. Soluciones Finales Propuestas**

A partir de todo el análisis previo, se condensaron seis posibles soluciones, cada una enfocada en resolver uno de los seis problemas identificados. Las soluciones se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1: Problemas y soluciones (Elaboración propia)

Problema	Solución
Desorganización y desorden	5's
Despacho subjetivo	Kanban de SKUs
Falta de atención a la señal visual en el laminado	Señal de advertencia en laminadora
Ineficiencia al etiquetar EAN13	Código de colores en mueble de etiquetado (poka-yoke)
Falta de etiquetas EAN14	Separadores en carpeta EAN14 (poka-yoke)
Distribución ineficiente del área de etiquetado	Redistribución de la zona de etiquetado EAN13

Cada una de las herramientas Lean Six Sigma mencionadas abordará directamente los problemas específicos previamente identificados. La metodología 5S se enfocará en resolver el problema de la desorganización en la planta, mientras que el sistema Kanban mejorará el control y secuencia del despacho de productos. El uso de etiquetas codificadas por colores y separadores garantizará que el etiquetado de productos sea eficiente y esté disponible cuando sea necesario, lo que ayudará a reducir las devoluciones causadas por etiquetas faltantes. Para mejorar la atención de los operarios y minimizar errores, las señales visuales en la laminadora serán reforzadas con señalización adicional y capacitación. Por último, el rediseño de la planta mejorará el flujo general de materiales y productos, minimizando los retrasos y mejorando la productividad. Una descripción detallada de cada herramienta y cómo contribuye a resolver estos problemas se presentará en las siguientes secciones

## 8.2. VSM con Eventos Kaizen

Las herramientas Lean previamente discutidas, como 5S, Kanban y Poka-Yoke, fueron incorporadas al proceso de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) a través de una serie de eventos Kaizen. Estos eventos ayudarán a enfocar las soluciones en partes específicas del proceso de producción y nos proporcionarán una visión clara de los siguientes pasos a seguir. El nuevo VSM se puede encontrar en el Anexo 20.

### 8.3. 5S

1. **Seiri (Clasificar):** Para la empresa EMFALU en Sangolquí, se analizó cada área dentro de la planta. Se preparó una lista de artículos que indicaba tanto sus cantidades como si eran necesarios para el área. A los artículos innecesarios se les asignó una tarjeta roja para determinar su disposición preliminar (transferir, descartar, inspeccionar). Luego se creó una tabla con estas decisiones preliminares, que fue presentada a los trabajadores para que pudieran dar su retroalimentación y finalizar la disposición de los artículos. Este proceso completo está documentado en los Anexos correspondientes (ver Anexo 21)
2. **Seiton (Ordenar):** Para esto, decidimos basarnos en una tabla inicial que nos proporcionara la frecuencia de uso de cada artículo necesario en cada área y las ubicaciones designadas para colocarlos. Posteriormente, se creó una segunda tabla que detalla estas ubicaciones según la frecuencia de uso asignada por nosotros y los trabajadores en cada área. Este proceso completo está documentado en los Anexos correspondientes (ver Anexo 22)
3. **Seiso (Limpiar):** Para esta etapa, se propuso un plan de mantenimiento que define las responsabilidades, la frecuencia y la descripción de las actividades a realizar. Este plan será presentado a la gerencia para asegurar que haya una supervisión adecuada del

proceso. Este proceso completo está documentado en los Anexos correspondientes (ver Anexo 23).

4. **Seiketsu (Estandarizar):** Después de las 3S anteriores, se establecieron normas para enfatizar la importancia de mantener el orden y la limpieza de manera diaria. Para facilitar esto, se creó una lista de verificación que incluye los respectivos indicadores para evaluar el cumplimiento total de estas normas, y se puede ver en el Anexo 24.
5. **Shitsuke (Disciplina):** Para una implementación efectiva de las 5S en EmFALU, se creó una tabla de control, que se puede ver en el Anexo 25. La siguiente tabla describe las herramientas clave de promoción implementadas para apoyar la etapa de Disciplina de la metodología 5S. Estas herramientas están diseñadas para sostener las prácticas 5S a lo largo del tiempo, asegurando la participación de los empleados, la mejora continua y la adherencia a las normas establecidas en el lugar de trabajo.

#### **8.4. Kanban**

Para abordar el problema del despacho subjetivo, se implementó un sistema Kanban. En el contexto del despacho subjetivo, que implica decisiones subjetivas y puede llevar a ineficiencias, Kanban proporciona una solución muy efectiva. Al utilizar un tablero Kanban, el estado de los pedidos de despacho puede visualizarse claramente, mejorando la comunicación entre los equipos y permitiendo una priorización más objetiva de las tareas.

Se creó un tablero de madera dividido en tres columnas: "PENDIENTE," "EN PROCESO," y "COMPLETADO." Para facilitar la gestión, se incorporó Velcro tanto en el tablero como en las tarjetas, las cuales representan cada SKU con su respectivo código y color. Además, se incluyó una tarjeta complementaria para indicar la cantidad de pedidos y la orden de compra, mejorando la comunicación entre los trabajadores. Cada día, los trabajadores determinan cuántos SKUs procesarán y los colocan en la columna de pendiente. A medida que

el proceso avanza, las tarjetas de los SKUs se mueven a las columnas correspondientes hasta que se finalizan en "COMPLETADO," junto con todas las etiquetas relevantes del SKU. El diseño digital de esta herramienta, así como el producto final implementado en EmFALU, se puede ver en el Anexo 26.

### **8.5. Poka-Yoke en la máquina laminadora**

Para crear un sentido de advertencia y atraer atención, se elaboró un cartel de advertencia que se colocó en el panel de control de la máquina laminadora, de manera que los trabajadores pudieran reconocer la señal y evitar errores relacionados con la luz verde que previamente ignoraban. Se utilizaron los colores negro y amarillo con el propósito de indicar que se debe tener en cuenta una situación especial. Además, se incluyeron dos pictogramas de "Stop", acompañados del texto con la dirección a seguir (esperar la luz verde). El borrador del cartel se puede encontrar en el Anexo 27. De manera similar, las fotos de antes y después del cartel ya implementado en la planta de producción se pueden encontrar en el Anexo 28.

### **8.6. Poka-Yoke in el mueble de etiquetado EAN13**

Como se mencionó anteriormente, el mueble de etiquetado EAN13 era completamente ineficiente y no tenía orden ni segmentación precisa para las etiquetas de los diferentes SKUs. Por esta razón, decidimos transformarlo completamente y crear un nuevo mueble de etiquetado, con suficientes subdivisiones para almacenar claramente todas las etiquetas de los 58 SKUs.

El diseño inicial del mueble fue realizado utilizando Autodesk Inventor, el cual se muestra en el Anexo 29. Tras conversaciones con la gerente de la planta, el diseño fue aprobado y posteriormente enviado para ser realizado por un especialista en madera. El mueble fue fabricado en madera, y las puertas de cada subdivisión fueron hechas de plástico. Una vez entregado, se diseñaron, imprimieron y pegaron 58 etiquetas diferentes, cada una

correspondiente a un SKU y adherida a las puertas plásticas de sus respectivas subdivisiones. Cada etiqueta fue codificada por colores para coincidir con el color de la repisa correspondiente al SKU, permitiendo que los trabajadores elijan fácilmente la etiqueta correcta de la subdivisión que coincide con el color que necesitan, reduciendo así el riesgo de errores o etiquetado incorrecto. El armario terminado, así como un ejemplo de una etiqueta codificada por colores, se muestran en el Anexo 30.

### **8.7. Poka-Yoke en la carpeta de etiquetado EAN14**

Para abordar la falta de etiquetas EAN14, se compraron separadores rojos y se les pegó una nota recordatoria indicando que los trabajadores están acercándose al final de las etiquetas en la carpeta. La nota especifica que solo quedan dos páginas de etiquetas y les recuerda que deben pedir más. De esta manera, cuando los trabajadores lleguen al separador rojo, sabrán que solo quedan dos páginas de etiquetas y podrán pedir más con anticipación. El margen de dos páginas fue acordado tras discusiones con la gerencia. El diseño inicial, así como la implementación final, se pueden ver en los Anexos 31 y 32.

### **8.8. Redistribución de Planta (FLP)**

Teniendo en cuenta el problema identificado de la ineficiencia en la distribución de la planta en el área de etiquetado y basado en el análisis realizado con el diagrama de spaguetti, que destaca las largas distancias y tiempos entre las áreas, se llevará a cabo una redistribución de la planta utilizando la planificación del layout mostrada anteriormente.

El método de FLP que se utilizará para la redistribución de la planta es el método ALDEP. Según Delgado & Stalin (2022), este método permite la creación de múltiples alternativas de layout basadas en el flujo de materiales, la importancia de la proximidad entre

las áreas y las limitaciones físicas de la planta. De esta manera, se pueden desarrollar diversas opciones de diseño que permitan:

- Maximización de la proximidad entre las áreas clave.
- Reducción de tiempos de ciclo.
- Mejora de flujo de materiales.

El primer paso fue asignar los procesos involucrados a los departamentos e identificar el área en metros cuadrados para cada departamento. Para esta aplicación, no se consideró el área de almacenamiento de materias primas debido a las limitaciones de espacio en esa área. La asignación de áreas y departamentos se puede ver en el Anexo 33. El layout actual de la planta por departamentos se muestra en el Anexo 34.

A continuación, se creó una tabla de relaciones que muestra la calificación asignada a cada letra para establecer la relación entre los departamentos. Cuanto mayor sea la calificación, más cerca deben estar esos departamentos. Esta tabla se puede encontrar en el Anexo 35 y es una tabla estandarizada del método ALDEP (Deshpande et al., 2016).

Basado en la tabla de relaciones, se creó una matriz de relaciones entre departamentos, asignando la importancia de la proximidad y la relación de un departamento a otro. La asignación de relaciones y proximidad entre departamentos se obtuvo mediante la consulta al personal involucrado en el proceso de producción de las repisas y a través de los siguientes criterios:

- Minimización de las distancias entre los departamentos relacionados.
- Maximización del uso eficiente del espacio con el cálculo de la función objetivo.
- Restricciones físicas o limitaciones: paredes, dimensiones de la maquinaria, espacios y disposición del área de inventarios.

Los resultados de la matriz de relaciones entre departamentos están en el Anexo 36.

El siguiente paso es crear el nuevo diseño de la planta basado en la matriz de proximidad. Para ello, se desarrollaron tres diseños alternativos, cada uno con un orden de entrada diferente y un ancho de barrido de 3.

- La primera alternativa presenta el siguiente orden de entrada para los departamentos: B, C, D, E, A, F. Este diseño se muestra en el Anexo 37.
- La segunda alternativa tiene el orden de entrada A, F, D, C, B, E, y su diseño puede verse en el Anexo 38.
- Finalmente, la tercera alternativa sigue el orden D, C, B, A, F, E, y su diseño se encuentra en el Anexo 39.

### **8.9. Comparación de Layouts**

Para la comparación de las tres alternativas de distribución propuestas, se tuvieron en cuenta los costos totales de implementación y el valor Z para la maximización. Los criterios para los costos totales incluyeron los costos de movimiento de equipos, el tiempo de inactividad y los requisitos logísticos. Para el valor Z, se calculó el puntaje total de adyacencia entre todos los departamentos en cada distribución, siendo un puntaje más alto indicativo de una mejor distribución de la planta. La comparación de estos dos criterios a través de las tres alternativas puede verse en el Anexo 40.

Teniendo en cuenta la distribución que muestra el costo de implementación más bajo y el puntaje Z más alto para la maximización, se eligió la Alternativa 1 como la mejor nueva distribución. La representación visual final de la nueva distribución se encuentra en el Anexo 41.

Es importante destacar que en esta nueva distribución se implementó el Poka-Yoke en el gabinete de etiquetado EAN13, que es el área de almacenamiento de las etiquetas EAN 13.

### **8.10. Diagrama de Spaguetti con la Nueva Distribución**

Con la nueva distribución, se creó un nuevo diagrama de spaguetti para reflejar la nueva secuencia de flujo de trabajo y los movimientos involucrados en el proceso de producción de las repisas. Este diagrama, que se encuentra en el Anexo 42, muestra una reducción significativa de las distancias dentro del flujo de trabajo entre el área de laminado, el almacenamiento de etiquetas EAN 13 y el etiquetado individual de EAN 13. Esto permite reducir los tiempos de ciclo y las distancias entre las áreas. Se puede observar que estas rutas han sido significativamente reducidas. El tiempo total ahora ha disminuido a 91.6 segundos y la distancia total recorrida se ha reducido a 72.5 metros.

Se registraron los nuevos tiempos y distancias para cada ruta con la distribución actualizada, los cuales se pueden encontrar en el Anexo 43. Usando estos datos, se realizó una comparación entre el tiempo y la distancia total del diseño anterior y el nuevo, analizando las mejoras logradas con las implementaciones recientes. Esta comparación, detallada en el Anexo 44, muestra que el nuevo diseño reduce el tiempo de las rutas en 20.2 segundos, lo que representa una disminución del 18%. De manera similar, las distancias se redujeron en 18 metros, lo que refleja una reducción del 20%. Estos resultados resaltan el impacto significativo del rediseño de la planta en las rutas, junto con los costos mínimos incurridos.

De esta manera, se desarrolló un nuevo Mapa de Flujo de Valor (VSM) con los tiempos de ciclo y los tiempos de no valor agregador actualizados. Esto se puede ver en el Anexo 45.

### **8.11. Simulación de la Planta**

Además, se realizó una simulación de la planta para evaluar la reducción del tiempo de transporte después de la redistribución del layout. Se desarrollaron dos modelos: uno que representa la planta antes del rediseño y otro que refleja el nuevo layout después de que se implementaron los cambios. Al comparar ambos modelos, se analizó el impacto de la reorganización en el flujo de materiales y las distancias recorridas por los operadores y productos a lo largo de la planta. Los resultados de la simulación mostraron una clara reducción en el tiempo de transporte, lo que indica que el nuevo layout minimizó con éxito los movimientos innecesarios, mejorando así la eficiencia operativa general. Este resultado respalda aún más la efectividad del rediseño de la planta en la optimización del flujo de trabajo y la reducción del tiempo desperdiciado. Ambos modelos se pueden ver en los Anexos 46, 47 y 48.

### **8.12. Análisis Costo / Beneficio**

Después de reanalizar el tamaño de muestra establecido de 41 SKUs después de las implementaciones, se observó una mejora importante en la tasa de devoluciones. De los 9 SKUs que inicialmente se devolvían, ahora solo se devuelven 6, lo que reduce la tasa de devoluciones del 21.95% al 14.63%. Este cambio refleja claramente el impacto positivo de las mejoras implementadas en el proceso de producción, como la reorganización del flujo de trabajo, la estandarización de los procesos de etiquetado y el control de la calidad. Los resultados confirman que las acciones tomadas han contribuido a reducir las devoluciones, demostrando la efectividad de las estrategias adoptadas.

Consecuentemente, es importante analizar los beneficios de las implementaciones en términos de costos para comprender el verdadero impacto del proyecto.

Primero, es necesario entender el costo de las devoluciones antes de las implementaciones. Para realizar nuestras evaluaciones bajo el mismo período de tiempo, se

calculará el costo de las devoluciones para un mes, ya que el impacto de las implementaciones solo pudo medirse durante un mes. Considerando que el promedio de pedidos semanales es de \$3000, y teniendo una tasa de devoluciones calculada del 21.95% antes de las implementaciones, el costo de las devoluciones para 1 mes sería de \$2616..

Además, considerando la tasa de devoluciones actualizada del 14.63% calculada después de las implementaciones, la pérdida semanal sería de \$438.9 basándose en el mismo promedio semanal de pedidos (\$3000). Por lo tanto, la pérdida mensual después de las implementaciones sería de \$1755.6. Ahora, el beneficio de la disminución de las devoluciones se calcula restando  $\$2616 - \$1755.6$ , lo que da como resultado un ahorro mensual de \$860.4.

Por otro lado, los costos detallados de cada una de las implementaciones se muestran en el Anexo 49. Esto da una suma total de \$605 como el costo total de las implementaciones.

Finalmente, el costo-beneficio se puede calcular como la diferencia entre el beneficio (ahorro) calculado, menos los costos de implementación ( $\$860.4 - \$605$ ). Esto da un valor final de \$255.4 como el beneficio total del proyecto hasta el momento.

Aunque la disminución en la tasa de devoluciones superó nuestras expectativas iniciales (3%), una reducción aún mayor se vio limitada por factores como cortes de energía y el tiempo necesario para que los empleados se adaptaran completamente a las implementaciones durante el desarrollo de este proyecto. Se espera que las medidas implementadas tengan un impacto duradero, con sus beneficios creciendo y expandiéndose con el tiempo.

## **9. FASE DE CONTROLAR**

### **9.1. Sesiones de Capacitación**

En la fase de Control, se tomaron medidas clave para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Se realizaron sesiones de capacitación para el personal con el fin de familiarizarlos con las herramientas recién integradas, como el sistema Kanban, la metodología 5S, el etiquetado con códigos de colores y el rediseño del layout de la planta. Estas sesiones tuvieron como objetivo capacitar a los empleados con el conocimiento necesario para mantener y operar las mejoras de manera efectiva, y la evidencia de las mismas se muestra en el Anexo 50. Además, se desarrolló un manual de uso del tablero Kanban para proporcionar una guía paso a paso y garantizar la aplicación consistente del sistema en las operaciones diarias, el cual puede verse en el Anexo 51.

## **9.2. Plan de Control**

Además, se utilizó un plan de control empleando el formato Hoshin Kanri, que se muestra en el Anexo 52, para alinear los objetivos a largo plazo de la organización con medidas de control específicas. Este plan incluyó recomendaciones para monitorear el rendimiento, abordar posibles desviaciones y refinar continuamente los procesos.

Estos esfuerzos tienen como objetivo consolidar las mejoras logradas durante el proyecto y garantizar la optimización continua de los procesos en el futuro.

## **10. CONCLUSIONES**

La implementación de este plan de mejora operativa, guiado por los principios de Lean Six Sigma y la metodología DMAIC, abordó con éxito el objetivo principal de reducir la tasa de devoluciones de productos de EmFALU. Inicialmente establecido en una reducción del 3%, el proyecto superó las expectativas, logrando una disminución del 7.32% en las devoluciones. Además, se confirmó una reducción del 18.7% en el tiempo de ciclo después de la redistribución de la planta. Estas mejoras impactaron directamente en la eficiencia operativa y

en la reducción de las pérdidas económicas, demostrando la efectividad de las estrategias seleccionadas.

Las causas raíz de la alta tasa de devoluciones fueron identificadas mediante el uso de herramientas como el Evento Kaizen y el diagrama de Ishikawa. Se abordaron problemas clave, como errores en el etiquetado, flujos de trabajo ineficientes y un diseño de planta desorganizado, con soluciones específicas. Estas incluyeron la introducción de un sistema Kanban para eliminar el despacho subjetivo, la metodología 5S para mejorar la organización y el rediseño del layout de la planta para agilizar los procesos. Además, se implementaron poka-yokes, sistemas de etiquetado a código de colores y señales mejoradas en el laminado para garantizar la calidad del producto y reducir el error humano.

Por otro lado, también se incluyeron medidas de sostenibilidad. La capacitación de los empleados sobre las nuevas herramientas implementadas, la creación de un manual integral de uso del tablero Kanban y el desarrollo de un plan Hoshin Kanri garantizaron que estas mejoras pudieran mantenerse a lo largo del tiempo. También se realizó una evaluación SERVQUAL (que se muestra en el Anexo 53), destacando un aumento significativo en la satisfacción de los trabajadores, quienes expresaron entusiasmo y compromiso con los nuevos sistemas. Esto refleja un cambio positivo dentro de la organización, ya que los empleados ahora se sienten empoderados y alineados con los objetivos de la empresa.

En conclusión, el proyecto cumplió satisfactoriamente con los objetivos establecidos. Se identificaron y resolvieron las causas de la ineficiencia operativa, se implementaron herramientas Lean Six Sigma para mejorar la calidad, y se desarrolló un plan de control integral para garantizar la sostenibilidad de estas mejoras. La reducción en la tasa de devoluciones, junto con la mejora en la satisfacción de los empleados, demuestra el éxito del proyecto y su contribución significativa a la excelencia operativa de EmFALU.

## **11. LIMITACIONES**

A pesar del éxito de este proyecto, se identificaron ciertas limitaciones que podrían influir en su efectividad a largo plazo. En primer lugar, el análisis e implementación de soluciones se concentraron exclusivamente en la sucursal de EmFALU en Sangolquí, lo que podría no tener en cuenta completamente las diferencias en los desafíos operativos o en los diseños de otras sucursales. Esto limita la aplicabilidad de los hallazgos a toda la organización. Además, algunos cambios operativos, como el rediseño de la planta y el sistema Kanban, dependieron en gran medida de la adherencia y consistencia de los empleados, lo que podría presentar desafíos para la sostenibilidad a lo largo del tiempo. Por otro lado, aunque herramientas como el Kanban, 5S y Poka-Yokes funcionaron con éxito, otros factores externos quedaron fuera del alcance de este estudio, como la confiabilidad de los proveedores, las limitaciones en el transporte y los posibles cambios estacionales en la demanda.

## **12. ESTUDIOS FUTUROS**

Los estudios futuros podrían abordar estas limitaciones replicando las herramientas implementadas en otras sucursales y también podrían explorar la integración de tecnologías digitales junto con la Industria 4.0, como sistemas de control de calidad automatizados o el seguimiento en tiempo real de los tableros kanban, para mejorar la sostenibilidad de las mejoras. Al abordar estas áreas, las futuras iniciativas podrán construir sobre la base de este proyecto y continuar mejorando las operaciones.

### 13. REFERENCIAS

- Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *SaludenTabasco*, 11, 333–338. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Al-Zubaidi, S. Q. D., Fantoni, G., & Failli, F. (2021). Analysis of drivers for solving facility layout problems: A Literature review. *Journal of industrial information integration*, 21, 100187.
- Alaidaros, H., Omar, M., & Romli, R. (2021). The state of the art of agile kanban method: challenges and opportunities. *Independent Journal of Management & Production*, 12(8), 2535-2550.
- Aliaga-Parcco, J., Maldonado-Paricahua, C., Torres-Sifuentes, C., & Cespedes, C. (2023). Implementation of the 5S methodology and its impact on the productivity of bread production following the PDCA cycle. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*.  
<https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.505>
- AlOmari, F. (2021). Measuring gaps in healthcare quality using SERVQUAL model: challenges and opportunities in developing countries. *Measuring Business Excellence*, 25(4), 407-420.
- Baril, C., Gascon, V., Miller, J., & Côté, N. (2016). Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 249(1), 327-339.
- Banco Central del Ecuador. (2021). Información Económica y Estadística. Banco Central del Ecuador - BCE. <https://www.bce.fin.ec/>

- Castellanos, H. G., García, C. G. R., Enríquez, N. Y. F., & Castro, A. F. L. (2023). REDISTRIBUCION DE PLANTA DE LAS AREAS DE TRABAJO DE UNA MARMOLERIA MEDIANTE SIMULACION, SOFTWARE FLEXSIM. *Revista IPSUMTEC*, 6(3), 95-102.
- Castellano Lendínez, L. (2019). KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS. *3C Tecnología*, 8(1).
- Camacho Montaña, E. J., Trujillo Suárez-Bango, A. A., & González Jaramillo, V. H. (2019). Proyecto de mejora de procesos en la producción de madera plástica reciclada de Madera Verde Ecuador (Doctoral dissertation, ESPOL. FCSH.).
- Cepal (2020). Adopción de tecnologías digitales 4.0 por parte de pequeñas y medianas empresas manufactureras en la Región del Biobío (Chile).
- Che Ani, M. N., Razali, M. A., & Rhaffor, K. A. (2014). The effectiveness of Value Stream Mapping (VSM) as an improvement tool for the manufacturing operation. *Applied Mechanics and Materials*, 575, 905–909.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.575.905>
- Coccia, M. (2017). The Fishbone diagram to identify, systematize and analyze the sources of general purpose technologies. In *Journal of Social and Administrative Sciences* [www.kspjournals.org](http://www.kspjournals.org) (Vol. 4). [www.kspjournals.org](http://www.kspjournals.org)
- Dahinine, B., Laghouag, A., Bensahel, W., Alsolamy, M., & Guendouz, T. (2024). Evaluating Performance Measurement Metrics for Lean and Agile Supply Chain Strategies in Large Enterprises. *Sustainability (Switzerland)*, 16(6).  
<https://doi.org/10.3390/su16062586>

- Dara, H. M., Raut, A., Adamu, M., Ibrahim, Y. E., & Ingle, P. V. (2024). Reducing non-value added (NVA) activities through lean tools for the precast industry. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29148>
- Darío, M., Serna, A., Felipe, L., Zapata, C., Andrés, J., & Cortes, Z. (2014). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban (Vol. 14, Issue 27).
- Dias, R. M. F., & Tenera, A. (2020). Integrating Balanced Scorecard and Hoshin Kanri a review of approaches. *Independent Journal of Management & Production*, 11(7), 2899-2924.
- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021). Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. *TEM Journal*, 10(2).
- Delgado, & Stalin. (2022). FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS Para optar el Título Profesional de Contador Público.
- Deshpande, V., DPatil, N., Baviskar, V., & Gandhi, J. (2016). Plant Layout Optimization using CRAFT and ALDEP Methodology. In *Productivity Journal by National Productivity Council* (Vol. 57, Issue 1).  
<https://www.researchgate.net/publication/318743771>
- Dorantes-Benavidez, F. de J., Martínez-Cruz, M. Á., Dorantes-Benavidez, H., Chávez-Pichardo, M., & Acosta-Mendizabal, M. A. (2024). Modelo sistémico de kanban del área de acabados en la industria metal-mecánica. *Revista Amazonia Investiga*, 13(76), 31–41. <https://doi.org/10.34069/ai/2024.76.04.2>
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>

- Freeman, G., & Radziwill, N. M. (2018). *Voice of the Customer (VoC): A Review of Techniques to Reveal and Prioritize Requirements for Quality* (Vol. 2018, Issue 3).
- García Cantó, M., & Amador Gandia, A. (2019). Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(2), 68–83. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019>
- Gido, J., Clements, J., & Baker, R. (2018). *Successful project management*. Cengage Learning.
- Griffin, A., & Hauser, J. R. (1993). The Voice of the Customer. *Marketing Science*, 12(1), 1–27. <https://doi.org/10.1287/mksc.12.1.1>
- Gutiérrez, J. N. M., & BERNUY, L. E. T. (2020). Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas. *Alpha Centauri*, 1(2), 51-59.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & del Pilar Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación*, 5ta Ed. [www.FreeLibros.com](http://www.FreeLibros.com)
- Habidin, N. F., Hashim, S., Fuzi, N. M., & Salleh, M. I. (2018). Total productive maintenance, kaizen event, and performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(9), 1853-1867.
- Jonkisz, A., Karniej, P., & Krasowska, D. (2021). SERVQUAL method as an “old new” tool for improving the quality of medical services: A literature review. *International journal of environmental research and public health*, 18(20), 10758.
- Lanza-León, P., Sanchez-Ruiz, L., & Cantarero-Prieto, D. (2021). Kanban system applications in healthcare services: A literature review. *The International journal of health planning and management*, 36(6), 2062-2078.

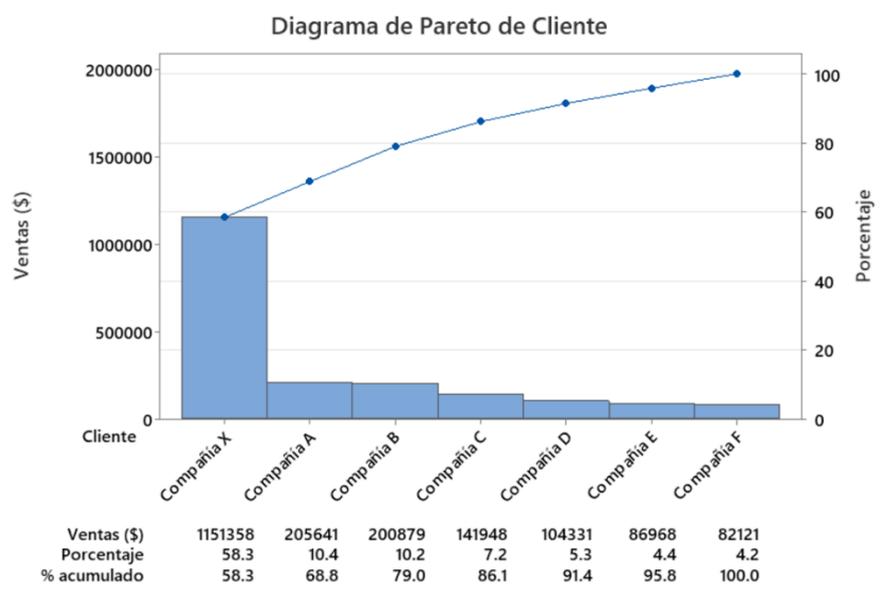
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3).
- Monday, L. M. (2022). Define, measure, analyze, improve, control (DMAIC) methodology as a roadmap in quality improvement. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 5(2), 44-46.
- Moreno-Morales, A., Navarrete-Fonseca, M., Molina-Herrera, J., & Osorio-Jiménez, K. (2024). Contribution of the manufacturing industrial sector to the Gross Domestic Product of Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(105), 417–432. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.105.26>
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & sons.
- Muñoz Guevara, J. A., Zapata Urquijo, C. A., & Medina Varela, P. D. (2022). *Lean manufacturing: modelos y herramientas*.
- Orellana-Bueno, D., González-Garza, I., & Venegas-Sánchez, E. (2020). El costo como factor de gestión empresarial que impactan en la competitividad de las Mipymes del sector muebles de madera, sur de Ecuador. *Vinculatégica EFAN*, 6(2), 1558-1573.
- Ortiz, G. G., Godínez, S. V., Barrios-Borjes, E., & Martínez, J. E. V. (2021). Procedimiento matemático, orientado a la simulación en Flexsim, mediante un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP). *Investigación Operacional*, 42(3).
- Pavličková, M., Mojžišová, A., & Pocsova, J. (2022). Hoshin Kanri process: A review and bibliometric analysis on the connection of theory and practice. *Processes*, 10(9), 1854.

- Pyzdek, T. (2021). Spaghetti Diagrams. In *The Lean Healthcare Handbook: A Complete Guide to Creating Healthcare Workplaces* (pp. 25-28). Cham: Springer International Publishing.
- Pérez-Gosende, P., Mula, J., & Díaz-Madroñero, M. (2021). Facility layout planning. An extended literature review. In *International Journal of Production Research* (Vol. 59, Issue 12, pp. 3777–3816). Taylor and Francis Ltd.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean Manufacturing: Herramientas para producir mejor*. Ediciones Díaz de Santos.
- Schoeman, Y., Oberholster, P., & Somerset, V. (2020). Value stream mapping as a supporting management tool to identify the flow of industrial waste: A case study. *Sustainability*, 13(1), 91.
- Sánchez, G. K. I., & Villena, G. O. T. (2023). Lean Manufacturing como metodología para el aumento de la productividad empresarial: Una revisión sistemática. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(2), 60-69.
- Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, 79.  
<https://www.researchgate.net/publication/316634571>
- Shi, Z., & Shang, H. (2020). A review on quality of service and servqual model. In *HCI in Business, Government and Organizations: 7th International Conference, HCIBGO 2020, Held as Part of the 22nd HCI International Conference, HCII 2020, Copenhagen, Denmark, July 19–24, 2020, Proceedings 22* (pp. 188-204). Springer International Publishing.

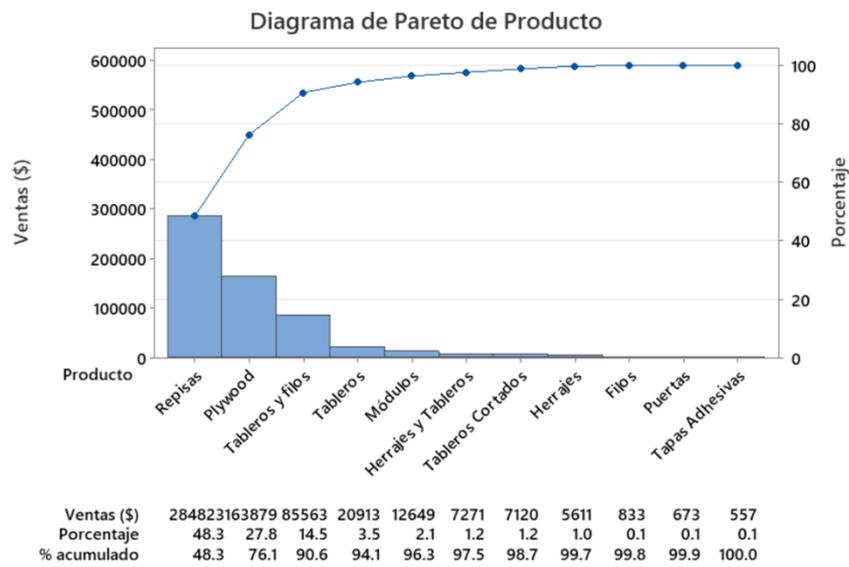
- Taherdoost, H. (2016). Sampling Methods in Research Methodology; How to Choose a Sampling Technique for Research. In *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)* (Vol. 5, Issue 2). <https://ssrn.com/abstract=3205035>
- Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(5), 851.
- Vargas-Hernández (2018). Parámetros genéticos de calidad de madera, crecimiento y ramificación en *Pinus patula*. *Madera y bosques*, 24(2).
- Vo, B., Kongar, E., & Suárez Barraza, M. F. (2019). Kaizen event approach: a case study in the packaging industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(7), 1343–1372. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2018-0282>
- Vega Anzules, A. (2021). Construcción de modelos de simulación en FlexSim que implementen herramientas Lean Manufacturing en una línea de ensamblaje.
- Wilson, R., Cudney, E. A., & Marley, R. J. (2024). Current status of Hoshin Kanri. *The TQM Journal*, 36(2), 460-477.

**ANEXOS**

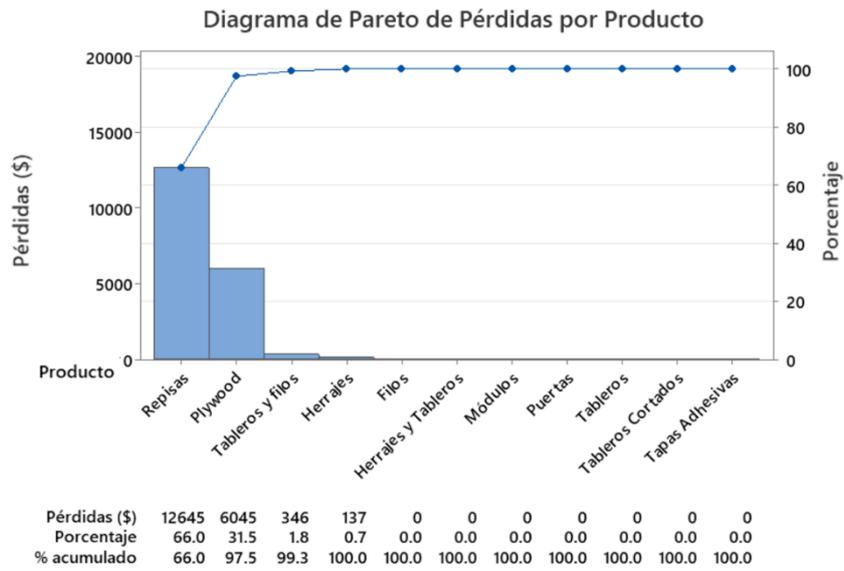
**Anexo 1: Gráfica de Pareto de los clientes (Elaboración propia)**



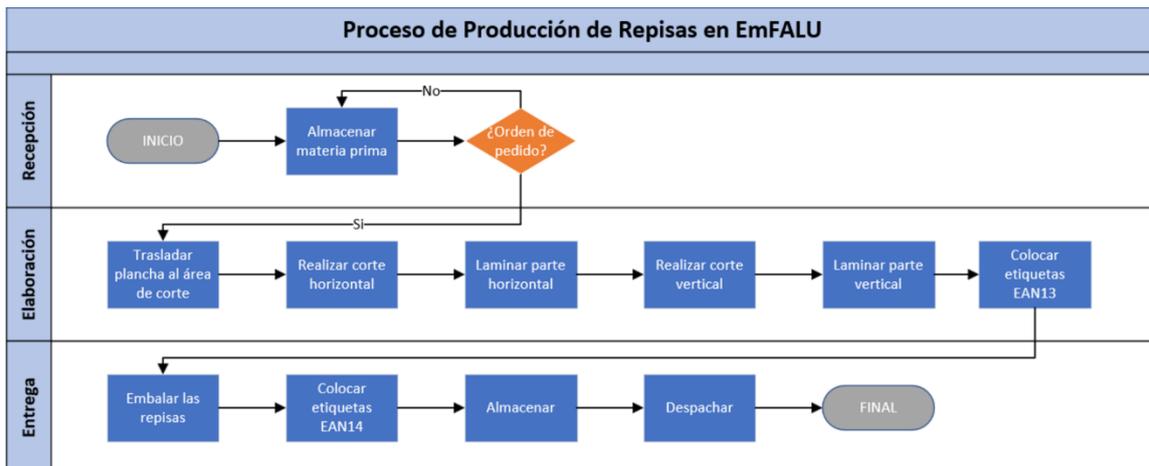
**Anexo 2: Gráfica de Pareto de las ventas de los productos (Elaboración propia)**



**Anexo 3: Gráfica de Pareto de las pérdidas por producto (Elaboración propia)**



**Anexo 4: Flujograma del proceso de elaboración de repisas (Elaboración propia)**



**Anexo 5: Gráfico de barras de las razones por las devoluciones (Elaboración propia)**



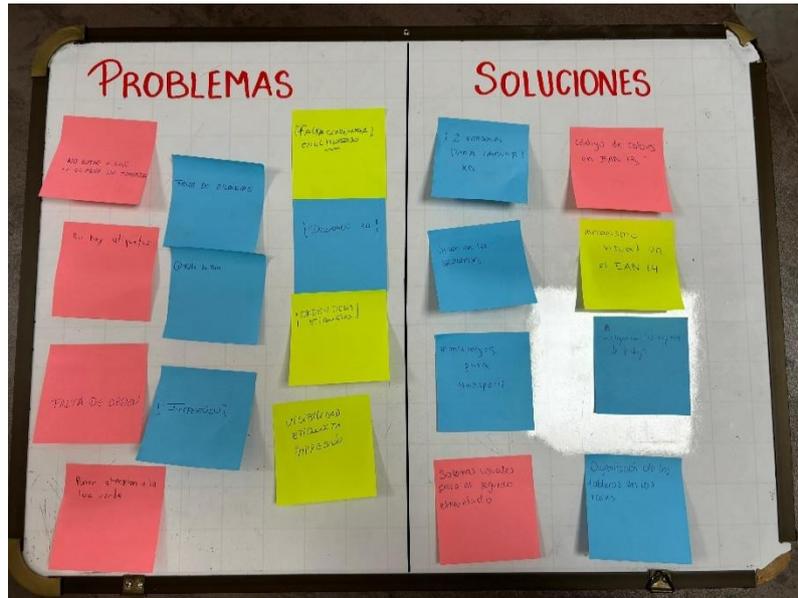
## Anexo 6: Matriz VOC

Voz del cliente	Problema Clave	Requerimiento Crítico del Cliente (CCR)	Crítico para la Calidad (CTQ)
<i>Entrevista al cliente.</i> Errores en etiquetado EAN 14 de las repisas para Compañía X	La falta de etiquetas e inconsistencia en el etiquetado de órdenes terminadas afecta a la satisfacción del cliente	Es imprescindible que el paquete de repisas terminadas tenga su respectivo etiquetado para una identificación acertada del SKU.	Precisión en el sistema de etiquetado EAN 14 para evitar devoluciones y errores de identificación en el inventario.
<i>Entrevista al cliente.</i> La infraestructura de Emfalú es amplia, sin embargo su distribución impide que se organice de mejor manera el proceso de producción	El mejoramiento del proceso se ve limitado por la incorrecta distribución de la planta en Emfalú.	Optimización del flujo de trabajo para mejorar la eficiencia del proceso productivo.	Rediseño de la distribución de la planta para minimizar tiempos de transporte, mejorar la accesibilidad y reducir los cuellos de botella.
<i>Entrevista al cliente.</i> El cliente está insatisfecho por la desorganización que se presenta en la planta	La falta de una correcta asignación de áreas y herramientas de trabajo influye en el rendimiento de la producción	El no establecer una organización de áreas provoca aumentos en tiempos de producción y confusión en las herramientas de trabajo	Mejora en la coordinación interna para evitar cuellos de botella y asegurar la calidad en el producto final.
<i>Entrevista al cliente:</i> Gerencia se preocupa por los retrasos que se está teniendo en el proceso de laminado	La falta de atención y comprensión al funcionamiento de la máquina ocasiona reprocesos en las repisas.	Cumplimiento de plazos de producción sin retrasos en el proceso de laminado	Aumento de señalización en la máquina de laminado para eliminar retrasos y mejorar la tiempos de producción

## Anexo 7: Project Charter

Project Charter																															
<b>Definición del Problema</b> <p>EmFALU ha estado experimentando un alto número de devoluciones en la línea de productos de repisas, solicitadas por la Compañía X. Estas devoluciones se deben principalmente a errores de etiquetado, así como a una mala organización dentro del área de trabajo y a una distribución ineficiente de la planta. La empresa necesita abordar estos desafíos para reducir los costos de las devoluciones y mejorar la satisfacción del cliente.</p>		<b>Caso de estudio y Beneficios</b> <p>Al abordar las causas principales de las devoluciones de productos y optimizar la distribución de la planta, EmFALU puede reducir el impacto financiero y operativo de los productos devueltos. Resolver estos problemas mejorará la satisfacción del cliente y disminuirá el retrabajo. Además, establecer una distribución eficiente en la planta permitirá operaciones más fluidas, lo que llevará a tiempos de entrega más rápidos y a una reducción de errores. Esto resultará en una mejor retención de clientes y potencialmente aumentará los ingresos.</p>																													
<b>Definición del objetivo</b> <p>Reducir las devoluciones en la línea de repisas de la sucursal de EmFALU en Sangolquí mediante la identificación y solución de las causas principales, además de optimizar la distribución de la planta. El proyecto tiene como objetivo disminuir la tasa de devoluciones en un 3% en el próximo mes mediante la implementación de las medidas propuestas.</p>		<b>Línea del tiempo</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fase</th> <th>Fecha de finalización planeada</th> <th>Actual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Definir:</td> <td>Jueves, 5 de Septiembre, 2024</td> <td>Miércoles, 11 de Septiembre, 2024</td> </tr> <tr> <td>Medir:</td> <td>Viernes, 20 de Septiembre, 2024</td> <td>Viernes, 20 de Septiembre, 2024</td> </tr> <tr> <td>Analizar:</td> <td>Lunes, 30 de Septiembre, 2024</td> <td>Jueves, 26 de Septiembre, 2024</td> </tr> <tr> <td>Implementar:</td> <td>Miércoles, 9 de Octubre, 2024</td> <td>Jueves, 10 de Octubre, 2024</td> </tr> <tr> <td>Controlar:</td> <td>Viernes, 15 de Noviembre, 2024</td> <td>Viernes, 15 de Noviembre, 2024</td> </tr> </tbody> </table>		Fase	Fecha de finalización planeada	Actual	Definir:	Jueves, 5 de Septiembre, 2024	Miércoles, 11 de Septiembre, 2024	Medir:	Viernes, 20 de Septiembre, 2024	Viernes, 20 de Septiembre, 2024	Analizar:	Lunes, 30 de Septiembre, 2024	Jueves, 26 de Septiembre, 2024	Implementar:	Miércoles, 9 de Octubre, 2024	Jueves, 10 de Octubre, 2024	Controlar:	Viernes, 15 de Noviembre, 2024	Viernes, 15 de Noviembre, 2024										
Fase	Fecha de finalización planeada	Actual																													
Definir:	Jueves, 5 de Septiembre, 2024	Miércoles, 11 de Septiembre, 2024																													
Medir:	Viernes, 20 de Septiembre, 2024	Viernes, 20 de Septiembre, 2024																													
Analizar:	Lunes, 30 de Septiembre, 2024	Jueves, 26 de Septiembre, 2024																													
Implementar:	Miércoles, 9 de Octubre, 2024	Jueves, 10 de Octubre, 2024																													
Controlar:	Viernes, 15 de Noviembre, 2024	Viernes, 15 de Noviembre, 2024																													
<b>Alcance</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Primer Paso</th> <th>Recolección de data inicial y análisis</th> </tr> <tr> <th>Último paso</th> <th>Implementación y control de soluciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Dentro del alcance</b></td> <td>Análisis de devoluciones, diseño de la planta, desarrollo, implementación y monitoreo de soluciones</td> </tr> <tr> <td><b>Fuera del alcance</b></td> <td>Reestructuración de la línea de producción, adquisición de máquinas, análisis de cuellos de botella, análisis de inventarios</td> </tr> </tbody> </table>		Primer Paso	Recolección de data inicial y análisis	Último paso	Implementación y control de soluciones	<b>Dentro del alcance</b>	Análisis de devoluciones, diseño de la planta, desarrollo, implementación y monitoreo de soluciones	<b>Fuera del alcance</b>	Reestructuración de la línea de producción, adquisición de máquinas, análisis de cuellos de botella, análisis de inventarios	<b>Miembros de Equipo</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Posición</th> <th>Persona</th> <th>Título</th> <th>% de Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Investigador</td> <td>Lya Hernández</td> <td>Estudiante</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Investigador</td> <td>Hanz Osorio</td> <td>Estudiante</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Investigador</td> <td>Alejandro Alcoser</td> <td>Estudiante</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Mentor de Tesis</td> <td>Sonia Avilés</td> <td>M.Sc., D.Sc</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>		Posición	Persona	Título	% de Tiempo	Investigador	Lya Hernández	Estudiante	30%	Investigador	Hanz Osorio	Estudiante	30%	Investigador	Alejandro Alcoser	Estudiante	30%	Mentor de Tesis	Sonia Avilés	M.Sc., D.Sc	10%
Primer Paso	Recolección de data inicial y análisis																														
Último paso	Implementación y control de soluciones																														
<b>Dentro del alcance</b>	Análisis de devoluciones, diseño de la planta, desarrollo, implementación y monitoreo de soluciones																														
<b>Fuera del alcance</b>	Reestructuración de la línea de producción, adquisición de máquinas, análisis de cuellos de botella, análisis de inventarios																														
Posición	Persona	Título	% de Tiempo																												
Investigador	Lya Hernández	Estudiante	30%																												
Investigador	Hanz Osorio	Estudiante	30%																												
Investigador	Alejandro Alcoser	Estudiante	30%																												
Mentor de Tesis	Sonia Avilés	M.Sc., D.Sc	10%																												

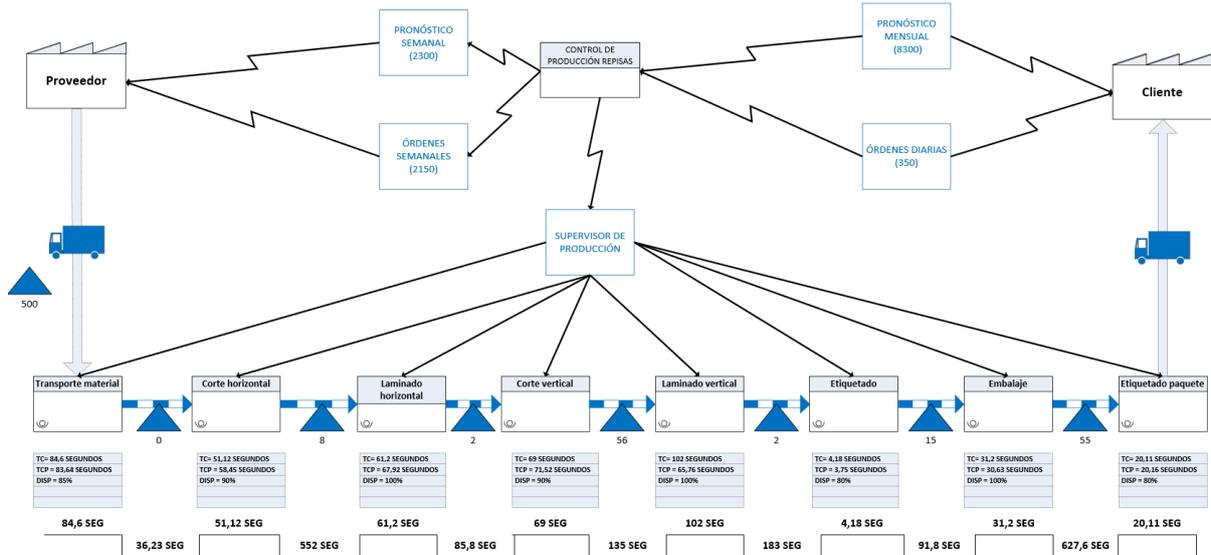
## Anexo 8: Evento kaizen



**Anexo 9: Tabla de relación VOC-KAIZEN (Elaboración propia)**

Problema VOC	Problema Kaizen
Errores en etiquetado EAN14	Falta de etiquetas EAN14
	Despacho subjetivo en repisas terminadas
Layout de la Planta	Ineficiencia en etiquetar EAN13
Desorganización de la Planta	Desorganización en el área de trabajo
	Ineficiencia en etiquetar EAN13
Retrasos en el laminado	Falta de atención a la señal visual de la laminadora

**Anexo 10: Mapa de flujo de valor inicial del proceso de repisas (Elaboración propia)**



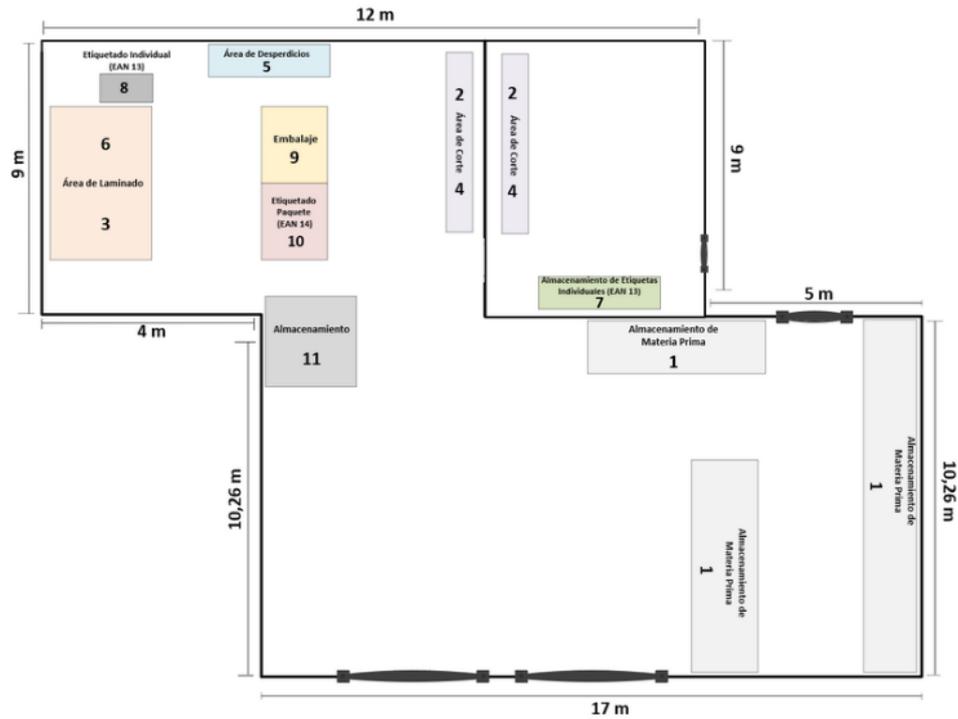
**Anexo 11: Tiempos de ciclo y de no valor agregado del proceso**

Proceso	Tiempo de Ciclo	Tiempo de no valor agregado
Transporte de material	84,6	36,26
Corte horizontal	51,12	552
Laminado horizontal	61,2	85,8
Corte vertical	69	135
Laminado vertical	102	183
Etiquetado EAN 13	4,18	91,8
Embalado	31,2	627,6
Etiquetado paquete EAN 14	30,11	

**Anexo 12: Tiempo total del proceso**

Métricas	Tiempo total (seg)	Tiempo total (min)
Tiempo de ciclo (CT)	423,41	7,06
Tiempo de no valor agregado (NVA)	1711,43	28,52
Tiempo total del proceso	2134	35,58

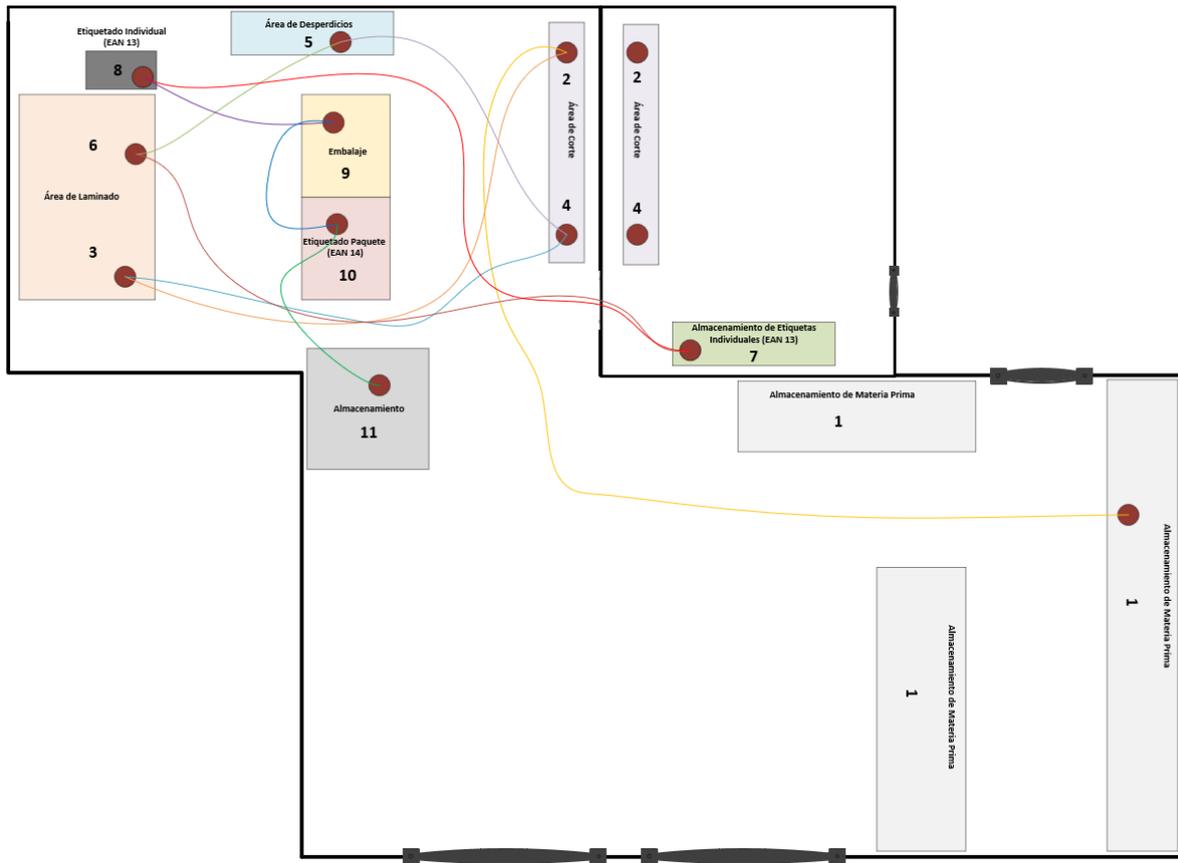
**Anexo 13: Layout actual**



**Anexo 14: Orden del proceso en el layout**

Área	Orden en el proceso
Almacenamiento de materia prima	1
Corte	2, 4
Laminado	3, 6
Desperdicios	5
Almacenamiento etiquetas EAN 13	7
Etiquetado individual EAN 13	8
Embalaje	9
Etiquetado del paquete EAN 14	10
Almacenamiento	11

**Anexo 15: Diagrama de Spaguetti con el layout actual**



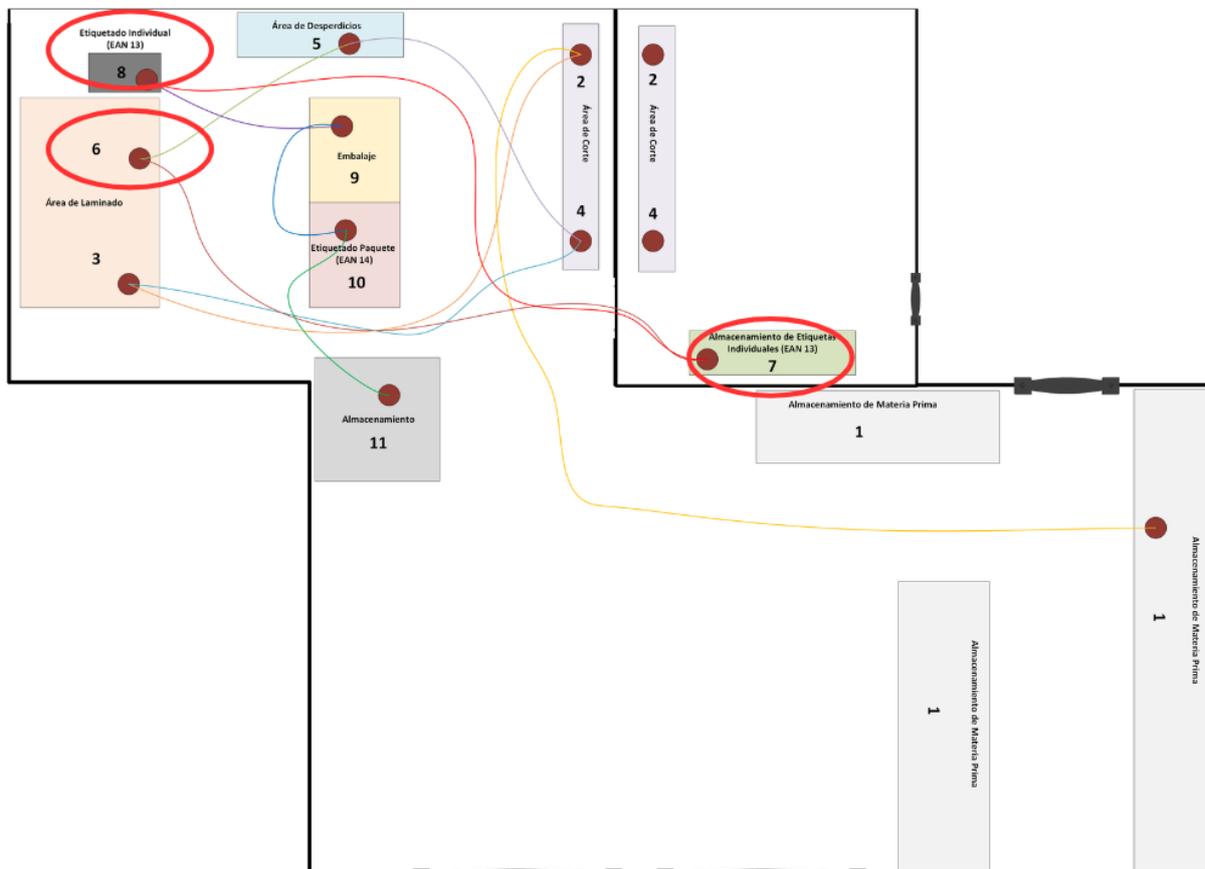
**Anexo 16: Resumen de las distancias y tiempos del recorrido actual**

ACTUAL		
Recorrido	Tiempo (s)	Distancia (m)
1 - 2	33,0	26,5
2 - 3	9,5	9,0
3 - 4	9,5	9,0
4 - 5	5,0	4,5
5 - 6	5,0	4,5
6 - 7	18,0	14,0
7 - 8	19,0	15,0
8 - 9	4,5	3,0
9 - 10	3,8	2,0
10 - 11	4,5	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>111,8</b>	<b>90,5</b>

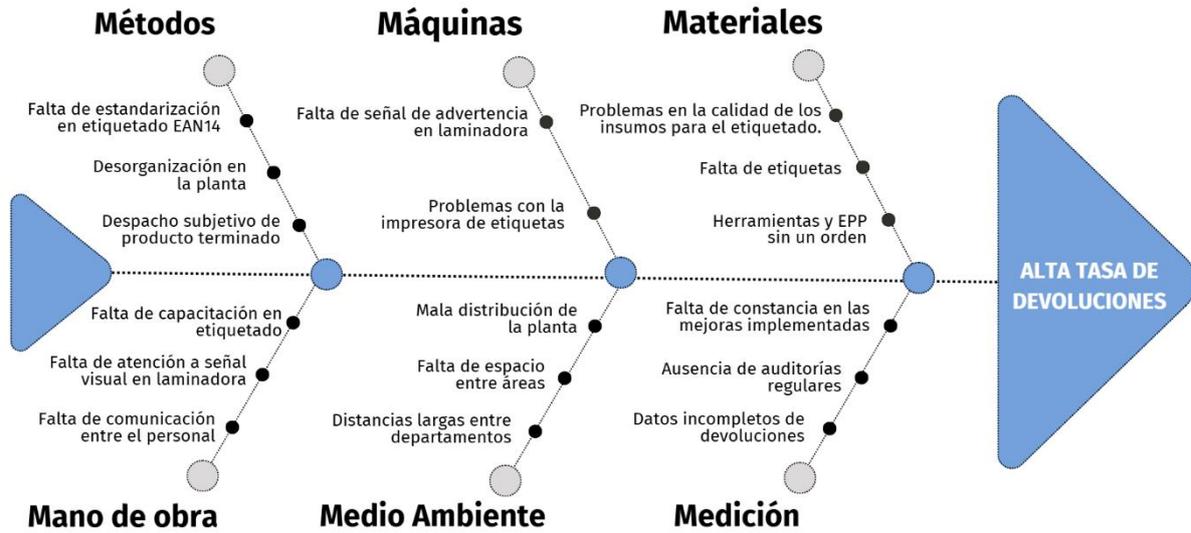
**Anexo 17: Identificación de las distancias y tiempos altos en los recorridos**

Recorrido	Tiempo (seg)	Distancia (m)
1, 2	33	26,5
2, 3	9,5	9
3, 4	9,5	9
4, 5	5	4,5
5, 6	5	4,5
6, 7	18	14
7, 8	19	15
8, 9	4,5	3
9, 10	3,8	2
10, 11	4,5	3

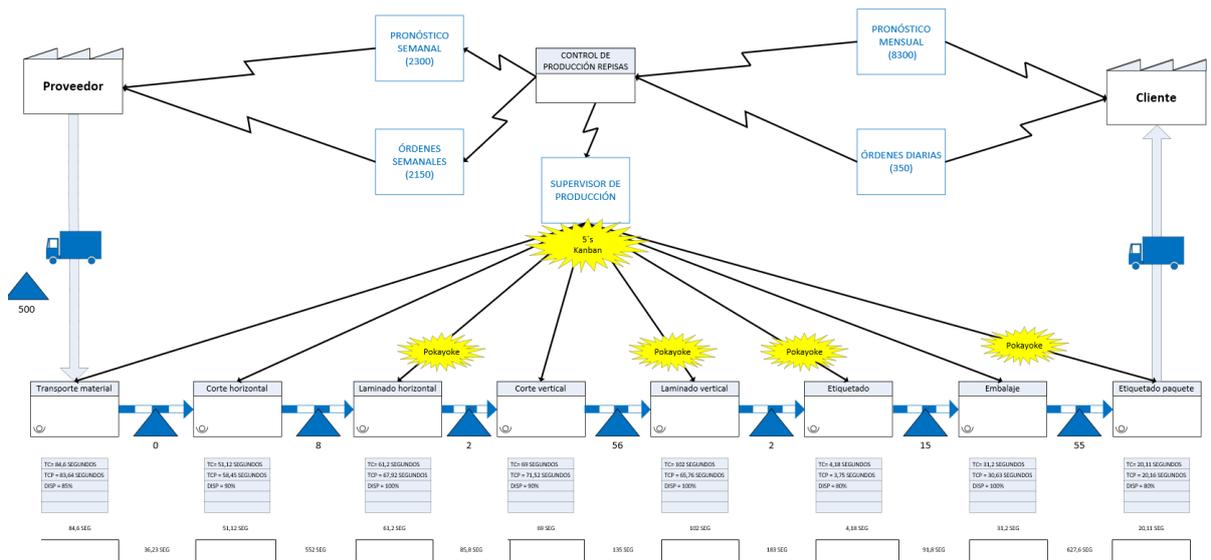
### Anexo 18: Identificación de las largas distancias en la secuencia de trabajo



### Anexo 19: Diagrama Ishikawa



**Anexo 20: VSM con los estallidos Kaizen (Elaboración propia)**



**Anexo 21: SEIRI**

Área 1		Fecha: 08/10/2024	
N	Artículo	Cantidad	Necesario
1	Carpeta	6	SI
2	Filos	5	NO
3	Guantes	2	
4	Plastico de embalaje	2	NO
5	Bloque de documentos	1	SI
6	Herramientas	9	SI
7	Botellas de plástico	3	SI
8	Caja de herramientas	3	SI
9	Líquido de laminadora	1	SI
10	Pistola industrial	2	NO
11	Dispensador de aceite	1	SI
12	Protectores auditivos	1	SI

**TARJETA ROJA**

Fecha: 08/10/2024

Area: medidora de filos

Nombre del elemento: Filos

Cantidad: 4

Disposición:

Transferir  
 Eliminar  
 Inspeccionar

Área 1		Fecha: 08/10/2024	
N	Artículo	Cantidad	Disposición preliminar
2	Filos	5	Transferir
4	Plastico de embalaje	2	Inspeccionar
10	Pistola industrial	2	Eliminar

Área 1		Fecha: 08/10/2024	
N	Artículo	Cantidad	Disposición final
2	Filos	5	Transferir
4	Plastico de embalaje	2	Transferir
10	Pistola industrial	2	Eliminar

### Anexo 22: SEITON

Frecuencia de uso	Lugar
Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Varias veces al día	Colocar cerca del usuario
Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en almacén o en archivos
No se usa, pero podría usarse	Guardar etiquetado en archivo muerto o área para tales fines

Área 1		
Fecha: 08/10/2024		
Artículo	Frecuencia de uso	Colocar
Carpeta	Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Guantes	Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Bloque de documentos	Algunas veces al año	Colocar en almacén o en archivos
Herramientas	Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Botellas de plástico	Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Caja de herramientas	Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible
Líquido de laminadora	Varias veces por semana	Colocar cerca del área de trabajo
Dispensador de aceite	Algunas veces al mes	Colocar en áreas comunes
Protectores auditivos	Muchas veces al día	Colocar tan cerca como sea posible

### Anexo 23: SEISO

Área	Tarea de limpieza	Frecuencia	Responsable	Fecha	Firma del responsable
<b>Bisagrado</b>	Limpieza de superficies, eliminación de polvo y organización de carpetas y herramientas.	Diaria			
<b>Perforaciones*</b>	Limpieza de superficies, eliminación de polvo y organización de guantes y protectores auditivos.	Diaria			
<b>Filos 1*</b>	Limpieza de superficies, eliminación de polvo y colocación de herramientas y fillos en su lugar.	Diaria			
<b>Desperdicios</b>	Colocación de los residuos de madera en sus cajas asignadas.	Diaria			
<b>Filos 2*</b>	Limpieza de superficies, eliminación de polvo y organización de materiales en cada sección del mueble.	Diaria			
<b>Etiquetado*</b>	Limpieza de superficies, eliminación de polvo y organización de los materiales dentro del mueble.	Diaria			
<b>Zona de producción</b>	Barrido, limpieza de residuos de madera y colocación de materiales de limpieza en su lugar.	Diaria			

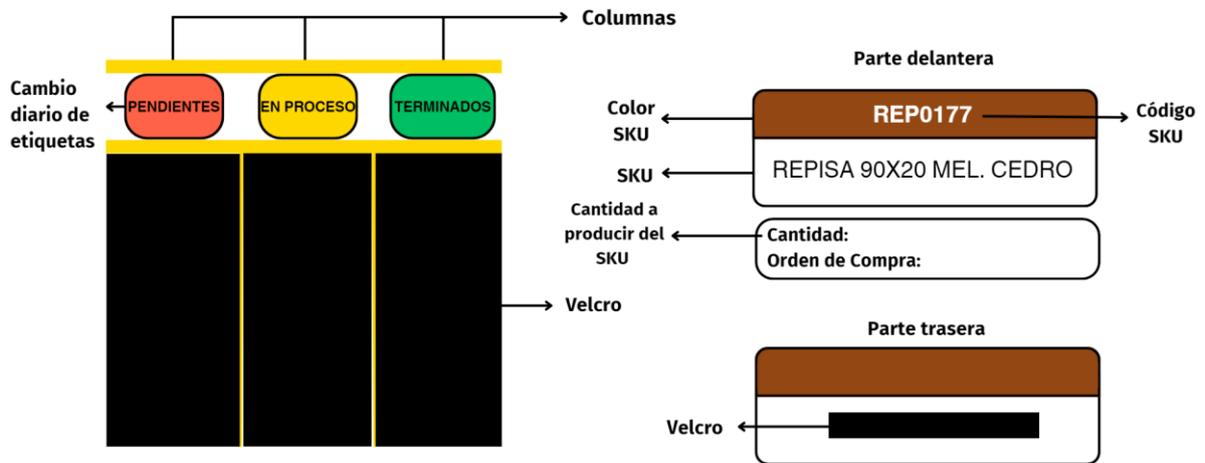
#### **Anexo 24: SEIKETSU**

CHECKLIST DE VERIFICACIÓN	
<p><b>1. Clasificar</b></p> <p><input type="checkbox"/> Todos los artículos innecesarios han sido eliminados de las áreas de trabajo (Si / No)</p> <p><input type="checkbox"/> Se han separado los artículos necesarios de los innecesarios en todas las áreas (Si / No)</p> <p style="text-align: center;"><b>Puntaje Clasificar:</b> (Asigna 1 punto por cada "Si", 0 por "No")</p> <p><b>2. Ordenar</b></p> <p><input type="checkbox"/> Los artículos de uso frecuente están ubicados cerca del área de trabajo (Si / No)</p> <p><input type="checkbox"/> Los artículos poco usados están almacenados en lugares de fácil acceso (Si / No)</p> <p><input type="checkbox"/> Todo el equipo está claramente etiquetado y organizado en su lugar correspondiente (Si / No)</p> <p style="text-align: center;"><b>Puntaje Ordenar:</b> (Asigna 1 punto por cada "Si", 0 por "No")</p> <p><b>3. Limpiar</b></p> <p><input type="checkbox"/> Se ha limpiado regularmente el área de trabajo, eliminando suciedad y residuos (Si / No)</p> <p><input type="checkbox"/> Todas las superficies de trabajo, herramientas y equipos están en buenas condiciones de limpieza (Si / No)</p> <p><input type="checkbox"/> Se ha registrado la frecuencia de limpieza según el cronograma establecido (Si / No)</p> <p style="text-align: center;"><b>Puntaje Limpiar:</b> (Asigna 1 punto por cada "Si", 0 por "No")</p>	
<p><b>Indicadores</b></p> <p><b>Total Puntaje Clasificar:</b> (Número total de puntos obtenidos)</p> <p><b>Total Puntaje Ordenar:</b> (Número total de puntos obtenidos)</p> <p><b>Total Puntaje Limpiar:</b> (Número total de puntos obtenidos)</p> <p style="text-align: center;"><b>Indicador de Cumplimiento Total:</b> (Total Clasificar + Total Ordenar + Total Limpiar) / (Número máximo de puntos)</p>	

## Anexo 25: Shitsuke

Herramienta de Promoción	Descripción	Frecuencia	Efectos Esperados
Tablero de Seguimiento 5S	Un tablero visible donde se registran los avances y el cumplimiento de 5S por cada área de trabajo. Se actualiza periódicamente.	Semanal	Refuerza el compromiso al permitir una visión clara del progreso en cada área.
Mini Charlas de Recordatorio 5S	Pequeñas reuniones de 5 a 10 minutos al comienzo de la semana, enfocadas en un aspecto de 5S o en resolver dudas puntuales.	Semanal	Fomenta la participación, aclara dudas y refuerza la importancia de 5S.
Checklist 5S en el Área de Trabajo	Una lista simple y visible en cada área de trabajo para recordar los pasos 5S y verificar que cada espacio cumpla con ellos.	Diario	Facilita la autoevaluación, ayuda a formar hábitos y asegura el cumplimiento diario.
Reconocimiento de "Área 5S del Mes"	Se elige un área de trabajo que haya mantenido un alto nivel de disciplina en 5S, otorgando una pequeña mención en un tablero.	Mensual	Motiva a los equipos y refuerza la importancia de mantener los estándares de 5S.
Tarjetas de Mejora Continua 5S	Tarjetas para que los empleados sugieran mejoras en su área relacionadas con 5S; las mejores sugerencias se destacan cada mes	Mensual	Promueve la mejora continua, incentivando la participación activa del equipo.

**Anexo 26: KANBAN**



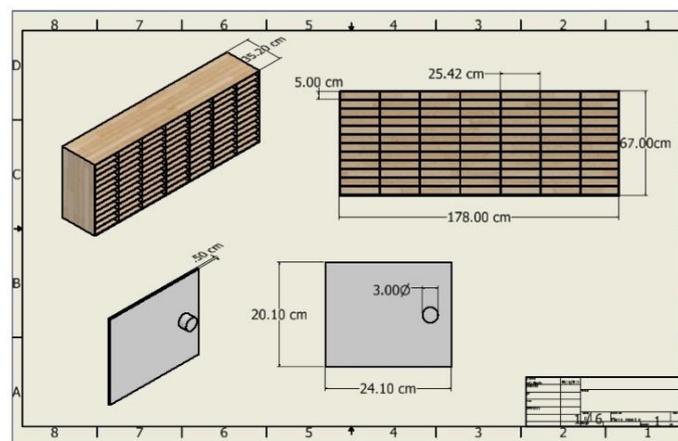
**Anexo 27: Borrador, Poka-Yoke en máquina laminadora**



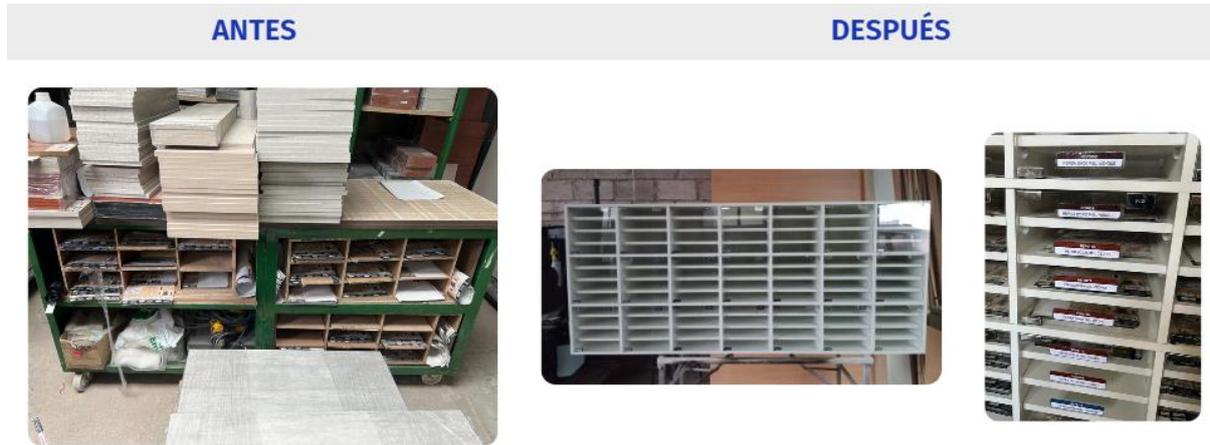
### Anexo 28: Antes y después Poka-Yoke en máquina laminadora



### Anexo 29: Planos del mueble de almacenamiento etiquetas EAN 13



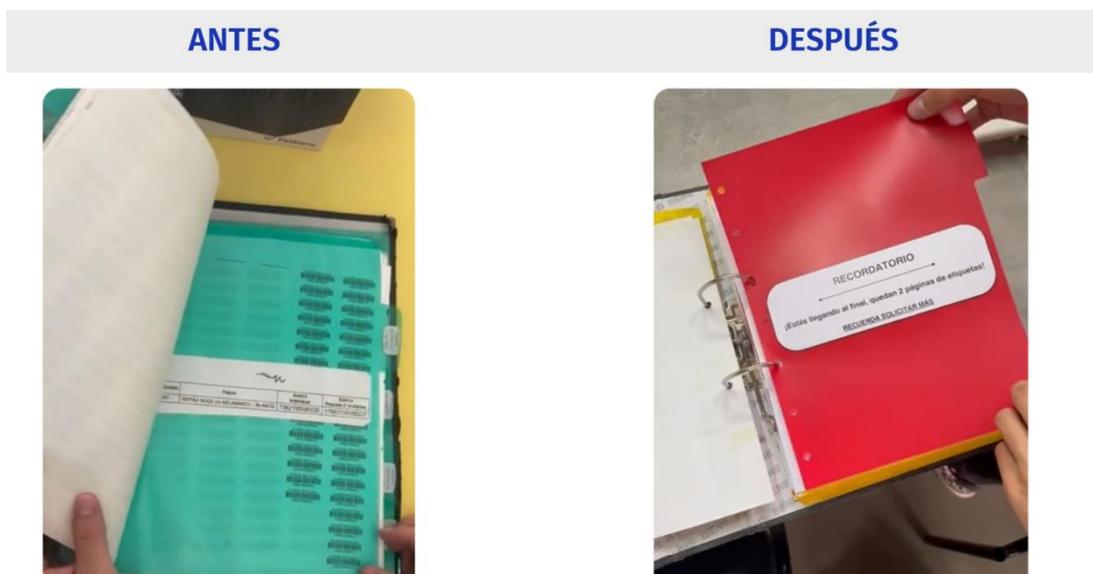
### Anexo 30: Antes y después del mueble de almacenamiento etiquetas EAN 13



**Anexo 31: Poka Yoke en carpeta EAN14**

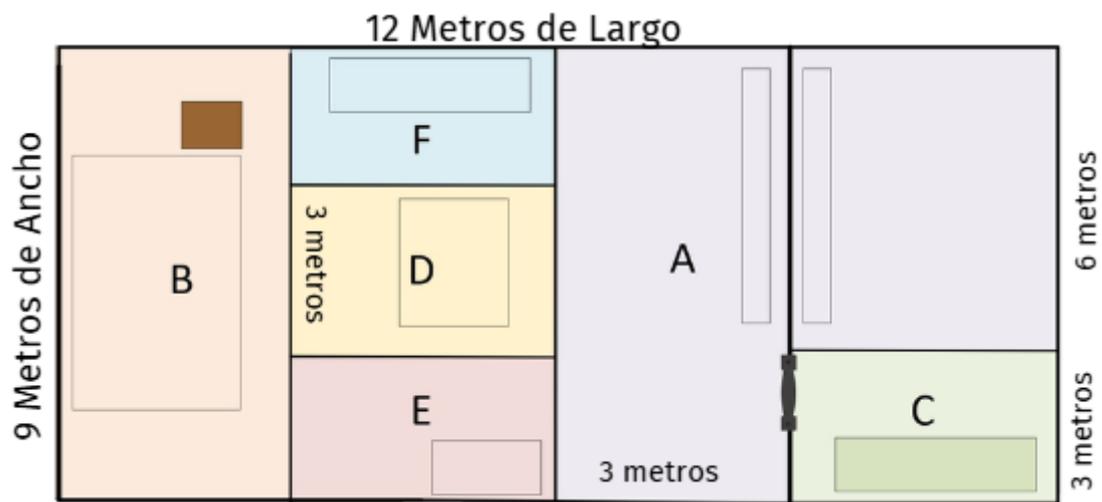


**Anexo 32: Antes y después del Poka Yoke en carpeta EAN14**



**Anexo 33: Asignación de departamentos en los procesos involucrados**

Proceso	Departamento	Área (m <sup>2</sup> )
Laminado y etiqueta EAN 13	B	27
Desperdicio	F	9
Embalaje y etiquetado EAN 14	D	9
Almacenamiento	E	9
Corte	A	45
Almacenamiento de etiquetas EAN 13	C	9

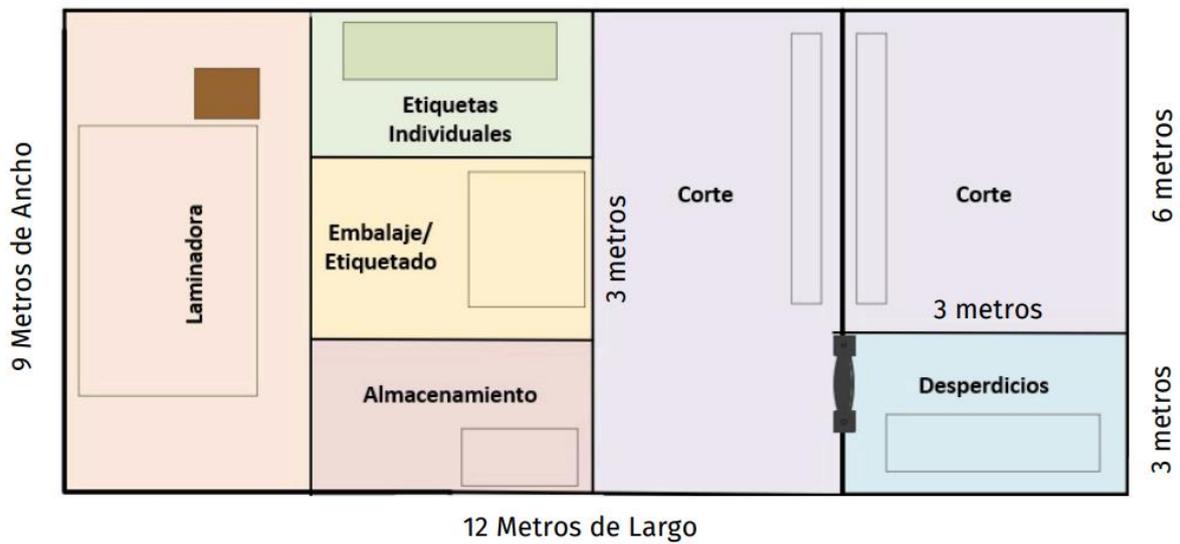
**Anexo 34: Distribución de la planta por sus departamentos****Anexo 35: Tabla de relación**

Letra	Calificación
A	64
E	16
I	4
O	2
U	0

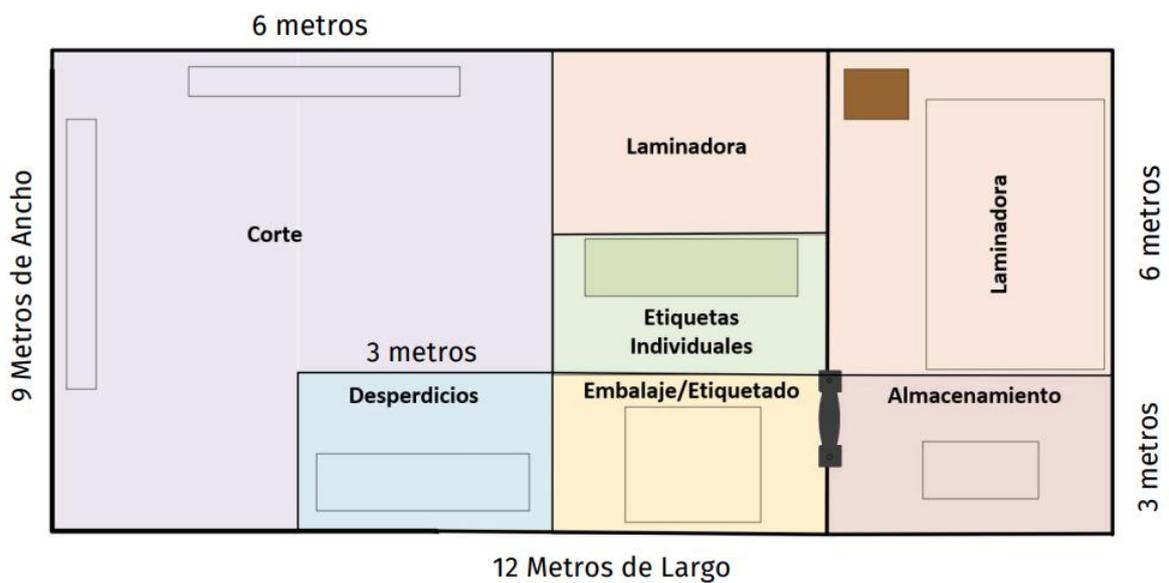
**Anexo 36: Matriz de relación entre departamentos**

	A	B	C	D	E	F
A	-	I	E	O	O	A
B		-	A	E	I	U
C			-	A	I	U
D				-	A	O
E					-	O
F						-

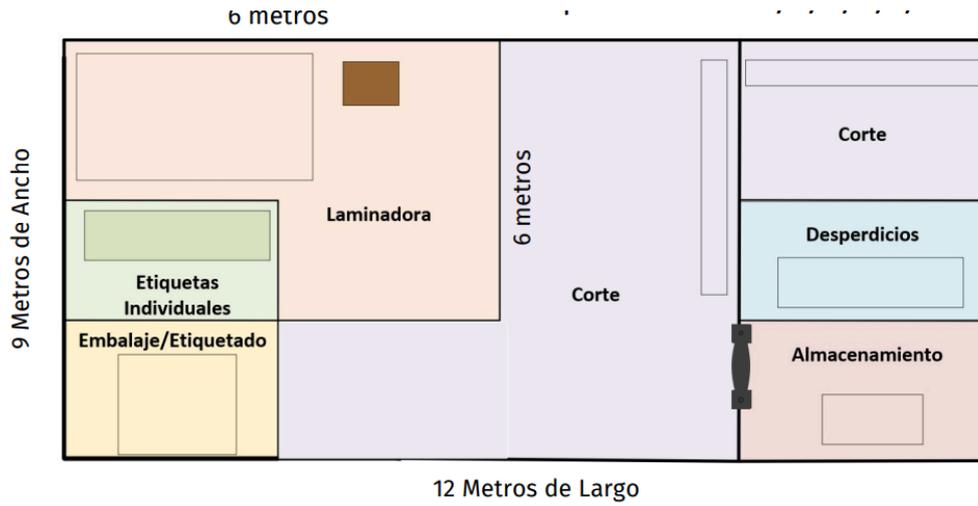
### Anexo 37: Alternativa 1 del nuevo Layout



### Anexo 38: Alternativa 2 Nuevo Layout



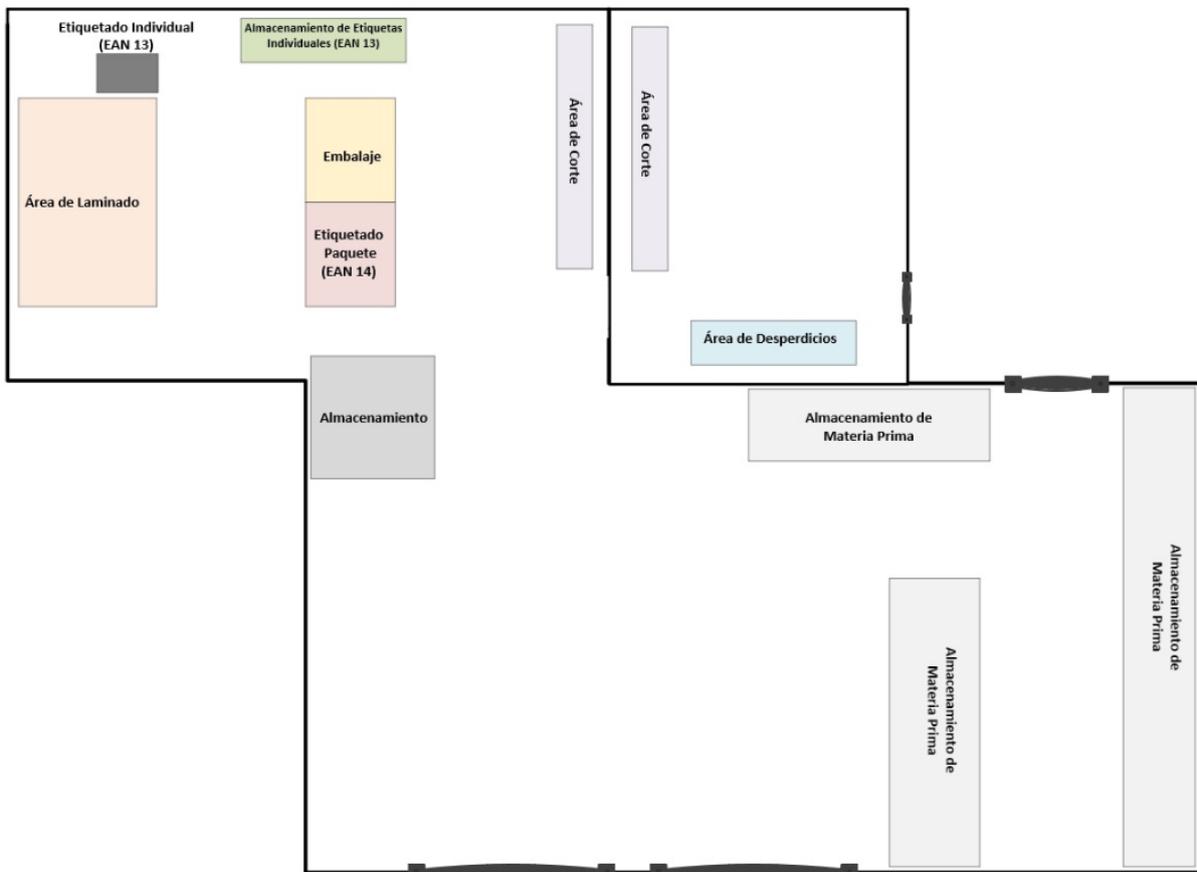
### Anexo 39: Alternativa 3 Nuevo Layout



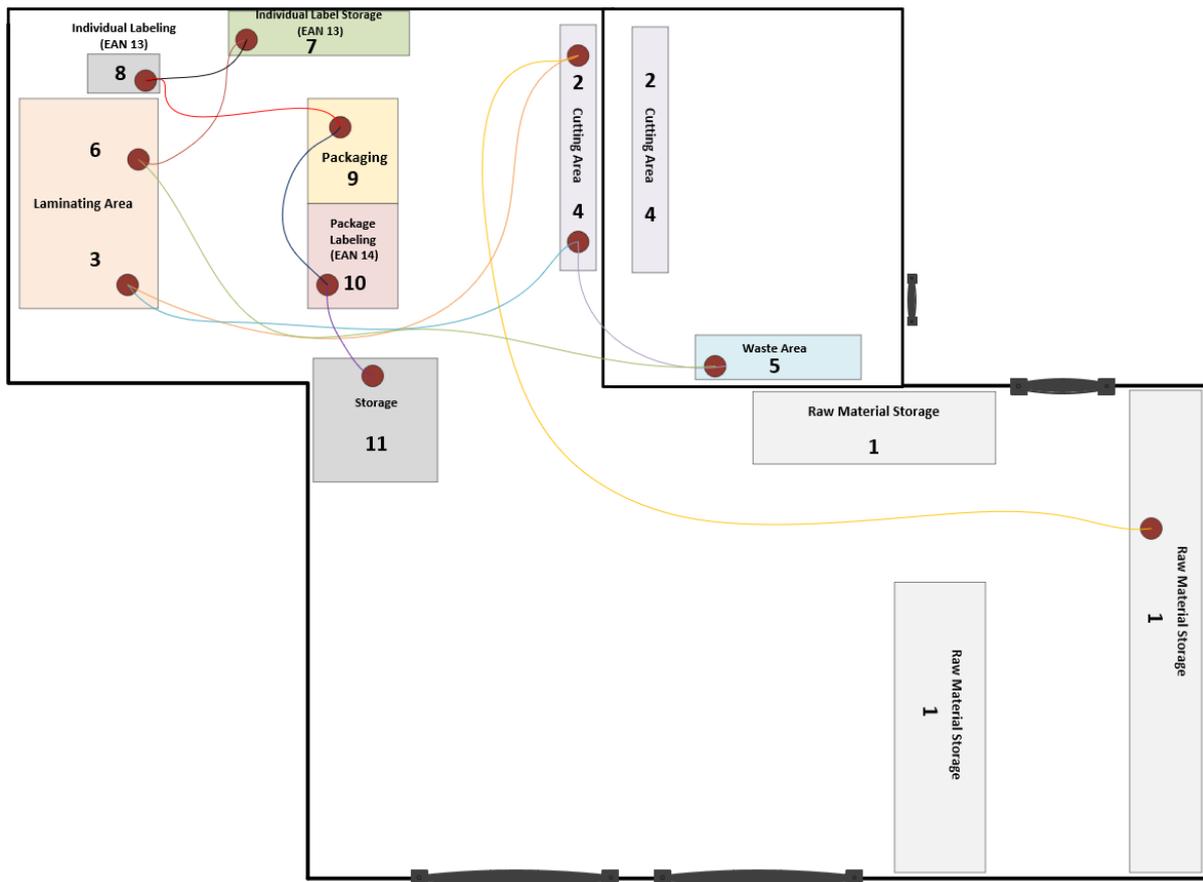
**Anexo 40: Comparación entre layouts**

	Layout 1	Layout 2	Layout 3
Costo total	\$ 50,00	\$ 1.700,00	\$ 1.300,00
Valor Z de maximización	296	282	202

**Anexo 41: Representación visual final del nuevo layout**



**Anexo 42: Diagrama de Spagueti con el nuevo layout**



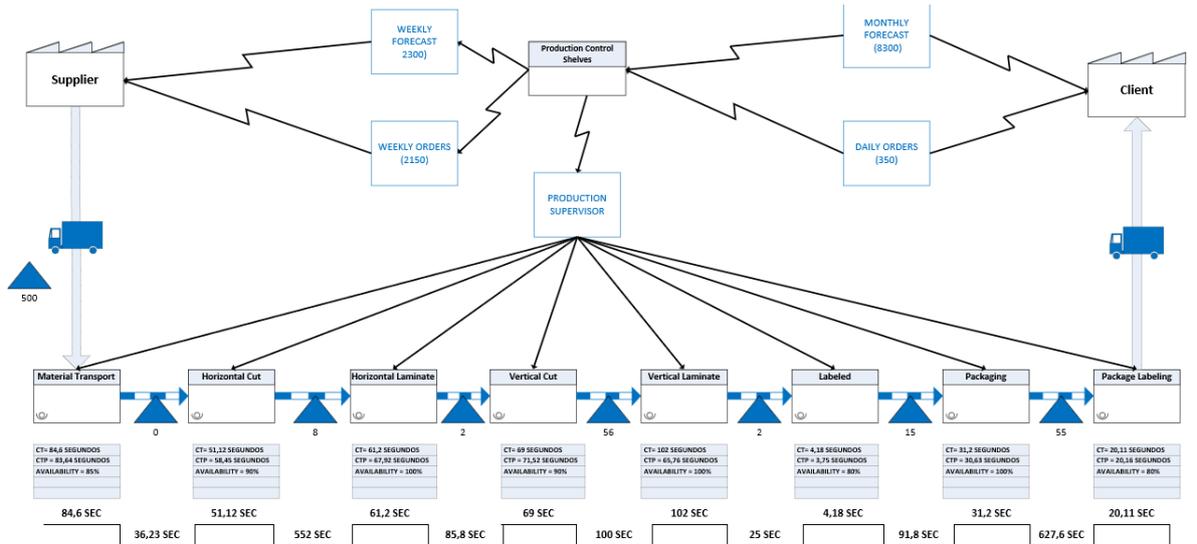
**Anexo 43: Resumen del tiempo y las distancias del nuevo recorrido**

Recorrido	Tiempo (s)	Distancia (m)
1 - 2	33,0	26,5
2 - 3	9,5	9,0
3 - 4	9,5	9,0
4 - 5	3,0	3,0
5 - 6	18,0	14,0
6 - 7	3,8	2,0
7 - 8	2,0	1,0
8 - 9	4,5	3,0
9 - 10	3,8	2,0
10 - 11	4,5	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>91,6</b>	<b>72,5</b>

**Anexo 44: Comparación del tiempo y distancia entre el layout anterior y el nuevo**

LAYOUT				
Anterior			Nuevo	
Tiempo (seg)	Distancia (m)	Tiempo (seg)	Distancia (m)	
<b>TOTAL</b>	111,8	90,5	91,6	72,5

**Anexo 45: Nuevo VSM**



**Anexo 46: Simulación en Flexsim**



**Anexo 47: Simulación del modelo anterior**



**Anexo 48: Simulación del nuevo layout**



**Anexo 49: Análisis de costos**

Herramienta	Costo (\$)
5's	25
Kanban de SKUs	60
Señal de Advertencia en la laminadora (poka-yoke)	2
Código de colores en el mueble etiquetado EAN13 (poka-yoke)	450
Separadores en la carpeta EAN14 (poka-yoke)	20

### Anexo 50: Capacitaciones



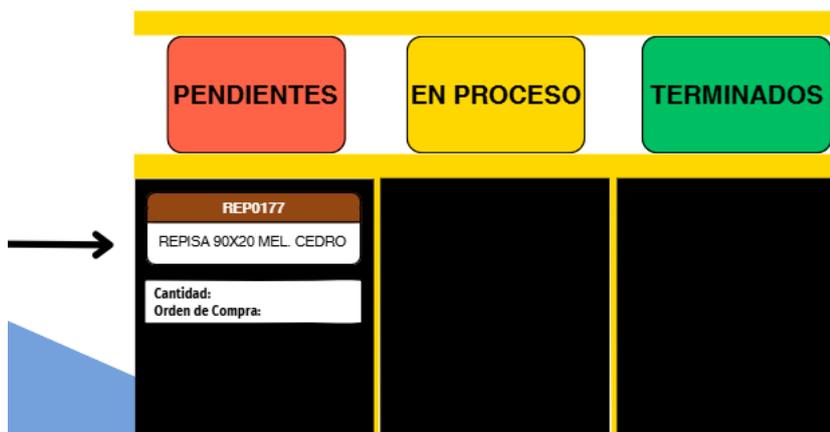
### Anexo 51: Manual de uso del Kanban



## 1 Escoger la tarjeta del SKU que se va a producir en el día



## 2 Colocar la tarjeta en la columna titulada "Pendientes"



### 3 Anotar el número de orden y la cantidad a producir del SKU



### 4 Cuando se empiece a producir, cambiar el SKU a la columna de "En Proceso"



- 5** Cuando se termine de producir en su totalidad, cambiar el SKU a la columna de "Terminado"



- 6** Colocar el número de SKUs necesarios, e ir moviéndolos conforme avancen en el proceso



**Anexo 52: Plan de control en base a la herramienta Hoshin Kanri**



### SERVQUAL para Evaluar la Satisfacción de los Trabajadores con las Mejoras Implementadas

#### Instrucciones

Por favor, califique cada afirmación usando la siguiente escala:

- 1 = Totalmente en desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Neutral
- 4 = De acuerdo
- 5 = Totalmente de acuerdo

El lugar de trabajo está más organizado y limpio, lo que me permite encontrar las herramientas y materiales más fácilmente. ( 5 )

El sistema de organización para las etiquetas, usando colores, hace que sea más rápido y fácil encontrar la correcta. ( 5 )

La señal en la laminadora me indica claramente lo que debo hacer, reduciendo la posibilidad de cometer errores. ( 5 )

Los cambios implementados han reducido los errores que antes ocurrían, como el mal etiquetado o la falta de etiquetas. ( 5 )

El nuevo tablero para gestionar los pedidos (Pendiente, En proceso, Terminado) funciona de manera consistente. ( 5 )

La nueva localización del mueble de etiquetado mejora el flujo de trabajo, haciéndolo más eficiente y reduciendo desplazamientos innecesarios. ( 5 )

Las nuevas herramientas y cambios me permiten trabajar de manera más rápida y sin interrupciones. ( 5 )

El lugar de trabajo ahora se siente más seguro gracias a la organización, el diseño de la planta y las señales claras en los equipos. ( 5 )

Las mejoras en el sistema de etiquetado han hecho que el proceso sea más preciso y seguro. ( 5 )

Las mejoras implementadas han sido pensadas para facilitar mi trabajo, haciendo que sea más cómodo y eficiente. ( 5 )

En general, estoy satisfecho(a) con las mejoras implementadas en la planta. ( 5 )

Las mejoras han hecho que mi trabajo sea más fácil, seguro y eficiente. ( 5 )