



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ingeniería de la Producción

Aplicación de los principios *Lean*, para la mejora continua. Caso aplicado

Imporsopapel.

Trabajo previo a la obtención del grado académico de Ingeniero de Producción.

Autores: Isaac Josué Calderón Flores, Rafael Eduardo Rodas Landy

Director: Dr. Sc. Jonnatan Avilés

Cuenca-Ecuador.

Año: 2025

Dedicatoria.

Dedico este paso más en mi vida a mi familia, a mi papá, mamá, hermana, cuñado y a mi perrita. Ellos han sido un ejemplo de superación, humildad, sacrificio y dedicación. Siempre han estado a mi lado brindándome fortaleza y apoyo.

Isaac Calderón Flores

Dedico este trabajo a mi familia, mis padres Diego, Jeaneth, por ser mi apoyo y soporte a lo largo de toda mi vida, han sido mi ejemplo de superación. Por las palabras de alivio y calma ante situaciones complejas y estresantes y el sacrificio que han realizado para que pueda terminar este proceso. A mis hermanos Sofia y José por ser mis compañeros de vida, por su constante acompañamiento, preocupación y su apoyo incondicional.

A mis queridos amigos Doménica, Juan y Tatiana que han sido mis acompañantes a lo largo de toda mi vida universitaria, me han permitido experimentar una de las mejores etapas de mi vida y son el mejor regalo que la universidad me pudo dejar. Por las experiencias compartidas, los buenos y malos momentos que vivimos juntos y el futuro desafiante y prometedor que nos depara como profesionales.

A mí por el constante esfuerzo, la dedicación y perseverancia que he demostrado a lo largo de este proceso que significa un gran paso dentro de mi vida personal y profesional.

Rafael Eduardo Rodas Landy.

Agradecimiento.

A las personas que me han acompañado y brindado sus experiencias, que me han enseñado que siempre existe la posibilidad de cambiar, que nunca hay que rendirse y que hay que luchar y defender las ideologías de cada uno.

Agradezco al Dr. Sc. Jonnatan Avilés, por su guía y sus aportes que han permitido llegar a nuevos conocimientos.

Así también agradezco a mi compañero de tesis por su esfuerzo y dedicación logramos finalizar este proyecto de la mejor forma posible.

Isaac Calderón Flores

En primer lugar, a toda mi familia pues han tenido gran influencia en mi vida, por su guía, sabiduría y consejos que me han permitido convertirme en quien soy hoy en día. Por inculcarme los valores que han sido el faro que ha marcado el camino a seguir dentro de mi vida. A mis padres por su inigualable esfuerzo por verme triunfar, por su confianza en mis capacidades, por sus abrazos en los momentos felices y su hombro para llorar en los momentos tristes.

Agradezco a mis amigos del colegio quienes a pesar de las circunstancias han sabido permanecer a mi lado acompañándome toda mi vida y demostrando su lealtad día a día. A mis amigos, que hoy son como hermanos, Juan, Doménica y Tatiana por ser quienes han alegrado mi vida universitaria. Convirtieron a la universidad en uno de mis lugares favoritos gracias a sus risas, bromas, anécdotas y todas las experiencias compartidas que han creado una amistad sin igual, por saber escuchar y aconsejar. A mi mejor amiga Emilia por ser mi confidente, por su apoyo y compañía durante todos estos años.

Al Dr. Sc. Jonnatan Avilés, por su guía a lo largo de este trabajo y por su dedicación y esmero demostrados para que este trabajo salga bien. A los docentes de la Universidad del Azuay, en especial a Jonnatan, Ana, Damián, Sebastián y Julio por su sabiduría, por buscar nuevas formas de compartir conocimiento, por su acompañamiento y preocupación para garantizar un aprendizaje de calidad y memorable.

A todas las personas que han estado en mi vida a lo largo de esta etapa pues me han permitido crecer y aprender a través de su permanencia en mi vida.

Al Ing. Paúl Soto por abrirnos las puertas de Imporsopapel y brindarnos todo lo necesario para poder desarrollar este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi amigo Isaac Calderón pues sin él este proyecto no se habría podido completar, gracias por tu esfuerzo y dedicación para desarrollar este trabajo con excelencia.

Rafael Eduardo Rodas Landy

Resumen:

Mediante la implementación de principios Lean para mejora continua, este estudio presenta la optimización del proceso productivo de hojas A4 de la empresa Imporsopapel. Aplicando herramientas como VSM, 5'S, SMED y Snap-Picture se desarrolló el diagnóstico inicial detectando varias oportunidades de mejora en la estandarización de procesos, layout y orden de la planta basándose en los 7 desperdicios Lean. A través de simulaciones en ProModel se presentan tres escenarios de mejora para abordar las deficiencias encontradas. Los resultados muestran reducciones de los tiempos de ciclos y aumento en la productividad de la planta. La diferencia con el estado del arte actual se basa en un enfoque cuantitativo del impacto de estas herramientas a través de validaciones estadísticas y de modelación de simulación.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Mejora Continua, Simulación ProModel, Procesos productivos, Herramientas Lean, Reducción de desperdicios, Optimización operativa.

Abstract:

Through the implementation of Lean principles aimed at continuous improvement, this study presents the optimization of the A4 sheet production process at the company Imporsopapel. Tools such as VSM, 5S, SMED, and Snap-Picture were employed to conduct an initial diagnosis, revealing several opportunities for improvement in process standardization, plant layout, and workplace organization, based on the identification of the seven types of Lean waste. Using ProModel simulations, three improvement scenarios were developed to address the detected deficiencies. The results demonstrate a reduction in cycle times and an increase in plant productivity. In contrast to existing literature, this study adopts a quantitative approach to evaluating the impact of Lean tools through statistical validation and simulation modeling.

Key words: Lean Manufacturing, Continuous improvement, ProModel Simulation, Production Processes, Lean Tools, Waste Reduction, Operational optimization.

Índice de Contenidos:

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.	ii
Resumen:.....	iv
Abstract:.....	iv
Introducción:	1
Revisión Literaria:	1
<i>Lean Manufacturing.....</i>	<i>2</i>
<i>Mapeo de la Cadena de Valor:</i>	<i>3</i>
<i>Single Minute Exchange Dies (SMED):.....</i>	<i>4</i>
<i>Snap-Picture:</i>	<i>4</i>
<i>Desperdicios:</i>	<i>4</i>
5 “S”:.....	5
<i>Diagrama de Spaghetti:</i>	<i>6</i>
<i>Cuestionario de análisis de situación inicial:.....</i>	<i>6</i>
Métodos.	7
Análisis de Situación Inicial.	9
<i>Cuestionario de Análisis de Situación Inicial.</i>	<i>9</i>
<i>Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping) VSM.</i>	<i>10</i>
<i>Snap-Picture y 5’S.....</i>	<i>14</i>
<i>Single Minute Exchange Dies (SMED).</i>	<i>17</i>

<i>Diagrama de sphagetti</i>	20
Resultados y discusión	21
<i>VSM Futuro</i>	21
<i>Simulación de escenarios a travez de ProModel</i>	24
<i>Layout optimizado</i>	28
Conclusiones y Recomendaciones	29
Lista de referencias	32
Anexos:	34

Índice de tablas:

Tabla I: Revisión Literaria.....	2
Tabla II: 7 Desperdicios Lean	5
Tabla III: Análisis de Mudass8	8
Tabla IV: Tiempo de Ciclo por Proceso	11
Tabla V: Snap-Picutre, Planta de Producción.....	15
Tabla VI: Snap-Picture, Empaquetado	16
Tabla VII: Resumen SMED Impresión	17
Tabla VIII: Resumen SMED Corte.....	18
Tabla IX: Resumen SMED Perforado	18
Tabla X: Resumen SMED Conteo.....	19
Tabla XI: Resumen SMED Enfundado	19
Tabla XII: Resumen SMED Agrupado	20
Tabla XIII: Resumen SMED Empaquetado	20
Tabla XIV: Tiempos de Ciclo.....	22
Tabla XV: Escenarios Simulados	25
Tabla XVI: Resultados de los Escenarios Simulados	25

Índice de figuras, gráficas y/o imágenes:

Ilustración I: Roadmap	7
Ilustración II: VSM Actual	13
Ilustración III: VSM Futuro	23
Ilustración IV: <i>Simulación en ProModel.</i>	24
Ilustración V: <i>Utilización de los Operarios</i>	26
Ilustración VII: Utilización de las Zonas de Trabajo	28

Introducción:

Imporsopapel es una empresa cuencana dedicada a la distribución y venta de productos de papelería e insumos de oficina que cuenta con más de 20 años de presencia en el mercado local. Gracias a su crecimiento, la empresa inició la importación, producción y venta de artículos de su propia marca llamada “OffiSOT” cuyo portafolio de productos cuenta con hojas perforadas, cuadernos, esferos, juegos geométricos, gomas, entre otros.

Actualmente Imporsopapel ha iniciado la producción de hojas de papel en diferentes tamaños y grabados, así como la producción de rollos térmicos, químicos y bond. Sin embargo, dichos procesos productivos no se han definido de manera clara y concisa, no tienen tiempos de producción y la planta funciona con procedimientos establecidos sobre la base de la experiencia de sus dueños. Tras una visita para el mapeo de la cadena de valor se encontró que flujo productivo no está estandarizado y el cuello de botella y sus alrededores tienen una alta probabilidad de generación de datos atípicos en el tiempo de ciclo.

Dentro de los productos que fabrica la empresa en su planta productiva, se eligió cómo producto estrella a las hojas/refilles A4 en base el criterio del gerente de la empresa. Para identificar la situación inicial de la empresa se utilizó un mapeo de la cadena de valor, Snap-Picture, 5 ”S”, y un cuestionario de análisis de situación inicial en el cual se entrevistó al gerente de la empresa. Se encontraron diferentes problemas en los procesos productivos en torno a los 7 desperdicios Lean causados por procesos no estandarizados y deficiencia en la señalización del layout. Este artículo científico se va a centrar en la mejora de los 7 desperdicios Lean y la mejora del indicador clave de rendimiento tiempo.

Revisión Literaria:

Para la revisión literaria realizada se revisaron 28 documentos relacionados a la implementación de herramientas Lean tratando de mantener concordancia con el sector

industrial de la empresa. Se revisó base teórica, metodología ejecutada y las herramientas implementadas de cada una de las fuentes. Finalmente, se escogieron los mejores documentos para desarrollar la siguiente tabla, que señala el tema de interés relacionado con la implementación de herramientas Lean y un resumen.

Tabla I: Revisión Literaria.

Autor	Tema	Resumen
(Willis, 2017)	Lean Manufacturing, Mapeo de la cadena de Valor.	Lean es una filosofía que busca eliminar lo que no agrega valor para el cliente. El mapeo de cadena de valor muestra el flujo de material e información de una empresa.
(Monden, 2012)	Lean Manufacturing, 5'S.	Las claves del TPS son Just-in-Time y automatización para reducir defectos. 5'S es un método para disminuir la inactividad en las plantas
(Fam et al., 2018)	Mapeo de cadena de valor	Herramienta visual que, mediante el uso de íconos, permite observar el cuello de botella y las mudas.
(Avilés et al., 2016)	Snap-Picture.	Herramienta apoyada en la fotografía para identificar elementos fuera de lugar.
(Vásquez, 2021)	SMED.	Realizar el tiempo de cambio en menos de 10 minutos.
(Cardona, 2013)	SMED, Desperdicios	El tiempo de cambio es el tiempo entre la producción de la última pieza de un producto a otro sin errores. Cualquier elemento que tenga un costo a la empresa y no genere algún tipo de ganancia.

Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing es una filosofía que nace del modelo de la empresa japonesa Toyota llamado *Toyota Production System (TPS)*. También conocida como manufactura esbelta, esta filosofía busca la eliminación de desperdicios en los procesos, suprimiendo actividades que no agregan valor desde la perspectiva del cliente enfocándose en la optimización y mejora continua del sistema productivo de las empresas (Willis, 2017).

Por ende, los objetivos del Lean Manufacturing son la eficiencia mediante la eliminación de los residuos o desperdicios, tiempos de producción cortos, altos niveles de servicios, óptimos niveles de inventarios, calidad más alta posible (Willis, 2017).

Como señala Monden (2012) existen dos claves del TPS. La primera es el sistema *Just in Time (JIT)* que se basa en la producción en cantidades necesarias y en el tiempo correcto. Por su parte la segunda clave es la automatización para evitar defectos. En base a estas claves Monden desarrolló el marco de trabajo del TPS (Anexo 1) con el que explica como implementar las herramientas que soporten el sistema.

Dentro del marco de este trabajo, se contempla la aplicación de herramientas presentes en la base del diagrama mencionado que son las mejoras a través de actividades en grupo, para generar propuestas para reducción de tiempo de “setup” y estandarización del trabajo.

Mapeo de la Cadena de Valor:

Es una metodología que muestra tanto el flujo de material como la información que la empresa tiene para un producto o familia de productos en específica, además, ilustra mediante indicadores factores importantes como el tiempo de ciclo, el porcentaje de calidad, entre otros (Willis, 2017).

Esta herramienta permite identificar oportunidades para empezar a aplicar mejora continua debido a que permite la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo productivo (Gómez, 2023).

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta que utiliza distintos tipos de íconos que permiten visualizar todo el sistema productivo; dentro de las dos principales ventajas de esta herramienta se tiene que se usa para entender todos los tipos de desperdicio en la cadena de valor y permite observar de manera holística que pasos se pueden tomar para eliminar desperdicio (Fam et al., 2018).

Single Minute Exchange Dies (SMED):

SMED es una herramienta que reduce los tiempos de cambio o preparación de una máquina, en base a esto se eliminaría o disminuiría el tiempo de paro en las máquinas (Rojas & Gisbert, 2017). Las operaciones en las que se puede aplicar SMED son las siguientes: operaciones de montaje y desmontaje, operaciones de manufactura, operaciones de ajuste y calibración, fabricación de piezas y operaciones para el surtido de materiales. Esta herramienta tiene como objetivo final la reducción de tiempo hasta conseguir el cambio en menos de diez minutos (Vásquez, 2021).

El tiempo de cambio se entiende como el tiempo que pasa desde que sale la última pieza sin errores del lote anterior hasta que sale la pieza sin errores del siguiente lote tras el cambio. Y debido a que el tiempo de cambio se mejorará se podrá producir varios modelos o productos el mismo día en la misma máquina o en la misma línea (Cardona, 2013).

Esto permite reducir el volumen de lote de producción y la cantidad de inventario, se minimiza el tiempo de preparación que permite usarlo como tiempo productivo y con ello la flexibilidad mejoraría y en base a esto la capacidad de responder a la demanda del cliente aumentará (Bartolo & Rivera, 2023).

Snap-Picture:

Esta herramienta usa fotografías para capturar aquellos aspectos que estén fuera de lugar. Para identificarlos se los señala con algún color visible y se los designa entorno a los siete desperdicios Lean. Además, se puede utilizar como base para la aplicación de las 5's debido a que permite mostrar una comparación visual entre la situación pasada y la actual (Avilés et al., 2016).

Desperdicios:

Un desperdicio (muda) es cualquier elemento que consuma recursos como materiales, horas de trabajo, partes y exceda el mínimo de equipo para producir algo que no agrega valor al

cliente, al proceso o para la meta final de la empresa que es ganar dinero. Por ende, un desperdicio es una deficiencia que afecta a los ingresos de la empresa (Cardona, 2013).

Tabla II: 7 Desperdicios Lean

Tipo de muda	Definición
Sobreproducción	Iniciar la producción antes de tener un requerimiento del cliente.
Transporte	Movimientos que no son esenciales.
Esperas	Momentos en los que el operario espera un elemento necesario o deja la maquina operar.
Inventarios	Exceso de stock de materia prima, WIP o producto final.
Productos defectuosos	Producción que no cumple estándares de calidad y causa el uso de recursos adicionales no esenciales.
Movimientos innecesarios	Movimiento del personal dentro de su estación del trabajo que no es vital para el proceso.
Reprocesos	Actividades generadas por errores que reducen la productividad de la empresa por no ejecutar bien el proceso la primera vez.

Fuente: Elaboración propia a partir de aportes de (Cardona, 2013).

5 “S”:

Monden (2012) señala que 5’s s un método que se debe utilizar para disminuir la inactividad en las plantas. A lo largo del tiempo, muchos tipos de suciedad se pueden presentar en las plantas como exceso de inventario WIP, exceso de defectuosos, herramientas innecesarias, documentos y reportes no indispensables, etc. 5’s se basa en limpiar toda esa suciedad para tener las cosas necesarias, en el tiempo y cantidad necesarias.

Al implementar 5’s los niveles de calidad, lead time y los costos pueden ser mejorados siempre que las mudas de las plantas sean disminuidas de manera efectiva.

Las 5’s provienen de las siguientes palabras japonesas:

1. *Seire (Clasificar)*: Es separar claramente las cosas necesarias de las innecesarias y eliminar las últimas.
2. *Seiton (Ordenar)*: La traducción literal es dejar las cosas de una manera atractiva, en el marco de las 5’s significa arreglar los materiales de una manera en la que todos puedan encontrarlas de manera rápida.

3. *Seiso* (Limpiar): Limpiar y mantener aseo durante todo el tiempo.
4. *Seiketsu* (Estandarizar): Mantener de manera constante el progreso alcanzado con las anteriores 3's.
5. *Shitsuke* (Disciplina): Lograr que los trabajadores adquieran el hábito de siempre cumplir este proceso (Monden, 2012).

Finalmente, para que las 5's sean efectivas los trabajadores deben tener el hábito de mantener las cosas indispensables al alcance de sus manos y repetir el proceso de 5's siempre (Monden, 2012).

Diagrama de Spaghetti:

Es una herramienta de mapeo y análisis de situación inicial que busca exponer los desperdicios del proceso, así como aquellos recorridos que no agregan valor. Esta herramienta se la realiza mediante muestreo continuo de tiempo en el cual se verifica, anota y expone con líneas en el layout el flujo del material o de las personas (Martínez et al., 2015).

Cuestionario de análisis de situación inicial:

Un análisis de situación inicial es un proceso de examinación metódico, detallado e integro de información de interés externa e interna que sea relevante para elaborar planificaciones a largo, mediano y corto plazo con el fin de disponer de recursos y preparar los procedimientos necesarios para ejecutar una acción estratégica. Tiene dos grandes propósitos: identificar y analizar aspectos con impactos significativos para la instauración de estrategias organizacionales y sistematizar información obtenida para ser usada como soporte en las planificaciones futuras y para planes de mejora continua (Coronel, 2018).

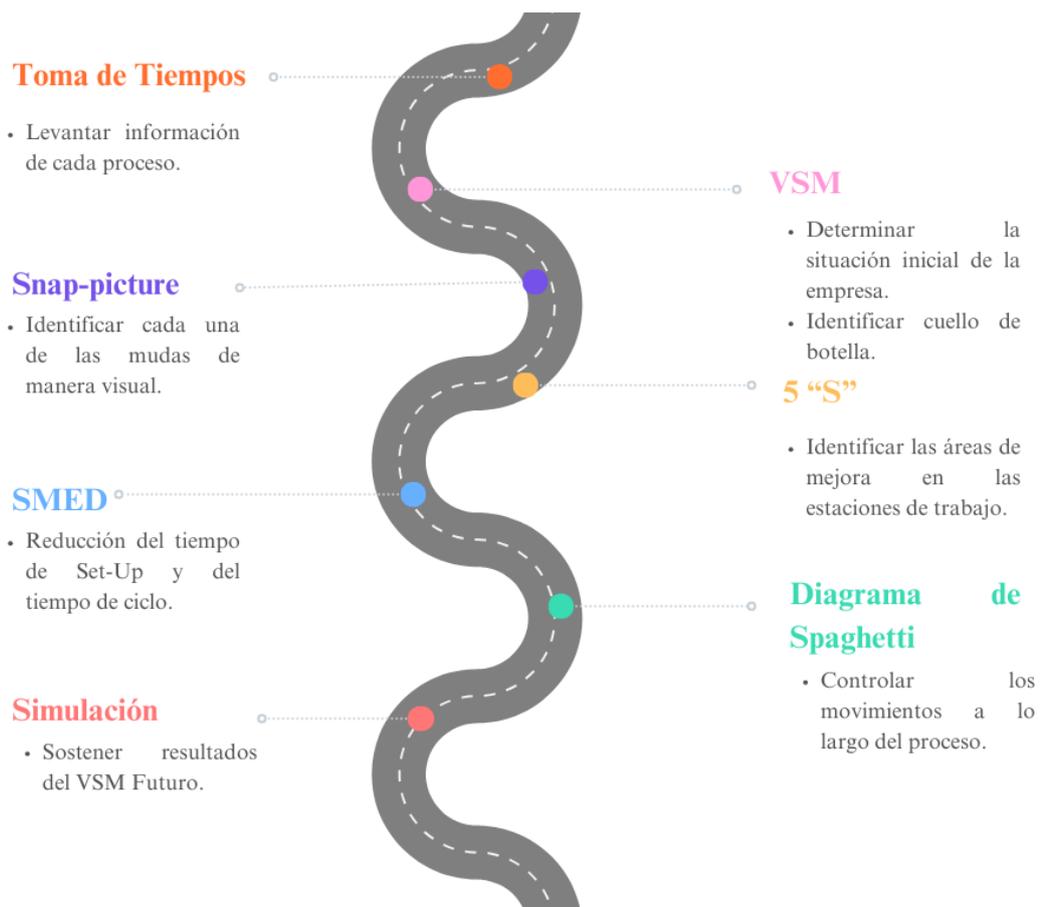
Según Coronel (2018), este análisis debe contener información de al menos los siguientes ámbitos empresariales: personal, productos y servicios, mercado, precio, instalaciones y recursos, economía y finanzas, información y comunicación, toma de decisiones, contingencias. El autor desarrolló un cuestionario de 45 preguntas que permiten obtener la

información necesaria en los ámbitos anteriormente mencionados, mismo que será utilizado para obtener la información necesaria de la organización.

Métodos.

El presente estudio sigue un tipo de investigación explicativa, experimental y transversal con una población, seleccionada a conveniencia, que es la línea de producción de refilles A4. Los datos fueron recolectados mediante fuentes primarias como medición de tiempos, cuestionarios y entrevistas y fuentes secundarias como artículos. El análisis de los datos recolectados es cuantitativo e interpretado mediante Excel, Rstudio y Promodel. El muestreo que se siguió fue de tipo estadístico-geométrico.

Ilustración I: Roadmap



Mediante el diagnóstico inicial realizado con la aplicación del VSM de la empresa, se identificaron las oportunidades de mejora en los distintos procesos analizados mediante la

aplicación de las herramientas SMED, 5'S, Snap-Picture centradas en las mudas. Se identificaron el impacto de las mudas en los procesos usando una escala numérica del 1 al 3 siendo 1 (bajo impacto), 2 (medio impacto) y 3 (alto impacto).

Tabla III: Análisis de Mudras

MUDA	1	2	3	Causa
Sobreproducción			X	No se tienen previsiones de demanda cuantitativas.
Transporte		X		Layout de la fábrica no optimizado.
Esperas	X			No se cuenta con planes de mantenimiento preventivo.
Inventarios			X	Exceso de inventario de producto en proceso (WIP) antes de cada estación de trabajo.
Productos defectuosos	X			Falta de mantenimiento preventivo, naturaleza del proceso de arranque, falta de estandarización del trabajo.
Movimientos innecesarios			X	Desorden el área de trabajo y falta de estandarización del trabajo.
Reprocesos	X			Falta de mantenimiento y estandarización del trabajo.

Para la obtención de los datos de la mejora esperada que se reflejan en el VSM futuro de la empresa, se realizó una simulación en ProModel. Se validó que el modelo programado genere resultados de lead time con una desviación menor al 2% de los datos reales. Se identificaron las distribuciones estadísticas de cada uno de los procesos y se planteó una reducción del tiempo de ciclo.

Se desarrollaron tres escenarios diferentes de mejora a partir del modelo base. En el primer escenario se aumentó un operario en el proceso de producción manteniendo el método de trabajo actual. En el segundo escenario, se simularon los procesos con una mejora en el tiempo de ciclo de cada proceso y el tercero es una mezcla de las dos mejoras anteriores. La implementación de la metodología Lean en las empresas puede alcanzar una mejora del Lead-Time de entre el 15 y 25% (Vargas et al., 2016).

Análisis de Situación Inicial.

Cuestionario de Análisis de Situación Inicial.

El cuestionario se realizó de manera presencial con el gerente general de la empresa siguiendo el cuestionario presentado en el Anexo 5.

En cuanto al personal, que es el primer aspecto que analiza el cuestionario, se puede evidenciar que, desde el punto de vista del gerente, la empresa si cuenta con el personal necesario para la producción, mismo que aumenta para la temporada alta de ventas. Se busca el desarrollo organizacional mediante la adquisición de máquinas para producir diferentes productos. Además, se cumplen con las remuneraciones de acuerdo con la ley, el tipo de maquinaria que manejan y la gerencia se mantiene abierta a dar anticipos.

Los servicios y productos que se ofertan por parte de la empresa son preferidos por los clientes gracias a las facilidades de pago, la entrega a domicilio, por la variedad de productos ofrecidos y la atención post-venta. Además, se han incorporado nuevas líneas de producción y se busca seguir incursionando en nuevos productos. Los productos que más utilidad dejan a la empresa son los rollos de punto de venta y los que menos lo hacen son las hojas perforadas.

En cuanto al mercado atendido y los clientes de la empresa, el gerente señaló que son papelerías, oficinas, universidades, colegios y escuelas que se ubican en la ciudad de Cuenca y cantones aledaños, Morona Santiago y Loja. Los clientes los prefieren por la confianza que brinda la trayectoria empresarial, se busca ingresar al mercado digital y dentro del mercado cuencano la empresa es una de las líderes del sector.

Las retribuciones se establecen según el tipo de producto, si es un producto fabricado se busca una utilidad mayor al 50%, si es un producto importado se busca el 50% y si es un producto comprado a nivel nacional se busca una utilidad aproximada del 25%. La revisión de los precios se hace de manera trimestral para productos fabricados y semanal para los productos

de distribución con el objetivo de mantener los precios dentro de los márgenes razonables según su calidad.

La empresa tiene conocimiento de sus equipos y busca soluciones técnicas cuando es necesario, pero enfrenta limitaciones de espacio, procesos desactualizados y falta de control formal sobre productividad y obsolescencia. Aunque se intenta automatizar, es necesario modernizar métodos y sistemas para optimizar la eficiencia y aprovechar mejor las instalaciones.

Debido a que la empresa tiene una buena liquidez y estructura capital esta puede reaccionar de manera ágil ante los cambios, sin embargo, enfrenta riesgos financieros como impagos, fluctuaciones en los precios de materia prima y cheques sin fondos. Los controles financieros están a cargo de un contador externo y existe un aumento en la rentabilidad en los productos de conversión, por otro lado, la distribución es estable por la competencia,

Se obtiene la información mediante una base de datos sobre materia prima y comentarios de los clientes, toda esta información es gestionada por el gerente. La relación costo-efectiva de la información es positiva, los sistemas de información son básicos debido a que no existen herramientas especializada para la producción.

Las decisiones las toman los cuatro accionistas, estos utilizan un enfoque subjetivo que varía según la situación y la información disponible. La mejora de la efectividad de estos procesos se la podría estructurar con criterios más objetivos en base a matrices de decisión.

La empresa carece de planes efectivos para cambios críticos en el personal, los servicios, mercado, entorno o tecnología, esto afecta la rentabilidad y expone riesgos operativos. Se recomienda implementar estrategias preventivas.

Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping) VSM.

Para el desarrollo del VSM de la empresa se inició definiendo la familia de productos estrella de la organización, los Refilles A4 son los productos más vendidos por lo que el análisis

de la información presentada se basa en su proceso productivo que se desarrolla en jornadas laborales de 8 horas diarias, 5 días a la semana. La materia prima principal de este producto llega a las bodegas alrededor de 105 días después de ejecutado el pedido de esta, con una desviación de 15 días. En las bodegas de la empresa se siguen políticas tipo FIFO (*First In First Out*).

La producción inicia con el proceso de impresión y pasa por los procesos de cortado, perforado, conteo, enfundado, agrupado y empaquetado cuyos tiempos de ciclo, porcentajes de calidad y observaciones se especifican en el diagrama. Para la validación de los tiempos se utilizaron tomas de tiempo con muestreo estadístico y un posterior análisis descriptivo tomando como referencia el SKU (*Stock Keeping Unit*) de una caja de 5000 hojas A4 (Véase **Anexo 3**). La siguiente tabla muestra un resumen de cada proceso con su respectivo tiempo de ciclo.

Mediante criterios sujetos a la experiencia en el mercado del gerente de la empresa se ha determinado que la demanda de estos productos es estacional. Esto se debe a que los meses mayo a septiembre presentan un pico elevando de ventas, para ello la empresa cambia su manera de trabajar según el período del año.

Tabla IV: *Tiempo de Ciclo por Proceso*

Proceso	Tiempo de Ciclo (Min)
Impresión	6
Cortado	4,28
Perforado	3,68
Conteo	12,54
Enfundado	10
Agrupado	3,33
Empaquetado	0,73

El proceso que limita el ritmo de producción de la planta es el conteo pues su tiempo de ciclo es de 12.54 minutos lo que lo convierte en el cuello de botella. Durante la toma de tiempos, se pudo observar que el operario encargado del conteo realizaba actividades externas al proceso lo que añade tiempo que no agrega valor al proceso productivo, genera retrasos en

la producción y distracciones en el operario pues se desplaza por diferentes lugares de la planta, además, no se cuenta con una secuencia de actividades clara. Como consecuencia, el tiempo de ciclo aumenta sin ser ocupado de manera eficiente pues el trabajador muchas veces descuida su puesto trabajo por cumplir las otras actividades.

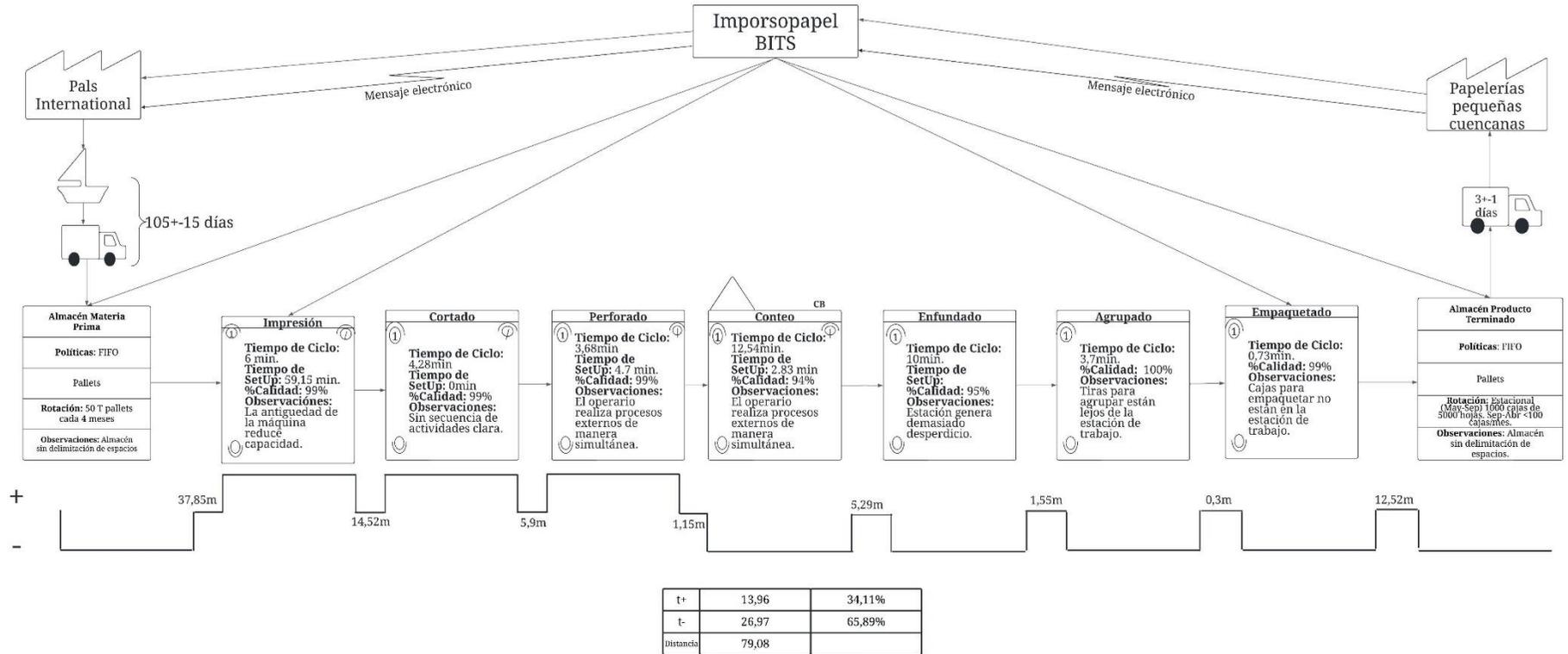
Teniendo en cuenta que este proceso es el limitante de la fábrica, el operario debería únicamente centrarse en su proceso productivo para evitar demoras significativas en la producción. Otro punto por resaltar es la necesidad de definir claramente la secuencia de actividades, pues para el conteo se ocupa una máquina y mientras la misma funciona el operario puede preparar la siguiente tanda de hojas en lugar de únicamente esperar sin hacer nada lo que haría que el tiempo de ciclo de esta estación se reduzca.

La empresa únicamente controla cantidades en los procesos de impresión y empaquetado verificando que la cantidad de materia prima ingresada en el primer proceso rinda aproximadamente lo mismo en producto terminado, sin embargo, la falta de control en los procesos intermedios imposibilita la detención de errores, malas prácticas y defectos que ocasionen la pérdida de producto.

Dentro de las dos estaciones de trabajo finales, la desorganización genera aumento en el tiempo productivo debido a que los insumos necesarios para completar estos procesos no se encuentran cerca de dichas estaciones, lo que hace que los operarios deban desplazarse para ejecutar las actividades de manera correcta. Ver Tabla 7.

En cuanto a la distribución de las actividades la empresa trabaja con tres operarios dentro de este proceso productivo. El primer operario este encargado de los procesos productivos de impresión y corte, el segundo operario realiza los procesos de perforado, conteo y agrupado, además, acomoda inventario WIP del proceso de enfundado en la estación de agrupado. Finalmente, el tercer operario está a cargo de los procesos de enfundado y empaquetado.

Ilustración II: VSM Actual



Snap-Picture y 5'S.

La tabla I del anexo 11 muestra la zona de impresión, dentro de ella se puede observar que existe acumulación de material que no tiene relevancia en el proceso, reduciendo el espacio. El apilado es incorrecto debido a que puede causar derrames de tinta. Además, existe falta de limpieza y no está clasificado el material.

La tabla VI, es en la zona de producción de refill A4, se observa un pallet que contiene una mezcla de distintos materiales. Comenzando por las cajas de producto terminado, seguido de un cinturón y una banda, continuando con una funda y materia prima. Este pallet reduce el espacio para transitar lo cual puede generar accidentes, cierto material debería estar en bodega y el resto en la basura.

En la tabla VIII, se observa la zona de perforado, la cual tiene distintos problemas relacionados con el inventario en exceso. Esto se da porque la empresa para cada proceso genera un stock previo a él y luego lo procesan; esto genera un inconveniente a nivel de movilidad porque estorba al transitar, además, existe el problema de que el cuello de botella no está siendo utilizado debido a que el proceso que lo alimenta está detenido. Para terminar, dentro de la zona hay material externo al proceso que puede distraer a los operarios.

La tabla II de anexo 11 es la zona de empaquetado y se ve que material está en una pila demasiado alta, lo cual puede generar accidentes, las orejeras industriales están colocadas en una zona que puede generar choques al caminar y están a baja altura. Las herramientas no están en una zona dedicadas a ellas sino están en la mesa sin ningún tipo de orden. Finalmente existe material acabado debajo de la mesa junto con cajas de producto terminado que no sirven, esto da paso a suciedad y reducción de espacio.

Tabla V: Snap-Picutre, Planta de Producción.



- E1: Material fuera del pallet, el pallet está mal ubicado en la planta
- E2: Material externo al proceso, perteneciente al operario.
- E3: Material externo al proceso, mezcla de materia prima con producto terminado y scrap.
- E4: Producto terminado, mal apilamiento.

Fecha: 18/09/2024	Realizado por: Isaac Calderón	Lugar/Máquina: Planta de Producción	Lámina: 2 de 4
Hora: 9:30 a.m	Digitado por: Isaac Calderón		

Tabla VI: Snap-Picture, Empaquetado



E1: Sobre apilamiento de inventario, riesgo de derrumbe de las torres de hojas.

E2: Ubicación incorrecta, material externo al proceso.

E3: Falta de limpieza y orden, mezcla de desperdicios, producto terminado y WIP en una mala ubicación.

E4: Ubicación incorrecta. Producto terminado en un lugar que no corresponde.

Fecha: 18/09/2024	Realizado por: Rafael Rodas	Lugar/Máquina: Área de	Lámina: 3 de 4
Hora: 9:30 a.m	Digitado por: Rafael Rodas	empaquetado	

Single Minute Exchange Dies (SMED).

Otra herramienta utilizada para el diagnóstico de la situación inicial de la empresa fue SMED cuyo objetivo es eliminar y/o reducir las actividades internas y externas de los procesos para así optimizarlos y maximizar el porcentaje de actividades externas dentro de los mismo. En este caso se analizaron seis de los siete procesos porque el proceso de impresión es automatizado y la intervención humana se hace antes de iniciar dicho proceso como preparación y calibración de la máquina. Para la revisión a detalle de las actividades realizadas en cada uno de los procesos revisar Anexo 4.

La preparación y calibración de la máquina de impresión es un proceso realizado por una sola persona. En la muestra analizada, el tiempo empleado fue de 59.15 minutos. Las actividades internas se desarrollaron en un total de 26.45 minutos, representando un 44.72% del total del tiempo del proceso. Por su parte, las actividades externas se ejecutaron en un tiempo de 26.47 minutos lo que significa un 44.75% del tiempo total del proceso. Finalmente, este proceso tuvo esperas que en total sumaron 6.23 minutos, es decir un 10.53% del tiempo total de la preparación y calibración de a máquina de impresión. Este proceso es ejecutado por una sola persona puesto que es la única en la planta que sabe cómo operar y calibrar de manera correcta la máquina utilizada.

Tabla VII: Resumen SMED Impresión

TIEMPO TOTAL	59.15	Min
$\Sigma(-)$	26.45	Min
$\Sigma(+)$	26.47	Min
$\Sigma(\Delta)$	6.23	Min
$\%(-)$	44.72%	
$\%(+)$	44.75%	
$\%(\Delta)$	10.53%	

Nota:

Actividad Interna (-): La máquina o servicio se debe de detener para ejecutarse.

Actividad Externa (+): La máquina o servicio no se detiene para ejecutarse.

Esperas (Δ): Tiempo de paro de las máquinas hasta que estén listas para operar.

El proceso de corte analizado se ejecutó en 10.1 minutos para el corte de 1600 pliegos, cada uno con 9 hojas, dando como resultado 14 400 hojas A4 luego del corte. Un total de 9.57 minutos del proceso son destinados a actividades internas, es decir, en un 94.75% del tiempo se desarrollan actividades en los que la máquina de corte está detenida. Por otra parte, solamente 0.53 minutos fueron destinados a actividades externas donde la máquina operaba como tal, es decir un 5.25% del tiempo. La naturaleza del proceso, así como la falta de la definición clara de la secuencia de actividades hace que las actividades internas se lleven gran parte del proceso lo que presenta una gran oportunidad de mejora.

Tabla VIII: Resumen SMED Corte.

TIEMPO TOTAL	10.1	minutos
$\Sigma(-)$	9.57	minutos
$\Sigma(+)$	0.53	minutos
%(-)	94.75%	
%(+)	5.25%	

Dentro del proceso de perforado se analizó un total de 4.45 minutos para el perforado de 655 hojas. Las actividades internas se ejecutaron en un total de 3.9 minutos, es decir, el 87.64% del tiempo y las actividades externas fueron el 12.36% del tiempo total, por lo tanto, se realizaron en 0.55 minutos. Cabe recalcar que el operario que realiza este proceso también brinda apoyo al proceso de enfundado para acomodar el inventario generado en el lugar adecuado para el proceso de agrupado.

Tabla IX: Resumen SMED Perforado

TIEMPO TOTAL	4,45	Min
$\Sigma(-)$	3,9	Min
$\Sigma(+)$	0,55	Min
%(-)	87,64%	
%(+)	12,36%	

En un total de 2.83 minutos se contaron 1600 hojas. Las actividades internas de este proceso se realizaron en 1.33 minutos, es decir 47.06% del tiempo y en 1.5 minutos se ejecutaron las actividades externas que representan el 52.94% del tiempo. Al ser este el proceso que limita la producción de la planta, el operario encargado su ejecución debería únicamente centrarse el conteo de hojas, sin embargo, en la medición de tiempo se pudo constatar que el operario también se dedicaba a acomodar el inventario del proceso de enfundado.

Tabla X: Resumen SMED Conteo.

TIEMPO TOTAL	2,83	Min
$\Sigma(-)$	1,33	Min
$\Sigma(+)$	1,5	Min
%(-)	47,06%	
%(+)	52,94%	

En el proceso de enfundado fue analizado en la transformación de un paquete de 50 hojas que tomo un total de 0.133 minutos. Las actividades internas y externas dentro de este proceso se ejecutaron en un tiempo igual de 0.0667 minutos por lo que cada una representa el 50% del proceso. El proceso tiene poca dificultad por lo que está optimizado.

Tabla XIII:

Tabla XI: Resumen SMED Enfundado

TIEMPO TOTAL	0,133	Min
$\Sigma(-)$	0,0667	Min
$\Sigma(+)$	0,0667	Min
%(-)	50,00%	
%(+)	50,00%	

El proceso de agrupado se desarrolló en 0.36 minutos en los que se agruparon y encintaron 10 paquetes de 50 hojas cada uno, dando como resultados, un grupo de 500 hojas A4. Para este proceso el porcentaje de actividades internas fue de 53.61%, es decir, 0.193 minutos y las actividades externas ejecutadas en 0.167 minutos que representan un 46.39%.

Tabla XII: Resumen SMED Agrupado

TIEMPO TOTAL	0,36	Min
$\Sigma(-)$	0,193	Min
$\Sigma(+)$	0,167	Min
%(-)	53,61%	
%(+)	46,39%	

El último proceso analizado fue el empaquetado mismo que tuvo un tiempo de 0.90 minutos para empaquetar una caja de 5000 hojas A4. Dentro de este proceso las actividades externas son el 72.22% del proceso y las actividades internas son el 27.78 % que representan 0.65 y 0.25 minutos respectivamente.

Tabla XIII: Resumen SMED Empaquetado

TIEMPO TOTAL	0,9	Min
$\Sigma(-)$	0,65	Min
$\Sigma(+)$	0,25	Min
%(-)	72,22%	
%(+)	27,78%	

Diagrama de sphagetti.

Para el desarrollo de esta herramienta, se analizaron a dos operarios encargados de los procesos para la fabricación del producto analizado en un tiempo de análisis de 1 hora y 30 minutos.

En el diagrama realizado al operario encargado del proceso de enfundado (Anexo 6), se puede observar que el operario está en su estación la mayor parte del tiempo, esto se debe a que el proceso está al límite de su capacidad, por ende, es el recurso de capacidad limitada. Los movimientos para destacar son el transporte del producto semielaborado a la zona de empaquetado y la recolección de la materia necesaria para el proceso.

En el diagrama realizado al operario encargado de los procesos de conteo, agrupado y empaquetado (Anexo 7) se evidencia el recorrido del operario en diferentes estaciones de

trabajo, debido a que realiza diferentes actividades de apoyo en el proceso productivo como acomodar los paquetes de hojas del proceso de enfundado en la estación de agrupado. Además, se traslada entre las estaciones de conteo y enfundado pues, debe trasladar el producto en proceso en pequeñas tandas para evitar la caída del material y posterior reproceso de conteo. Debido a al exceso de inventario de producto en proceso presente en la planta, el operario se desplazó a lo largo del proceso para alcanzar las hojas a contar pues el espacio designado para este tipo de material está ocupado con otro producto. Finalmente, a lo largo del tiempo de análisis el operario fue una vez al baño.

Resultados y discusión.

VSM Futuro.

Para la obtención de resultados, se simuló el proceso productivo mediante ProModel planteando tres escenarios diferentes a la situación actual de la empresa. En el primero de ellos se plantea añadir una persona que realice las mismas actividades del segundo operario con el fin de agilizar el ritmo de trabajo.

En el segundo escenario, se propuso una mejora del 15% en el tiempo de ciclo de todos los procesos, que se alcanzaría luego de la aplicación de las herramientas Lean: estandarización de trabajo, 5'S y SMED. Finalmente, el tercer escenario plantea la reducción de los tiempos de ciclo y la adición de una persona para apoyar en los procesos productivos bajo el cargo del segundo operario.

Para la representación gráfica de los resultados mediante el VSM futuro, que se presenta en la ilustración III, se utilizaron los datos de la simulación del segundo escenario planteado porque es el que mejor se adapta al método de trabajo de la empresa.

Tras la propuesta de implementación de herramientas Lean se puede hacer una proyección en el cual se planifican las posibles reducciones de los siete desperdicios y la mejora en el tiempo de ciclo para cada uno de los procesos involucrados. Esta proyección se dio a través del

VSM Futuro en el cual se identifican las áreas de oportunidad de mejora y se plantearon tres herramientas.

SMED, se centró en la reducción de los tiempos de preparación de la máquina para cambiar de un producto como en el proceso de impresión. Además, se lo utilizó para analizar las actividades de cada proceso. Segundo, trabajo estandarizado, que fue centrado en la realización de procedimientos óptimos y en base a los problemas de variabilidad que presenta el cuello de botella en su tiempo de ciclo. Y tercero, 5”S” la mejora del puesto de trabajo para una zona limpia, organizada y segura. Esta mejora se aplicó en todo el proceso productivo y sobre todo en la mesa de agrupado y empaquetado.

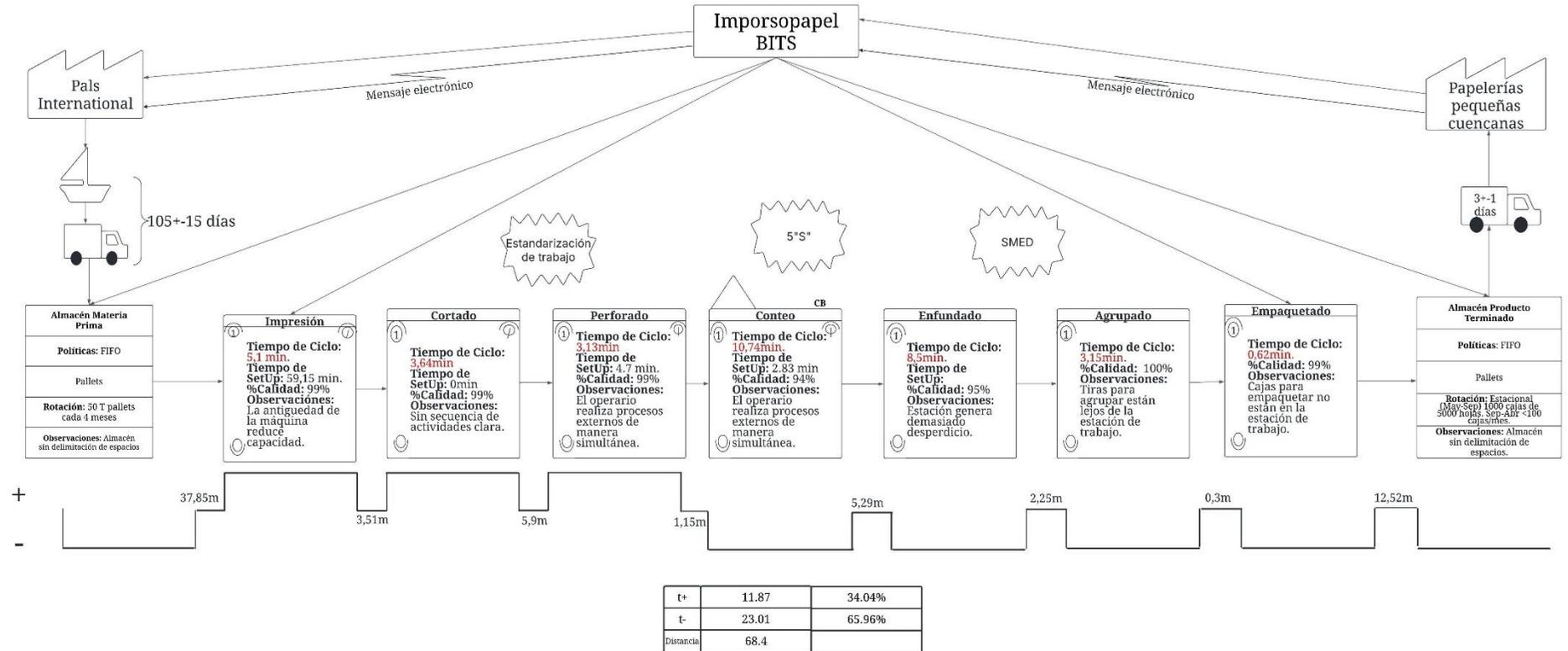
Tabla XIV: Tiempos de Ciclo

Proceso	Tiempo de Ciclo Actual (Min)	Tiempo de Ciclo Futuro (Min)
Impresión	6	5,1
Cortado	4,28	3,68
Perforado	3,68	3,13
Conteo	12,54	10,74
Enfundado	10	8,5
Agrupado	3,33	3,15
Empaquetado	0,73	0,62

Vásquez (2021) evidenció, mediante un VSM futuro, que la aplicación de herramientas Lean en un proceso de despacho, redujo tiempos de ciclo y permitió la disminución de desperdicios, movimientos y transporte a lo largo de una planta productiva lo que permitió un aumento en la capacidad de atención a nuevos pedidos.

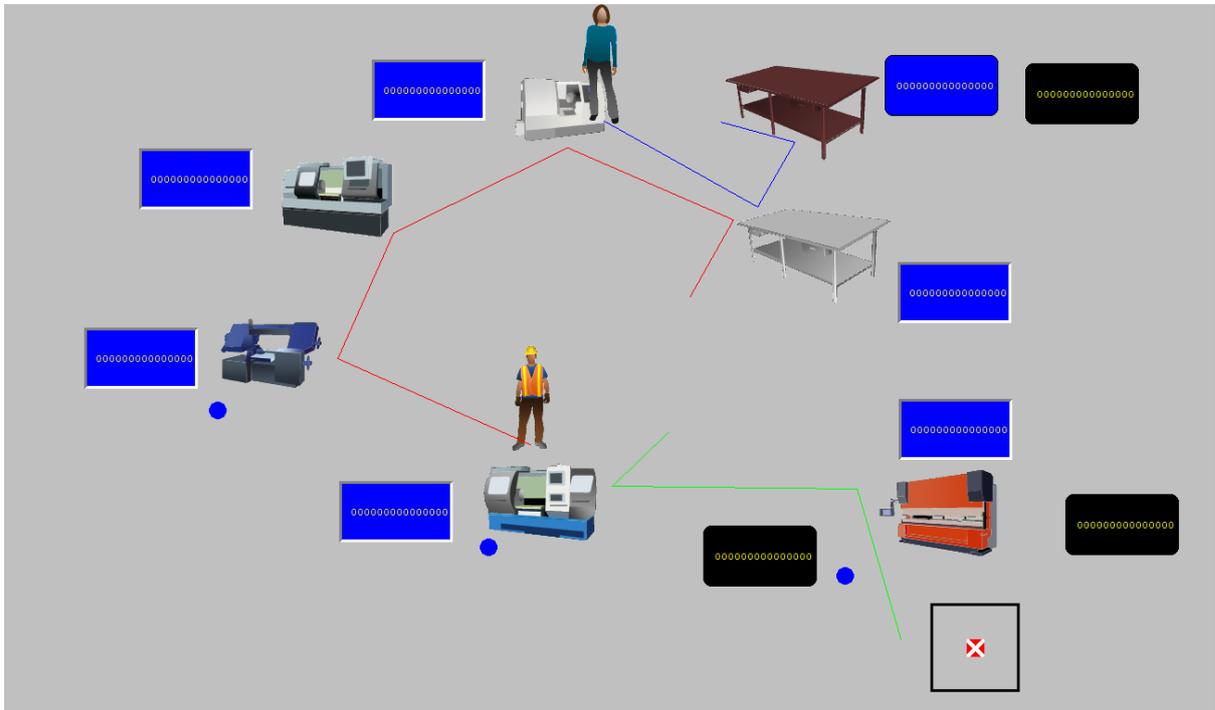
Por su parte (Cardona, 2013), evidenció que aplicar herramientas Lean en un proceso dentro de una empresa editorial permitió reducir tiempos de ciclo en actividades de impresión con la aplicación de SMED alcanzando una mejora del 30%, aumentando la disponibilidad de las máquinas, reduciendo tiempos de entrega y aumentando la flexibilidad del sistema.

Ilustración III: VSM Futuro



Simulación de escenarios a través de ProModel.

Ilustración IV: *Simulación en ProModel.*



Dentro de esta tabla, se puede observar las distintas mejoras que se dan por la implementación de las herramientas Lean. Primero, se encontró que todos los procesos con excepción de la impresión y del enfundado siguen una distribución estadística Log normal (L); la impresión es una distribución Uniforme (U) y el enfundado si bien sigue una distribución Binomial-Negativa se utilizó la distribución Poisson (P) debido a que el programa de Promodel versión estudiantil no posee esa distribución para modelarla. Además, este análisis se orientó en segundos porque al pasar a minutos todos los datos quedaban en un rango de 0 a 1 y se cambiaba a distribución Beta.

Para Martínez et al. (2015), si bien es un contexto clínico él usa un software para evaluar la aplicabilidad de una propuesta de mejora Lean. Estos resultados generaron mejoras importantes en los tiempos de atención y de espera de los pacientes, las mejoras y la reducción de variabilidad por el trabajo estandarizado y las 5S”.

Tabla XV: Escenarios Simulados

Variable	Situación actual	Operario Extra	Mejora de Tiempos	Mejora de tiempos y operario extra
T IMP	U(6, 6.3) min	U(6, 6.3) min	U(5.1, 5.355) min	U(5.1, 5.355) min
T COR	L(4.28, 0.745) min	L(4.28, 0.745) min	L(3.638, 0.745) min	L(3.638, 0.745) min
T PER	L(3.68, 2.037) min	L(3.68, 2.037) min	L(3.128, 2.037) min	L(3.128, 2.037) min
T CON	L(12.54, 6.01) min	L(12.54, 6.01) min	L(10.744, 6.01) min	L(10.744, 6.01) min
T ENF	P(600) sec	P(600) sec	P(510) sec	P(510) sec
T AGR	L(3.7, 0.855) min	L(3.7, 0.855) min	L(3.145, 0.855) min	L(3.145, 0.855) min
T EMP	L(0.73, 0.1817) min	L(0.73, 0.1817) min	L(0.6205, 0.1817) min	L(0.6205, 0.1817) min
NUM OP	1	2	1	2

La comparación de los valores obtenidos en la simulación se presenta en la siguiente tabla. Se muestran dos parámetros sumamente importantes, el tiempo promedio que pasa una unidad en el sistema y el total de salidas generadas. La situación inicial demuestra que existen 396 salidas y en promedio cada una pasa alrededor de 40.88 minutos en el sistema. El escenario que mejor resultados ofrece es la combinación de ambas mejoras pues genera un total de 762 salidas con un tiempo promedio de permanencia en el sistema de 34.98 minutos lo que evidencia un aumento en la productividad en la planta productiva.

Según Rojas & Gisbert (2017) el aumento en la productividad de una empresa genera una optimización y disminución de los tiempos de fabricación de hasta el 25% lo que a su vez puede generar una mejora en otros indicadores como costos de producción, inventarios y costos de calidad.

Tabla XVI: Resultados de los Escenarios Simulados

Escenario	Réplica	Total Salidas	Tiempo En Operación Promedio (Min)
Situación actual	\bar{x}	396	40.88
Situación actual	S	13	0.40
Operario Extra	\bar{x}	672	40.63
Operario Extra	S	16	0.36
Mejora de Tiempos	\bar{x}	460	34.92
Mejora de Tiempos	S	7	0.28

Mejora de tiempos y operario extra	\bar{x}	762	34.98
Mejora de tiempos y operario extra	S	15	0.24

El presente gráfico compara los resultados obtenidos en torno al porcentaje de utilización de los operarios tras la simulación de los escenarios anteriormente explicados. La situación actual se evidencia de color azul y refleja que el operario número dos pasa el 86.59% del tiempo ocupado mientras los operarios 1 y 2 tiene un porcentaje de utilización de 48.34% y 45.28% respectivamente.

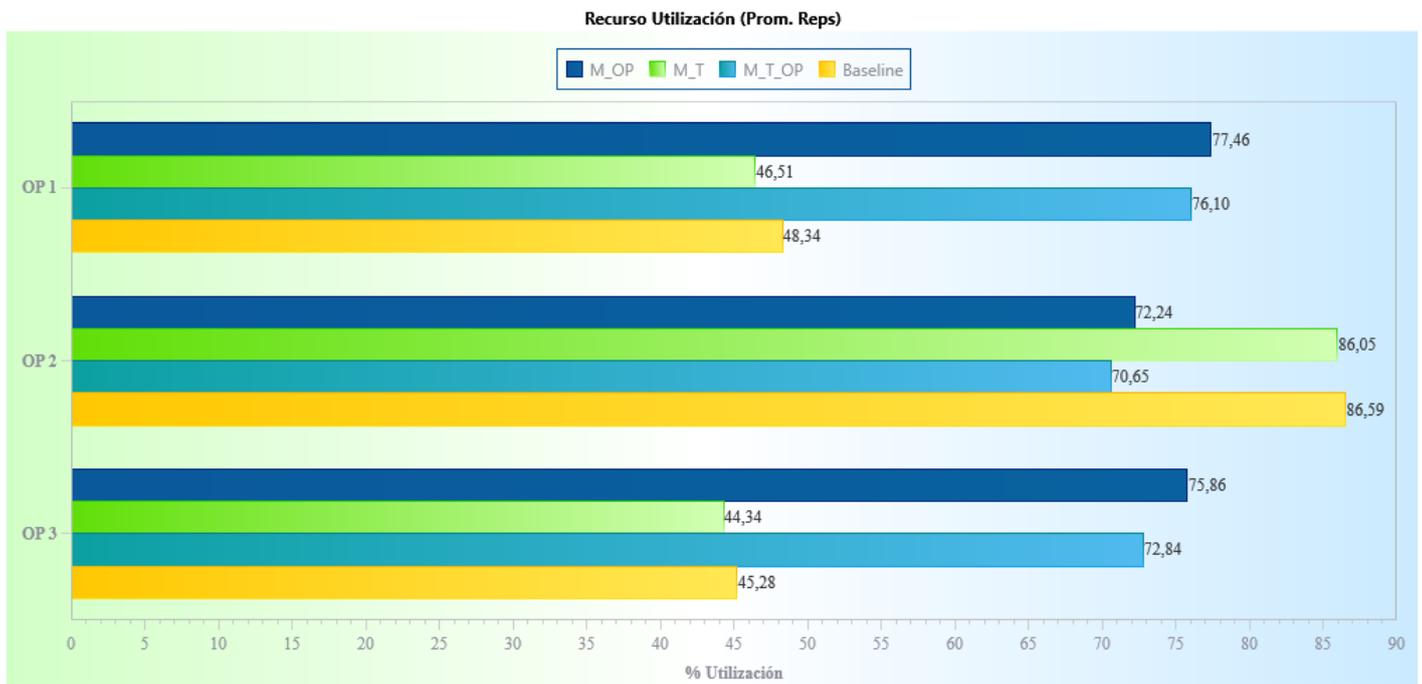
Cuando se aumenta un operario, los datos se reflejan de color verde y demuestran una nivelación en el porcentaje de utilización de su tiempo alrededor del 75% pues al aumentar un operario a las actividades que generan más carga esta se distribuye de mejor manera entre todos los operarios.

En el tercer escenario, la mejora de tiempos genera resultados que se repesetan de amarillo y demuestra que aplicar unicamente esta mejora no tiene mayor incidencia en el porcentaje de utilización de los operarios.

Finalmente, la combinación de las dos mejoras se muestra de rojo, refleja una nivelación en torno al 75% de utilización de los operarios, sin embargo, en esta ocasión existe una mayor diferencia entre los demás operarios y el operario 1.

Por su parte, Fam et al. (2018) establecen que se debe buscar eliminar el desequilibrio en la planta para eliminar desperdicios como consecuencia. Dentro de los escenarios simulados, se demuestra que la adición de un operario contribuye notablemente a una distribución de cargas más equitativas dentro de la planta por lo que se también se impactaría en la reducción de desperdicios.

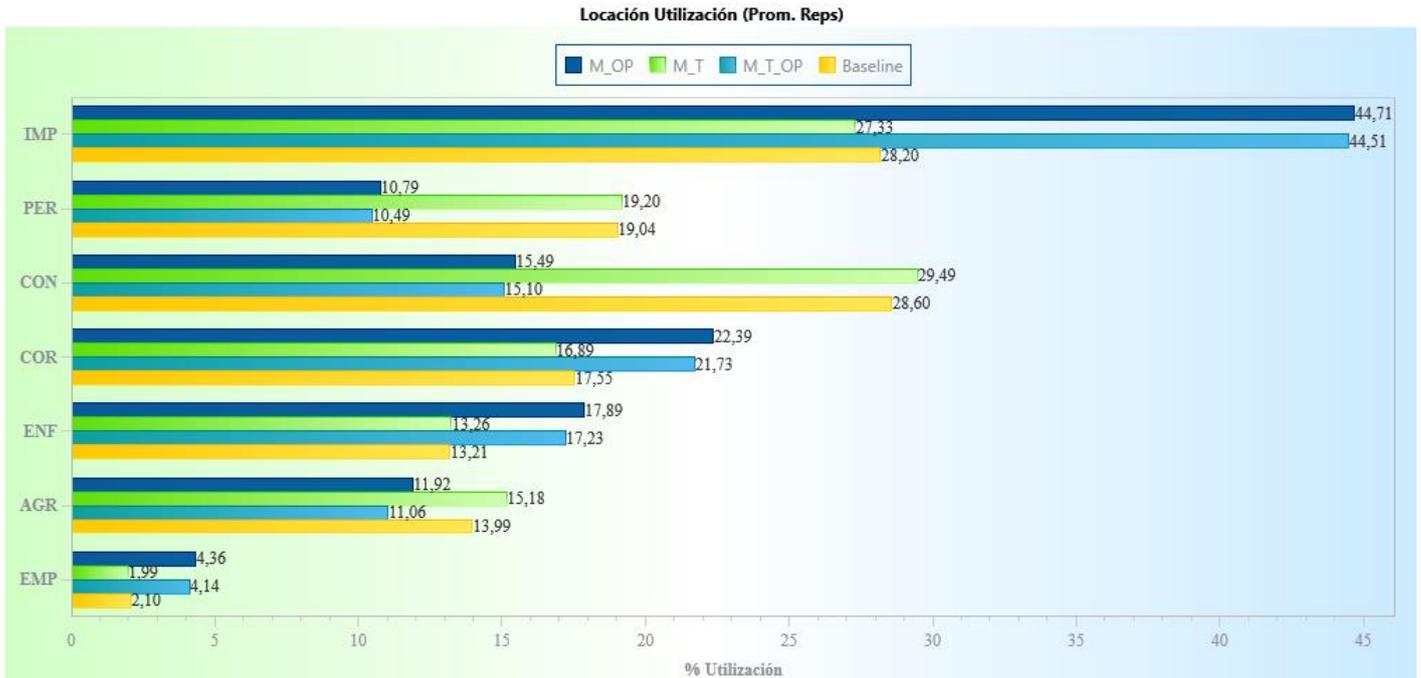
Ilustración V: Utilización de los Operarios



Dentro de los resultados que arroja la simulación, se tiene el % de utilización de cada puesto de trabajo donde se evidencia cada simulación desde la base hasta el mejor escenario. Primero el cuello de botella es el conteo en la actualidad, tras la mejora de agregar un operario se dispara la utilización de la impresora y esta se convierte en el cuello de botella junto con el recurso de capacidad limitada, el conteo. Segundo, tras la mejora de tiempos por las herramientas Lean la utilización del conteo aumenta, pero sigue siendo el cuello de botella.

Finalmente, tras la implementación de las 2 mejoras, la capacidad instalada se vuelve el recurso limitante debido a que con la inclusión de un operario más se observa que la utilización en el perforado y en el conteo bajan por ende el problema radica en la máquina de impresión. Según Cardona, (2013), tras la implementación de la técnica SMED se incrementó la disponibilidad de la máquina en la operación de impresión en un 37%.

Ilustración VII: Utilización de las Zonas de Trabajo



Layout optimizado.

Finalmente, como propuesta de mejora se desarrollaron optimizaciones al Layout de la planta de producción. Se realizó un levantamiento del Layout actual (Anexo 8) y a partir del mismo se realizó la propuesta de optimización (Anexo 9). En primer lugar, se evidenció que la ubicación de la máquina de impresión afecta al flujo aumentando innecesariamente la distancia recorrida por los operarios por lo que se propone rotar la misma para que el producto impreso pueda ser manejado de una manera más ágil.

Así mismo, la falta de señalización de zonas para la ubicación de inventario WIP genera acumulación de material en pasillos y zonas de circulación, así como presencia de materiales ajenos al proceso productivo que entorpecen el mismo. Es por esto, que se propone la correcta delimitación de espacios de inventario WIP para cada estación de trabajo, mismo que deben contener únicamente materiales pertinentes del proceso productivo que se esté ejecutado.

Dentro de las bodegas, no existe una clara diferenciación entre zonas de almacenamiento de materia prima y de producto terminado lo que genera un aumento de tiempo en la búsqueda de materiales por lo que, dentro del layout propuesto se diferencié de manera clara las zonas para cada tipo de material almacenado. De esta manera, se mantendrá un orden de almacenamiento y se evitarán desperdicios relacionados a movimientos innecesarios y esperas.

Vásquez (2021) y Cardona (2013) comentan que tras la identificación de movimientos innecesarios, y la ubicación de áreas inutilizadas se puede aplicar herramientas Lean como SMED para conseguir una cercanía de herramientas y materiales o realizar una prueba piloto para demostrar una reducción en el número de movimientos del personal. Estas herramientas logran una optimización de espacio y una reducción de los tiempos de preparación.

Conclusiones y Recomendaciones.

La implementación de herramientas Lean de primera generación ayuda a la reducción de los 7 tipos de desperdicios planteados por esta filosofía de producción. Además, permite generar un levantamiento correcto de la situación inicial de la empresa evidenciando de manera visual los problemas dentro de la planta productiva e identificando los procesos que limitan la capacidad de los sistemas mediante evidencia estadística. Así mismo, permite identificar las oportunidades de mejora sentando las bases del ciclo de mejora propio de la empresa.

La medición de tiempos y distancias junto con el análisis estadístico de los datos permitieron un correcto análisis de situación inicial evidenciado en el VSM. De esta manera, se pudo identificar al proceso de conteo como cuello de botella. Gracias a herramientas visuales como Snap-Picture, se demostró que los principales problemas de la planta eran la desorganización general y la falta de limpieza de las estaciones de trabajo disminuyendo la eficiencia de los procesos.

Tras realizar entrevistas a los dueños de los procesos se encontraron tres puntos clave. Primero y más importante, el mantenimiento es completamente correctivo lo que genera paras

en la producción del cuello de botella. Segundo, la ergonomía se puede mejorar mediante la optimización del proceso, evitando movimientos excesivos. Por último, el ambiente y las condiciones laborales se pueden mejorar, los conflictos personales entre los operarios y la falta de aislamiento térmico en la planta dificultan el trabajo normal. Ver Anexo 10.

Para iniciar con los primeros pasos de la optimización del cuello de botella, se deben aplicar herramientas como estandarización de trabajo y SMED que permitirían una reducción del 15% en el tiempo de producción general dentro de la planta. De esta manera, se podrá aumentar la capacidad de producción puesto que actualmente el limitante de la planta es la falta de delimitación clara de las actividades de trabajo.

Se recomienda realizar un manual de procesos y un plan de mantenimiento en base a las entrevistas realizadas a los dueños de los procesos. Además, para el proceso de implementación es recomendable seguir una planificación por etapas y combinarlo con un programa de capacitación sobre mejora continua para lograr un correcto funcionamiento de las herramientas.

Uno de los principales desafíos que puede enfrentar Imporsopapel al implementar las propuestas Lean es la falta de comprensión de la filosofía como tal. Esto debido a que usar esta corriente filosófica va más allá de aplicar las herramientas propuestas, busca comprender la idea de mejora continua en la que se basan y cambiar la cultura organizacional a largo plazo.

A partir de los resultados obtenidos tras la simulación en ProModel y el conocimiento del contexto de la organización se concluye que, el mejor escenario es el que propone la mejora de tiempo de producción aplicando herramientas Lean cuando la demanda sea baja por la estacionalidad de la familia de productos analizada. Sin embargo, durante el período del año de alta demanda, se debe aumentar un operario más al sistema para satisfacer la demanda del mercado.

El análisis por simulación condujo a la elección del mejor modelo operativo. Se observó un salto importante en el aprovechamiento de los recursos y un aumento en la capacidad productiva de la planta. Estos avances fueron consecuencia directa de la suma de un nuevo operario al equipo y de las optimizaciones logradas mediante la implementación de herramientas Lean.

Adicionalmente, se identificó que el proceso de conteo era el cuello de botella original, situación generada por una considerable falta de uniformidad y estandarización en dicho proceso.

Para la mejora de la distribución Poisson en el proceso de enfundado, Cardona (2013) comenta que para reducir el número de interrupciones y lograr un cambio en el parámetro lambda se recomienda utilizar herramientas como Poka-Yoke que podrían reducir la probabilidad de errores, afectando la distribución del tiempo de proceso.

Finalmente, se recomienda establecer indicadores de desempeño y seguimiento porque son elementos cruciales para asegurar el éxito y la sostenibilidad de cualquier implementación de Lean Manufacturing. Deben tener un enfoque de calidad, por ejemplo, el porcentaje de defectuosos por lote de producción, de mantenimiento, como la disponibilidad de las máquinas y de control de producción comparando la producción planificada y la producción final. La información generada gracias a estos indicadores permitirá mejorar los procesos mediante una toma de decisiones con base estadística.

Lista de referencias.

- Avilés, J., Smith, N. R., & Sawhney, R. (2016). Decision Making Method to Select Team Members Applying Personnel Behavior Based Lean Model. *koreascience*, 15(3), 215–223. <https://doi.org/10.7232/iems.2016.15.3.215>
- Bartolo, L. A., & Rivera, C. A. (2023). Lean Manufacturing para incrementar la productividad de la línea de bolsas en una empresa papelera TESIS [Tesis de Grado, UNIVERSIDAD RICARDO PALMA]. En *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA* (Vol. 13, Número 1). <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/3c53a509-49b9-4fcb-b802-a8c5db6ec048>
- Cardona, J. (2013). *MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS EDITORIALES* [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21397>
- Fam, S., N., I., Yanto, H., Prastyo, D., & B, L. (2018). LEAN MANUFACTURING AND OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE) IN PAPER MANUFACTURING AND PAPER PRODUCTS INDUSTRY. *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)*, 12(Vol 12 No 1(2) (2018)), 461–474. <https://jamt.utem.edu.my/jamt/article/view/4305>
- Gómez, M. S. (2023). *Aplicación de la filosofía Lean Manufacturing. Caso de estudio: Gráficas Gómez Imprenta & Publicitarios* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/13311>
- Lozada, W. (2017). *Diseño de un modelo de mejora para la reducción del tiempo de producción de una empresa gráfica con el uso de herramientas del Lean Manufacturing* [Tesis de grado, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621437>
- Martínez, P., Martínez, J., Nuño, P., & Cavazos, J. (2015). Mejora en el Tiempo de Atención

al Paciente en una Unidad de Urgencias Mediante la Aplicación de Manufactura Esbelta
Improvement of Patient Care Time in an Emergency Department through the Application
of Lean Manufacturing. *Nova scientia*, 26(6), 187–198. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600019>

Rojas, P., & Gisbert, V. (2017). *LEAN MANUFACTURING: HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS*. 116–124. <http://dx.doi.org/10.17993/3comp.2017.especial.116-124>

Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). Lean Manufacturing ¿ una herramienta de mejora de un sistema de producción? Steadiness approach and change approach in perspective of industrial engineer . Exploratory study on decisional propensity. *redalyc*, 17, 174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215049679011>

Vásquez, D. (2021). *Propuesta de aplicación de la filosofía Lean en la bodega de cerámica, pinturas y sanitarios de la Ferretería Macova* [Tesis de Grado, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10628>

Anexos:

Todos los anexos se encuentran en el siguiente link:

https://drive.google.com/drive/folders/17c9z_moQjz0MAqGPtaX1Xca_tKGt-iJW?usp=sharing