



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGÍAS DE LEAN
MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE
CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRÁFICA EN LA REPÚBLICA
DE GUATEMALA**

Andrea Carolina Montúfar Morales

Asesorado por Mtr. Rudy Alberto Franco Cifuentes

Guatemala, septiembre de 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGÍAS DE LEAN
MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE
CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRÁFICA EN LA REPÚBLICA
DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANDREA CAROLINA MONTÚFAR MORALES
ASESORADO POR MTR. RUDY ALBERTO FRANCO CIFUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2025

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO (a. i.)	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Roberto Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. Juan Carlos Molina Jimenez
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz Gonzalez
SECRETARIO	Dr. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO (a. i.)	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Godínez Orozco
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Dr. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGÍAS DE LEAN
MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE
CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRÁFICA EN LA REPÚBLICA
DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 15 de mayo de 2025.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters and a large loop at the end.

Andrea Carolina Montúfar Morales



EEPFI-PP-9666-2025

Guatemala, 15 de mayo de 2025

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado César Ernesto Urquizú Rodas

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE LEAN MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Planeación de proyectos**, presentado por la estudiante **Andrea Carolina Montúfar Morales** carné número **202000927**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Rudy Alberto Franco Cifuentes
Ingeniero Electricista
Col. 14,872

Mtro. Rudy Alberto Franco Cifuentes
Asesor(a)



Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez
Coordinador(a) de Maestría

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIMI-9136-2025

El Director de la Escuela Ingenieria Mecanica Industrial de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGÍAS DE LEAN MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Andrea Carolina Montúfar Morales**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingenieria Mecanica Industrial

Guatemala, mayo de 2025



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.803.2025

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGÍAS DE LEAN MANUFACTURING PARA LA REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS EN LA ESTACIÓN DE CORTE DE BOBINAS DE CARTÓN EN UNA INDUSTRIA LITOGRAFICA EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por: **Andrea Carolina Montúfar Morales** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2025

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2025 Correlativo: 803 CUI: 3006706990101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme dado sabiduría e inteligencia para tomar las mejores decisiones, así como fuerzas y un espíritu de resiliencia para enfrentar los desafíos de cada día.

Mis padres

Manfre Montúfar Alonzo y Claudia Morales Sían, por brindarme su apoyo, paciencia y cariño a lo largo de esta etapa, motivándome para culminar mis estudios.

Mis hermanas

Mariana Montúfar Morales y Gabriela Montúfar Morales, por su cariño y apoyo incondicional, que me impulsaron a esforzarme cada día para ser un ejemplo para ustedes.

Mis amigos

Mauricio Tistoj Oliva, Walter Vicente Guevara, Jaime Godoy Paredes y Gabriela Flores García, por brindarme su amistad, su apoyo incondicional y por los buenos momentos que compartimos durante la universidad.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la institución que me enseñó y me formó tanto académica como personalmente, preparándome para ser una mejor persona y profesional

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos teóricos y prácticos que me han permitido desarrollarme como profesional en el campo de la ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Contexto general	5
3.2. Descripción del problema	6
3.3. Formulación del problema	6
3.3.1. Pregunta central	6
3.3.2. Preguntas auxiliares	7
3.4. Delimitación del problema	7
3.4.1. Delimitación del Universo	7
3.4.2. Delimitación espacial	8
3.4.3. Delimitación temática.....	8
3.4.4. Delimitación temporal	8
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13

7.	MARCO TEORICO	17
7.1.	Concepto de rendimiento	17
7.1.1.	Enfoque de gestión	18
7.1.2.	Mapa de proceso.....	19
7.2.	Mejor funcionamiento	20
7.2.1.	Estructura de mejorar el funcionamiento	20
7.3.	Disposición de trabajo	23
7.3.1.	Implementación de disposición de trabajo	24
7.3.1.1.	Metodología disposición de trabajo	24
7.3.2.	Herramientas de disposición de trabajo	27
7.3.3.	Proyección de secuencia.....	28
7.3.4.	Herramienta de manufactura.....	28
7.3.5.	Proceso de autocontrol.....	30
7.3.6.	Hoja de ruta.....	32
7.3.7.	Prescribo y alineación	33
7.3.8.	Repaso de valores	34
7.3.9.	Acciones de progreso.....	34
7.3.10.	Emanación	35
7.3.11.	Afianzar el progreso	36
7.3.12.	Adaptar características.....	36
7.3.13.	Diagrama de cadena	37
8.	PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDO	39
9.	METODOLOGÍA	43
9.1.	Características del estudio	43
9.2.	Unidades de análisis	44
9.3.	Variables	45
9.4.	Fases de estudio	48

10.	TECNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
11.	CRONOGRAMA.....	55
12.	FACTIBILIDAD	57
12.1.	Recursos necesarios	57
	REFERENCIAS	59
	APÉNDICES	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Pasos de implementacion.....	27
Figura 2.	Proceso de orden	29
Figura 3.	Ejemplo de autonomía	31
Figura 4.	Matriz de evaluación de calidad.....	33
Figura 5.	Símbolos de cadena de valor	37
Figura 6.	Herramienta de valor	38
Figura 7.	Cronograma	55

TABLAS

Tabla 1.	Fase 1 recolección de datos	14
Tabla 2.	Fase 2 Determinación de condiciones iniciales	15
Tabla 3.	Fase 3 Análisis de la información	16
Tabla 4.	Fase 4 Plan de optimización.....	16
Tabla 5.	Formas de restos.....	21
Tabla 6.	Ejemplo de matriz de desperdicio	23
Tabla 7.	Estructura de aplicación.....	24
Tabla 8.	Variables en estudio	46
Tabla 9.	Matriz de consistencia	47
Tabla 10.	Presupuesto del diseño de investigación.....	58

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en la aplicación del control estadístico de calidad en el proceso productivo, con el propósito de contribuir a mejorar la eficiencia del proceso de recepción de la piña que se encuentra dentro de la familia de las Bromeliáceas, tal producto para la empresa en estudio es de suma importancia ya que es la principal materia para la elaboración de diversos productos a base de piña.

La problemática dentro de la empresa en la existencia de gran cantidad de fruta defectuosa en los lotes procedentes de los campos de cultivo, posterior a realizar una clasificación y eliminación por medio de los diferentes operarios de producción que conforman el proceso productivo.

La importancia en la aplicación del control estadístico de calidad radica en que no se dispone de herramientas de medición y control que permitan establecer los factores internos que inciden en el cumplimiento de los estándares de calidad e identificar las etapas críticas y causas que generan las variaciones en el proceso productivo, para tomar mejores decisiones y efectuar acciones correctivas necesarias para lograr resultados favorables para la empresa.

El proyecto propone implementar controles estadísticos por medio de gráficas de control por variables; luego, es un diseño no experimental, ya que no se realizarán pruebas de laboratorio ni experimentos, alineándose a los recursos actuales de la empresa en búsqueda de la mejora continua.

Se espera que dicha investigación le proporcione beneficios tangibles a la empresa en estudio, como herramientas estadísticas para efectuar mediciones y controles que permitan gestionar de manera eficiente la recepción de materia prima, con el fin de eliminar la mayor cantidad piñas defectuosas provenientes del campo y lograr el cumplimiento de la demanda del mercado en el proceso de exportación y comercialización para supermercados.

2. ANTECEDENTES

Las metodologías han demostrado ser útiles para mejorar los procesos y eliminar ineficiencias en diversos ámbitos. Según Estévez (2021), en su investigación acerca de una línea de producción de automóviles, “la implementación de tácticas para optimizar el flujo de materiales resultó en una notable disminución en los tiempos de traslado y mejoró la administración de los recursos dentro de la planta” (p. 33).

Por otro lado, Vargas y Camero (2021) llevaron a cabo la adopción de técnicas de gestión dentro de una empresa dedicada a la producción de adhesivos, esto provocó una transformación significativa en el entorno de trabajo y promovió una cultura orientada a la mejora constante, lo que contribuyó a una mayor eficiencia. Fajardo (2024) utilizó el diagrama de la cadena de valor junto con ajustes en una fábrica, con la finalidad de detectar aquellas actividades que no aportan valor y reducir los tiempos de inactividad, logrando así una mejora notable en los procesos de producción. De igual manera, Nava et al. (2022) aplican principios Lean en un puerto de contenedores, abordando los desafíos logísticos a través de un análisis exhaustivo de los procedimientos y optimizando el rendimiento operativo de la cadena de suministro.

El enfoque de gestión aborda diferentes requerimientos del sector, focalizándose en minimizar el desperdicio y en la búsqueda continua de mejoras en los procedimientos.

Loyola y Villanueva (2020) llevaron a cabo la adopción de herramientas Lean en una empresa dedicada al reacondicionamiento de neumáticos, con la meta de reducir el tiempo de inactividad y optimizar los recursos existentes, lo que resultó en un notable aumento en la eficiencia de la línea de producción.

Por su parte, Saavedra y Zúñiga (2021) realizaron una optimización en la sección de confección de una empresa textil, donde lograron disminuir la cantidad de productos defectuosos y mejorar la calidad final a través de la estandarización y perfeccionamiento de los procesos. Martínez et al. (2016) implementan un modelo de reducción en un servicio de urgencias gineco-obstétricas, suprimen tareas innecesarias y perfeccionan el flujo de trabajo, lo que conduce a un servicio más ágil y efectivo para los pacientes.

A pesar de que las ventajas son evidentes, la implementación enfrenta obstáculos significativos. Rojas y Gisbert (2017) mencionan problemas como la resistencia al cambio, la ausencia de una capacitación adecuada y las dificultades para reconocer procesos que no aportan valor en las empresas manufactureras. Sin embargo, estos desafíos pueden ser superados mediante una adecuada estandarización de los procesos y el fortalecimiento de una cultura organizacional enfocada en la mejora continua. Jarama et al. (2025) documentaron cómo una empresa logró enfrentar estas dificultades a través de una formación continua y la aplicación estricta de herramientas Lean.

De igual forma, Vargas y Camero (2021) resaltaron que la aplicación de metodologías impulsa la implicación del personal en la detección y solución de problemas, mediante la implementación de procedimientos definidos y el fomento de un compromiso continuo con la mejora.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Litográfica enfrenta un desafío importante debido al aumento de tiempos muertos que se generan durante las jornadas laborales en la línea de corte de bobinas de cartón, lo que implica atrasos en las siguientes estaciones, ya que es un proceso de flujo lineal. Por ende, el que se generen tiempos muertos en dicha línea repercute negativamente en los tiempos de producción y en el cumplimiento de las entregas de los pedidos hacia los clientes.

3.1. Contexto general

La empresa Litográfica es una empresa de tamaño mediano ubicada en la República de Guatemala, cuenta con una planilla de treinta y cinco personas en toda su cadena de suministro. Esta compañía se dedica a la producción y distribución de empaques primarios y secundarios, utilizando como materia prima cartón virgen, y abastece a las industrias de alimentos, belleza y farmacéutica.

Para el desarrollo de sus actividades productivas, la empresa utiliza máquinas especializadas para el corte de bobinas de cartón, así como máquinas para imprimir colores y diseños en los empaques de las cajas que produce. La empresa cuenta con una línea de proceso operativo donde el flujo es lineal, esta línea está compuesta de distintas estaciones: la estación de corte de bobinas de cartón, impresión, troquelado de la impresión, recorte del material y pegadora, una vez finalizado el proceso de elaboración los productos pasan al área de logística, donde se preparan para su salida y entrega al cliente.

3.2. Descripción del problema

En los últimos cinco meses, la empresa litográfica ha identificado un aumento significativo de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón. Actualmente, un operario tarda en promedio 45 minutos en montar una bobina de 800 kilos en la maquina convertidora para el corte de los pliegos de cartón y tarda 15 minutos para el desmontaje de dicha bobina, lo cual genera interrupciones y retrasos en las estaciones restantes.

Algunas de las causas de este problema son: la falta de capacitación del personal para operar la máquina, falta de mantenimiento preventivo y falta un procedimiento estandarizado de la estación de corte de bobinas.

Se pretende que los tiempos muertos se reduzcan un 33 % en el tiempo empleado durante las actividades de corte de bobinas de cartón.

3.3. Formulación del problema

La formulación del problema de investigación consiste en identificar y definir con claridad el problema que se desea investigar, planteándolo en forma de pregunta y estableciendo su importancia y relevancia

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo se pueden reducir los tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿En dónde se originan tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón?
- ¿Qué herramientas de Lean Manufacturing ayudan para el análisis y reducción de tiempos muertos?
- ¿Cómo se puede estandarizar el procedimiento de la estación de corte de bobinas de cartón?
- ¿De qué manera se comunicará a los colaboradores acerca de la importancia de la implementación de estrategias de Lean Manufacturing dentro de la estación de corte de bobinas de cartón?
- ¿Cómo se registrará el cumplimiento de los tiempos óptimos para la realización de las actividades en la estación de corte de bobinas de cartón?

3.4. Delimitación del problema

La presente investigación se encuentra claramente delimitada, considerando los siguientes aspectos: delimitación del universo, espacial, temática y temporal.

3.4.1. Delimitación del universo

El estudio será realizado con dos operarios de la estación de corte de bobinas de cartón midiendo el tiempo de las actividades que conlleva esta estación con el fin de analizar los datos recolectados para su interpretación y solución.

3.4.2. Delimitación espacial

El estudio será realizado en la Ciudad de Guatemala exactamente en la Avenida Elena 26-69 Zona 1 en donde se encuentra ubicada la planta de producción y centro de distribución de la empresa litográfica.

3.4.3. Delimitación temática

A partir del estudio se aplicará la metodología Lean Manufacturing la cual se centra en los ocho desperdicios que se pueden llegar a generar en un proceso operativo y cómo abordarlos, por lo que el estudio se enfocara en la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón.

3.4.4. Delimitación temporal

El estudio se llevará a cabo de febrero hasta noviembre del año 2025. Durante este período se recopilará y se analizará toda la información obtenida para darle solución a la problemática planteada.

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como fin centrar los conceptos de la optimización de operaciones y procesos en la reducción de tiempos muertos en las actividades de la estación de corte de bobinas de cartón de una industria Litográfica, por medio de la aplicación de estrategias de la metodología Lean Manufacturing y procedimientos estandarizados que favorezcan a un flujo de proceso eficiente en dicha estación.

En la empresa Litográfica se están presentando extensas jornadas laborales provenientes de una mala gestión del tiempo empleado en las actividades, por lo que se están generando tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón.

Esto genera consecuencias que afectan negativamente la productividad, eficiencia y costos de producción, además genera jornadas de trabajo extensas que afectan el rendimiento de los colaboradores, por otro lado, el que se generen tiempos muertos en dicha estación afecta el tiempo de operación debido a que el flujo continuo de las demás estaciones depende de las actividades de la estación de corte.

Con la implementación de estrategias de Lean Manufacturing se espera reducir los tiempos muertos un 33 % en la estación de corte con la finalidad del cumplimiento de las metas de producción y la obtención de un flujo continuo de las actividades del procesamiento de las materias primas.

Los colaboradores de la estación de corte serán uno de los principales beneficiarios en conjunto de los colaboradores de las demás estaciones, además la empresa que mejora su productividad lo que generará un aumento en la rentabilidad de sus operaciones

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementar estrategias de Lean Manufacturing para la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón en una industria Litográfica en la República de Guatemala.

5.2. Específicos

1. Determinar por medio de un estudio de tiempos y movimientos en donde surgen los principales puntos críticos de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón para elaborar un diagnóstico
2. Investigar herramientas de Lean Manufacturing que aporten al análisis y reducción de tiempos muertos en la línea de corte de bobinas de cartón.
3. Crear un procedimiento para la estandarización de los tiempos de las actividades en la estación de corte de bobinas de cartón.
4. Elaborar un plan de capacitación que indique a los trabajadores la relevancia de implementar las estrategias de Lean Manufacturing en la estación de corte de bobinas de cartón.

5. Garantizar la sostenibilidad de las estrategias implementadas mediante mecanismos de monitoreo continuo, evaluación periódica y capacitación constante en la estación de corte para el cumplimiento de procesos a largo plazo.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Al finalizar dicho estudio en la empresa Litográfica en donde se implementará estrategias de Lean Manufacturing para la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas, contará con un estudio de tiempos y movimiento para ver los puntos críticos en donde se están generando dichos tiempos muertos para poder controlarlos y estandarizarlos.

Además, se realizará un análisis del flujo de proceso para crear un procedimiento que estandarice los tiempos de las actividades requeridas en la estación de corte de bobinas de cartón.

La implementación de la solución puede generar mejoras adicionales, pero su enfoque principal será en la reducción de los tiempos de muertos en la estación de corte, un área crítica que impacta directamente en la productividad. Para el cumplimiento de los objetivos planteados por lo que se abordaran las siguientes fases detalladas en las tablas 1, 2, y 3.

Tabla 1.*Fase 1 recolección de datos*

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Identificación de los puntos críticos donde se generan los tiempos muertos	Realizar un análisis del flujo de proceso de producción	Recurso humano Computadora	1 mes
Recopilación de datos sobre el rendimiento de la maquinaria	Evaluar el estado de la máquina para determinar si hay alguna falla en dicha maquina por medio de un estudio de Hombre-máquina.	Recurso humano Computadora Software Draw.io	2 meses
Evaluación y estudio de tiempos	Realizar un análisis por medio de un estudio de tiempos y movimientos	Recurso humano Maquinaria Papel	2 meses

Nota: Descripción de la fase 1, recolección de datos y/o información. Elaboración propia, realizado con Word.

Tabla 2.*Fase 2 Determinación de condiciones iniciales*

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Observación directa de los procesos en piso.	Presentar en el área de trabajo y observar cómo se realizan las tareas, identificando ineficiencias, cuellos de botella, desperdicios o variaciones no deseadas en el proceso.	R. Humano Papel y Lápiz	1 mes
Realizar encuestas y entrevistas	Entrevistas informales o encuestas a los operarios para entender su perspectiva sobre los procesos, posibles problemas, y sugerencias de mejora.	Recurso humano Computadora Papel y Lápiz	1 meses
Registro de información cuantitativa y cualitativa	Registrar datos numéricos, como el número de defectos, tiempos de producción, cantidad de material utilizado,	Recurso humano Maquinaria Papel y Lápiz	2 meses

Nota: Descripción de la fase 1, recolección de datos y/o información. Elaboración propia, realizado con Word.

Tabla 3.*Fase 3 Análisis de la información*

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Análisis del flujo del proceso.	Elaborar un diagrama de flujo de proceso para ordenar y comprender de una manera más clara los pasos del proceso.	Recurso humano Computadora	1 mes
Análisis del rendimiento de la máquina	Determinación de fallas que se pueden presentar en la maquina convertidora.	Recurso humano Computadora	2 meses
Análisis de estudio de tiempos	Digitación de los datos para conocer el valor de los tiempos muertos que se generan en el proceso de corte de bobinas de cartón.	Recurso humano Computadora	2 meses

Nota: Descripción de la fase 2, recolección de datos y/o información. Elaboración propia, realizado con Word.

Tabla 4.*Fase 4 Plan de optimización*

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Nuevo flujo de proceso.	Determinar los puntos críticos en donde se están generando los tiempos muertos.	Recurso humano Computadora	2 meses
Nuevo tiempo de proceso	Establecer los tiempos de proceso ideales en base al estudio de tiempos y movimientos.	Recurso humano Computadora	2 meses
Ahorro de alcance	Calcular el impacto en costos	Recurso humano Computadora	2 meses

Nota: Descripción de la fase 2, recolección de datos y/o información. Elaboración propia, realizado con Word.

7. MARCO TEORICO

7.1. Concepto de rendimiento

De acuerdo con Martínez et al. (2016), “la noción de esta, íntimamente relacionada con la generación de bienes y servicios, a separar elementos como el trabajo, los insumos entre otros recursos” (p. 15).

Desde este enfoque, el control técnico se vuelve esencial para fortalecer la capacidad. A través de una mirada orientada a entender el conocimiento, las habilidades, las competencias y el proceso de aprendizaje, se logra mejorar la aplicación de técnicas y tecnologías en las fases de desarrollo y ejecución.

No obstante, se señala que la eficiencia constituye una base para analizar distintas herramientas de ingeniería. “En el ámbito de la fabricación, se entiende como el proceso de mejorar tanto la calidad como la cantidad de productos elaborados, en relación con los costos involucrados. La capacidad a menudo genera confusión y son vistas como sinónimos” (Ballou, 2015, p. 44), donde se determina calculando las unidades creadas en relación con el tiempo total invertido.

7.1.1. Enfoque de gestión

Según Gitma et al. (2012) "ofrecen una descripción enfocada en el manejo de la capacidad para optimizar los métodos y disminuir el número de elementos incompletos " (p. 45).

Asimismo, se destaca que el ciclo va más allá de ser únicamente una herramienta de producción ágil, ya que se concibe como una filosofía orientada a la mejora constante de los procesos y ofrece una dirección didáctica dentro de las organizaciones, guiada por su dedicación al amaestramiento permanente y a la creación de discernimiento.

- Plan: busca alcanzar, describiendo el destino al que la organización quiere llegar se determinan las áreas que necesitan mejoras, se identifican los problemas específicos de cada una y se valora el impacto que estos problemas podrían tener en el desempeño global.
- Hacer: se lleva a cabo el plan de acción y se introduce un sistema de seguimiento para certificar que se cumpla lo pactado. Para realizar esta inspección, se utilizan diferentes sistemáticas, incluyendo herramientas de programación, que ayuda a rastrear el avance de las actividades con respecto al tiempo.
- Verificar: "Además, se menciona que el ciclo va más allá de ser simplemente una herramienta de fabricación ágil; es en realidad una filosofía que se centra en la mejora constante de los procesos" (Gitma et al., 2012, p. 40). presenta un enfoque cultural en las organizaciones, motivado por su compromiso con el aprendizaje continuo y la generación de conocimiento:

7.1.2. Mapa de proceso

Rojas & Gisbert (2017), indican que, "ofrece una ilustración de la arquitectura de la asociación, clasificando los procedimientos en categorías, lo que permite a la estructura contar con un modelo de encargo capaz de alcanzar los resultados deseados." (p. 66).

Procesos indispensables: Incluye un esquema de trabajo metodológico y parámetros que permitirán su ejecución en un período. El procedimiento lleva programación, implementación y valoración de gestiones para cumplir con los objetivos que la empresa ha trazado.

Términos Céntricos: generan valor para los interesados externamente, constituyendo un régimen de conocimientos interrelacionados con provisos y usuarios.

Conocimientos de respaldo: Ofrecen un respaldo para la realización de los términos céntricos, conocidos del mismo modo como procesos vitales. Además, suministran la pesquisa requerida junto con otros recursos esenciales para que la estructura tome las providencias necesarias (Loyola et al., 2020, p. 41).

7.2. Mejor funcionamiento

Según Jamara et al. (2025), los objetivos principales son reconocer, localizar y eliminar de forma sistemática y organizada todos los desperdicios, que impresionan interminablemente la validez operativa de las organizaciones, presentando un desafío para la orientación, y el personal.

Por consiguiente, Nava et al. (2022), indican que, “la Filosofía Lean promueve una mentalidad enfocada en optimizar la mano de obra para hacer el sistema productivo más eficiente y satisfactorio” (p. 56). Por ello, es esencial idear estrategias operativas que ayuden minimizar los costos operativos y eliminar desperdicios, garantizando de este modo la calidad del producto final.

7.2.1. Estructura de mejorar el funcionamiento

Los investigadores Nava et al. (2022), afirman que, al implementar Lean en una organización, el objetivo es eliminar todo lo que no es esencial para optimizar la agilidad en las operaciones comerciales.

Asimismo, Estévez (2021), sostiene que la producción ajustada se ha adaptado y se ha hecho común en diversos sectores, con la esperanza de que las empresas que adopten un conjunto similar de prácticas puedan alcanzar beneficios comparables que les permitan destacar en el mercado. Se ha elaborado un conjunto de técnicas y métodos relacionados con la producción ajustada, seguidamente se exponen las formas de residuo. En la tabla 5 se presenta la forma de desperdicios que pueden llegar a generarse.

Tabla 5.

Formas de restos

Desperdicio	Concepto
Sobreproducción:	Consiste en fabricar con anticipación o adelantarse a la demanda, lo que genera desperdicios, como el exceso de mano de obra y costos adicionales en almacenamiento y transporte debido a la acumulación de inventarios.
Tiempo de espera:	Se refiere al tiempo en el que se observa o se aguarda a que la máquina reciba las entradas necesarias o ejecute sus funciones a un ritmo lento, sin respuesta inmediata.
Transporte:	Hace referencia a las acciones innecesarias vinculadas al movimiento o manipulación de piezas. La falta de eficiencia en el mecanizado generalmente surge de un diseño deficiente del producto o de las herramientas, lo que ocasiona movimientos repetitivos y fallos. También se desperdician recursos al ofrecer productos o servicios de calidad mayor a la necesaria.
Sobrecarga:	Implica realizar acciones innecesarias durante la manipulación de piezas. Las fallas en la eficiencia del procesamiento suelen deberse a un diseño deficiente del producto o de las herramientas, lo que conlleva movimientos redundantes y fallos en la operación. Asimismo, se produce desperdicio al entregar productos o servicios con un nivel de calidad mayor al requerido.

Continuación de la Tabla 5.

Desperdicio	Concepto
Exceso de inventario:	Se refiere a movimientos o manipulaciones innecesarias de piezas. La ineficiencia en el proceso de mecanizado suele originarse en un diseño ineficaz tanto del producto como de las herramientas, lo que produce desplazamientos redundantes y errores. Asimismo, se generan desperdicios al entregar productos o servicios con calidad superior a la requerida.
Movimientos innecesarios	Implica identificar cualquier movimiento innecesario realizado por los trabajadores durante sus labores, como buscar, caminar, alcanzar o acomodar piezas, herramientas u otros elementos del entorno.
Defectos	Se basa en identificar que la reparación, la reprocesamiento, la eliminación, el reemplazo de la producción y la inspección representan una pérdida de tiempo, esfuerzo y recursos que deben evitarse.

Nota. Elementos a corregir. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

En la Figura 1 se presenta un ejemplo del manejo de los ocho desperdicios.

Tabla 6.

Ejemplo de matriz de desperdicio

Exceso de producción	Tiempos de espera	Transporte	Reprocesos	Inventario	Movimientos	Defectos	Talento humano
Se imprime más pliegos de lo requerido	Tiempo de espera por falta de recurso humano	Tiempo de espera por traslado de producto terminado	Reimpresión por Impresión en papel que no corresponde a lo solicitado por el cliente	Exceso de inventario de bobinas	Desplazamiento que realizar el operario al ajustar color, en la máquina que no tiene perreta	Inconsistencia en color de impresión vs muestra (Tonalidad)	La labor realizada por el estaquero, no está bien remunerada, tiene mucha rotación el cargo
	Tiempo de espera por falta de experiencia de los operarios	Tiempo de espera por traslado de material impreso por el ajuste de máquina "Maculatura"	Re calibración de maquinaria por ruptura del papel en impresión			Defectos en el plegado	
	Tiempo de espera por preparación de máquina		Re calibración de maquinaria por ruptura del papel en impresión			Arrugas en el pliego	
	Tiempo de espera por demoras en abastecimiento					Fallo en la información que contiene las planchas	

Nota: Patrones de desperdicio. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel

7.3. Disposición de trabajo

Vargas et al. (2021) señalan que, “los instrumentos asociados son un vinculado para facilitar el progreso incesante en procesos de manufactura, con el objetivo de alcanzar la más elevada calidad, así como minimizar costos y tiempos de entrega” (p. 41).

En término, hay diversas destrezas que se emplean para instaurar un método de fabricación eficiente dentro de una compañía. La fabricación delicada es una habilidad que satisface las demandas de altos rendimientos mientras mantiene una compilación limite.

7.3.1. Implementación de disposición de trabajo

En este contexto, Vargas et al. (2021), ofrece un esquema pormenorizado que incluye una matriz para elegir herramientas Lean, además de un enfoque metodológico de diez pasos para implementar el Lean.

7.3.1.1. Metodología disposición de trabajo

Estévez (2021), describe la estructura del proceso de aplicación en la tabla 6, donde se muestra la estructura de aplicación para la disposición de trabajo.

Tabla 7.

Estructura de aplicación

Elemento	Actividad
Paso No.1:	Al iniciar cualquier proyecto Lean, resulta fundamental reconocer de manera precisa el problema y su ubicación en una zona específica. Luego, es necesario definir el proceso, ya sea interno o externo, considerando criterios de selección que contemplen áreas como Almacén, Logística, Compras, Gestión de inventarios, entre otras.

Continuación de la Tabla 7

Paso No.2:	Se definen los indicadores clave de desempeño (KPI) necesarios para llevar a cabo el análisis, medir y monitorear los beneficios, comparando la situación actual con la planificada. Algunos ejemplos de KPI relacionados con la adquisición de clientes son el tiempo de espera y las órdenes de trabajo pendientes.
Paso No.3:	Tras definir los indicadores, se construye un VSM (Mapa de Flujo de Valor) detallado del proceso analizado, incorporando la medición de tiempos y otras estadísticas importantes, ya que esto permitirá representar de manera precisa la situación actual del proceso.
Paso No.4:	Previo a la creación del mapa de flujo, se implementan los conceptos y herramientas Lean elegidos para abordar el problema y optimizar el escenario futuro.
Paso No.5:	Se lleva a cabo una nueva medición de los KPI seleccionados en el segundo paso, con el objetivo de comparar los cambios identificados.

Continuación de la Tabla 7.

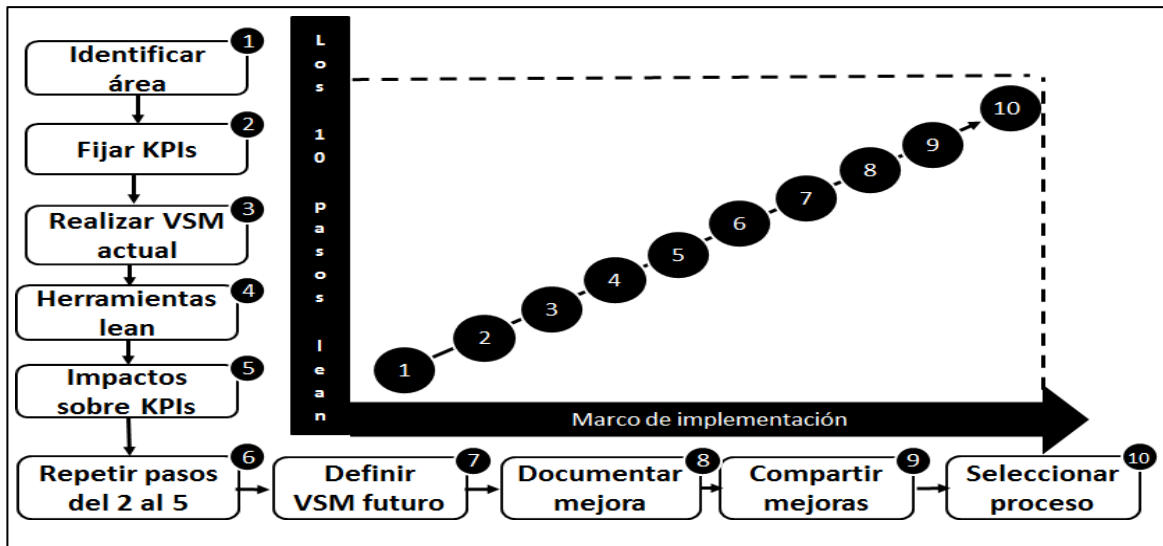
Paso No.6:	Dado que las mejoras suelen descubrir diversas oportunidades durante el análisis, se repiten los pasos dos a cinco para todos los procesos involucrados.
Paso No.7:	Una vez que se ha creado el VSM (mapa de flujo), durante la fase de implementación es fundamental dar prioridad a las mejoras. Para esto, es necesario elaborar un modelo de decisión que considere factores ponderados, con el objetivo de priorizar las mejoras y facilitar su ejecución.
Paso No.8:	Es fundamental documentar las mejoras logradas para su posterior referencia y análisis.
Paso No.9:	La distribución de la documentación en diversos niveles y ubicaciones dentro de la organización es esencial para estandarizar los procedimientos e implementar las mejores prácticas, lo que lleva a un aumento en la eficiencia. En este contexto, una gestión adecuada de la comunicación es clave.
Paso No.10:	La continua búsqueda de mejoras es esencial para asegurar la viabilidad de la empresa. La estructura Lean se aplica una vez más desde el inicio, con el objetivo de seguir optimizando las tareas en distintas operaciones. En esta etapa, se exploran y analizan nuevas áreas para aplicar los principios Lean.

Nota. Pasos para la disposición de trabajo. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel

La figura 2 muestra la secuencia de pasos necesarios para implementar Lean Manufacturing.

Figura 1.

Pasos de implementación



Nota. Ejemplo de solución. Elaboración propia, realizado con Canva.

7.3.2. Herramientas de disposición de trabajo

Las herramientas consisten en una serie de métodos que, si se utilizan de manera adecuada, permiten a las organizaciones alcanzar ventajas significativas. “Estas metodologías comprenden lineamientos y acciones de mejora que, aunque sencillas de implementar, requieren la participación de toda la organización, garantizando el compromiso de cada integrante” (Nava et al., 2022, p. 44).

7.3.3. Proyección de secuencia

Elemento empleado para facilitar el reconocimiento de prestezas que aportan valor y aquellas que no lo hacen en cada etapa de operación. Este proceso se lleva a cabo mediante la representación visual de datos y el flujo de materiales utilizando símbolos, flechas y señales. “Se puede nivelar el sobrante teniendo como referencia la duración el traspaso y tiempos de respuesta” (Nava et al., 2022, p. 56).

7.3.4. Herramienta de manufactura

Saavedra et al. (2021), establecen que, “es posible equilibrar el exceso utilizando diferentes métricas de rendimiento lean, tales como los plazos de entrega, la eficacia, la longitud de los ciclos, el desempeño del operador, la calidad, los tiempos establecidos y los tiempos de respuesta” (p. 58).

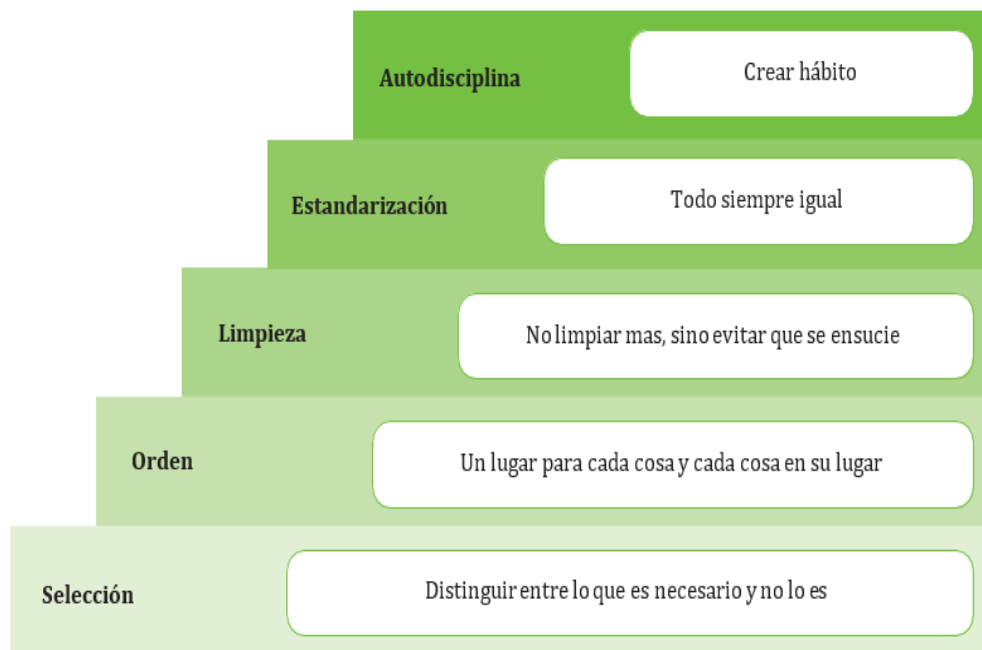
En otras palabras, hace alusión a una limpieza adecuada. Se componen de cinco términos japoneses que definen un proceso de limpieza estandarizado.

La ejecución normalmente se adhiere a un proceso de fases que incluye la distribución de recursos, la adecuación a la cultura dentro de la organización y la consideración de los aspectos humanos. La administración de la compañía necesita estar persuadida de que estos representan una inversión de tiempo por parte del personal y el surgimiento de tareas que tienen que ser sostenidas a lo largo del tiempo

“Además, es necesario desarrollar materiales educativos para ayudar a los trabajadores a entender la relevancia de las 5S y los principios fundamentales de la metodología” (Saavedra et al., 2021, p. 67). Como se ejemplifica en la figura 3 se muestra el proceso para aplicar orden y limpieza en un proceso productivo.

Figura 2.

Proceso de orden



Nota. Pasos para la implementación de orden y limpieza. Elaboración propia, realizado con Canva.

7.3.5. Proceso de autocontrol

“Es un término que refleja la sistematización con un enfoque orientado a la autonomía. Este término, que no debe ser confundido con la automatización, describe el sistema de control autónomo” (Rajadell, 2010, p. 80).

Según Jamara et al. (2025), describen desde la perspectiva Lean, que el objetivo es cada proceso establezca un sistema de autorregulación en cuanto a la calidad. Esto significa que, ante cualquier irregularidad en el proceso, se contendrá, impidiendo que las piezas con fallas continúen su camino. Al garantizar que solo se fabrican piezas completamente perfectas, se reduce al mínimo la cantidad de piezas defectuosas que requieren reparación y la probabilidad de que estas lleguen a fases siguientes del proceso.

“La técnica puede implementarse de varias formas; generalmente, depende de la creatividad utilizada para impedir que un artículo defectuoso avance en su proceso”. (Rajadell, 2010, P. 80). Como se detalla en la figura 4.

Figura 3.

Ejemplo de autonomía

1	Autonomación del proceso Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/ máq.
2	Autonomación de sujetar Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	Autonomación de alimentación Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	Autonomación de paradas El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	Autonomación de retornos Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	Autonomación de retirada de piezas Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	Mecanismos antierror (Poka-Yoke) Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	Autonomación de carga La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	Tareas máquina
9	Autonomación de inicio Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	
10	Autonomación de transferencia Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Nota: Ejemplo de pasos para la implementación de orden y limpieza. Elaboración propia, realizado con Canva.

7.3.6. Hoja de ruta

Consiste en una posible serie de etapas y componentes que facilitan a las organizaciones trazar la ruta óptima para su implementación. Según Rajadel (2010):

Se definen objetivos, utilizando una serie de bloques con el fin de obtener resultados en intervalos de tiempo reducidos, destacando la relevancia de la mentalidad de mejora constante, el factor humano, la capacitación y el empleo de control visual y estandarización (p. 83).

Se trata de una serie potencial de etapas y síntesis que permiten a las organizaciones delinear la forma más efectiva de ejecución. “Se establece metas utilizando diferentes bloques con el propósito de lograr resultados en períodos de tiempo breves, subrayando la importancia de una mentalidad de mejora continua, el componente humano, la formación y el uso de controles visuales y normalización” (Rajadell, 2010, p. 83).

La implementación se basa en los registros de defectos llenados registros de acciones realizadas. Al finalizar un turno de trabajo, se recogen estas hojas y las observaciones sobre los defectos identificados se transfieren a la matriz de Auto calidad.

Asimismo, tiene el objetivo de proporcionar orientación en caso de un incidente con el cliente, lo cual se refleja en la matriz cuando no se registra ninguna marca en la fila correspondiente a los clientes, como se muestra en la

Figura 4.

Matriz de evaluación de calidad

		FASE DONDE SE PRODUCE EL DEFECTO							
		Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1	Fase 2	Fase 3	—	Fase n	Total ppm
FASE DONDE SE DETECTA EL DEFECTO	Fase 1								
	Fase 2								
	Fase 3								
	—								
	Fase n								
	Cliente interno								
	Cliente externo								
	Total ppm								
TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO									
TOTAL PPM									

Nota: Formato llenado de matriz de evaluación de calidad, Elaboración propia, realizado con Canva.

7.3.7. Prescribo y alineación

El examen emprende del proceso de optimización sin identificar el punto de inicio, las metodologías de trabajo, los recursos esenciales, entre otros factores. La fase inicial debe centrarse en entender el estado actual del sistema de producción en relación con los principios del Lean y poner en marcha un plan específico de formación interna.

7.3.8. Repaso de valores

El éxito en la implementación está, en gran medida, vinculado a la confianza en la información preliminar. “Es crucial disponer de datos sobre los productos (códigos, componentes, volúmenes) así como sobre los procedimientos (actividades, maquinaria, capacidades, tiempos). Además, es vital considerar la demanda real, artículo por artículo, para poder establecer el ritmo de producción necesario”. (Saavedra et al., 2021, p. 77).

7.3.9. Acciones de progreso

Según las circunstancias particulares de cada entidad, sus características únicas y su nivel de eficacia, es esencial desarrollar un plan de implementación que esté en consonancia con su situación, así como con metas claramente establecidas a corto, mediano y largo plazo.

“Elaboración minuciosa del proyecto de implementación Lean, estableciendo objetivos claros, tareas específicas, plazos de ejecución y proveyendo los recursos necesarios para su realización” (Rajadell, 2010, p. 86).

“Establecimiento de un sistema de métricas para el seguimiento del proyecto, de modo que se comprenden con claridad los parámetros que se emplearán para evaluar el nivel de a medida que avanza el proyecto” (Rajadell, 2010, p. 90).

7.3.10. Emanación

Para la reestructuración de un sistema de procesos se puede tomar en cuenta el tipo de modificaciones que ofrece Martínez et al. (2016):

En este momento, comienzan a surgir cambios importantes en los recursos físicos y en la forma en que se gestionan. Al principio, es aconsejable centrarse en modificaciones que sean evidentes, ágiles y que inspiren, para ayudar a la adopción del resto del sistema.

En múltiples ocasiones, es necesario llevar a cabo una reestructuración de la disposición del espacio, especialmente cuando se trata de sistemas de producción obsoletos que muestran serias ineficiencias en todos sus niveles. Existen momentos en los que la evaluación inicial debe entenderse como una investigación detallada sobre la mejora de la producción (p. 44).

Este estudio incluiría una reconfiguración de los materiales, la colocación de los aparatos y los espacios de trabajo, así como las rutas para los materiales y el personal, además de la identificación de nuevos elementos de transporte. También puede ser fundamental realizar investigaciones iniciales para equilibrar las operaciones y las áreas de trabajo, adaptando la capacidad de producción a las necesidades y enfocándose en las actividades que producen más desperdicios y en situaciones críticas.

7.3.11. Afianzar el progreso

Martínez et al., (2016) recomienda que:

Para lograr esto, se reducen los residuos en actividades relacionadas con la conservación y los criterios de calidad. Se unifica el proceso de producción para mejorar la confiabilidad en cuanto a los tiempos de preparación, el rendimiento total de los equipos y los criterios de disposición. (p. 48).

Estas acciones permiten minimizar los volúmenes de producción al nivel más bajo factible, establecido por el punto de equilibrio de fabricación.

7.3.12. Adaptar características

“La implementación de las técnicas previamente mencionadas posibilita abordar la ejecución de acciones Lean más concretas que se centran en la prosperidad de los métodos profesionales y la supervisión. Las metas de esta fase son” (Fuentes, 2022, p. 48).

- Mejorar los procesos laborales.
- Crear procesos laborales que puedan ajustarse a los cambios en la petición.
- Ajustar la consistencia en la fabricación a las necesidades del interesado.
- Ajustar la fuerza laboral y la facultad por demandas solicitadas.

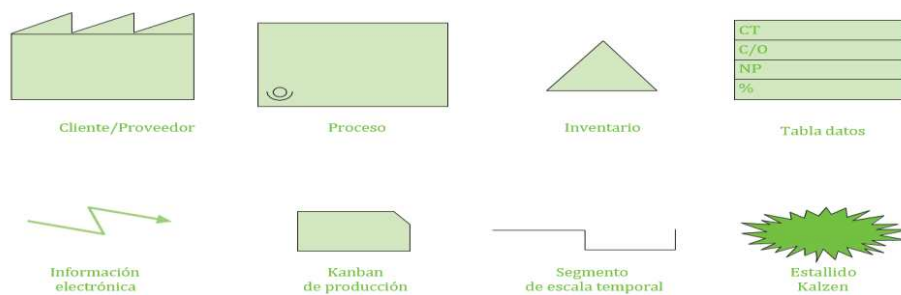
7.3.13. Diagrama de cadena

“El diagrama es una representación visual que ilustra una secuencia de importe, exhibiendo el movimiento de elementos y la circulación de indagación a partir el proveedor incluso el consumidor” (Fuentes, 2022, p. 49).

Su propósito es capturar de manera clara todos los trabajos productivos para señalar la cadena de valor y localizar, a gran escala, los puntos donde se generan los ascendentes recortes en el proceso. El VSM permite distinguir las tareas que no contribuyen valor al negocio para eliminarlas y así mejorar la eficacia. Se trata de un instrumento que ofrece una perspectiva completa, como se muestra en la Figura 6. En la Figura 7, se pueden ver las herramientas de valor utilizadas para la aplicación de las metodologías

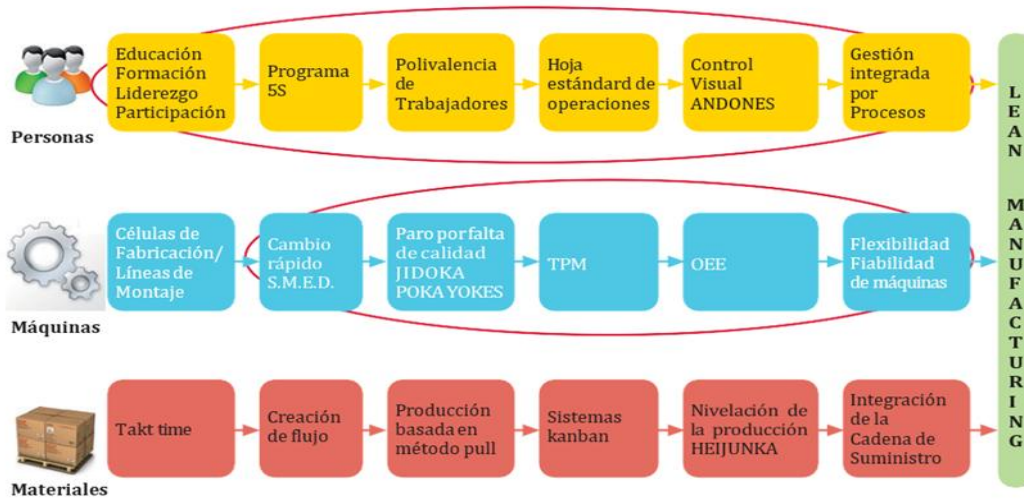
Figura 5.

Símbolos de cadena de valor



Nota: Elementos para el diseño de un diagrama. Elaboración propia, realizado con Microsoft Visio.

Figura 6.
*Herramienta de
valor*



Nota: Diferentes elementos para aplicación de las metodologías Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio.

8. PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDO

A continuación, se muestra el índice propuesto del informe final que servirá para la gestión de la implementación de estrategias de Lean Manufacturing para la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón en una industria litográfica:

INDICE DE ILUSTRACIONES ...

INDICE DE TABLAS

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Concepto de productividad

2.1.1. Ciclo Deming

2.1.2. Mapa de procesos

2.2. Filosofía Lean

2.2.1. Estructura del sistema Lean

2.2.2. Los 8 desperdicios

2.3. Lean Manufacturing

2.3.1. Metodología

2.3.2 Implementación de Lean Manufacturing.

2.3.3 Metodología de Lean Manufacturing.

2.3.4 Herramientas de Lean

2.3.5 Value Stream Mapping. VSM

2.3.6 5'S.

2.4. Historia de las seis sigmas

2.4.1. La metodología DMAIC

2.4.1.1. Etapa de definir

2.4.1.2. Etapa de medir

2.4.1.3. Etapa de analizar

2.4.1.4. Etapa de mejorar

2.4.1.5. Etapa de controlar

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Objetivo 1: diagnóstico de tiempos muertos en el corte de bobinas de cartón.

3.2 Objetivo 2: lean manufacturing para reducir tiempos muertos en el corte de bobinas de cartón.

3.3 Objetivo 3: estandarización de tiempos en la estación de corte de bobinas de cartón.

3.4 Objetivo 4: capacitación en lean manufacturing para corte de bobinas.

3.5 Objetivo 5: monitoreo y sostenibilidad de estrategias en corte de bobinas.

3.6 Objetivo general: implementación de lean manufacturing para reducir tiempos muertos en corte de bobinas

CONCLUSIONES
RECOMENDACIÓN
REFERENCIAS
APENDICES
ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología del presente estudio tiene variables cuantitativas y cualitativas, por lo que tiene un enfoque mixto, con un diseño de investigación no experimental y su alcance es descriptivo. La recolección de datos de este estudio tendrá ocurrencia en un momento específico, por lo cual es de tipo transversal.

9.1. Características del estudio

El presente estudio de investigación tendrá un enfoque mixto, ya que buscará evaluar los procesos productivos en el área de corte de bobinas y medir los tiempos de estos procesos. Para ello, se analizarán tanto variables cualitativas como cuantitativas a través de encuestas a los operarios, observación sistemática de los procedimientos, bitácoras y fichas técnicas, además de la recolección y análisis de datos estadísticos relacionados con la entrega de productos terminados al cliente interno.

El alcance de la investigación será exploratorio ya que involucra el uso de las bobinas de papel Kraft para ser transportadas al área de corte, se estudiará el efecto de cambiar la forma realizar los cortes para los pedidos, reduciendo la merma de materia prima.

El diseño de la investigación será no experimental, ya que el procedimiento de corte de bobinas tiene indicaciones conforme al fabricante y el manual de las maquinas.

Toda la información recabada será analizada por medio de métodos estadísticos con fines de identificar las oportunidades de mejora. Su alcance descriptivo tiene como objetivo definir las características de la optimización de los procesos dentro del área de corte, por medio de la recopilación de información, tabulación de datos observados, análisis de variables. Este estudio permitirá que la información recopilada determine condiciones iniciales de los procesos dentro del área.

9.2. Unidades de análisis

La población total está compuesta por 20 máquinas del área de producción. En este estudio, se analizará el tiempo estándar de corte y se determinarán las causas de los desperdicios del papel Kraft que se emplea para fabricar cartón

Aplicando el análisis de muestreo estadístico con un nivel de confianza del 95% y con un error de 5% se calcula el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde:

n =tamaño de la muestra

N =tamaño de la población

σ =desviación estándar de la población (0.5 por convección)

Z =tipificación del nivel de confianza de la distribución normal, para este caso 1.96

e =error de la muestra (0.05 por convección)

$$n = \frac{(20) * (0.5)^2 * (1.96)^2}{(10 - 1) * (0.05^2) + (0.5)^2 * (1.96)^2} = 17 \text{ maquinas}$$

9.3. Variables

A continuación, en la tabla 7, se describen las variables de estudio que permitirán el alcance del objetivo principal de la investigación: Implementar estrategias de Lean Manufacturing para la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón

Para el estudio de tiempo se empleará el método de estudio de trabajo de García Criollo en el cual contempla el uso de suplementos, tiempo estándar

El tiempo estándar de la operación se calcula de la siguiente manera:

- Analizar la consistencia de cada elemento.
- En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.
- Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.
- Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas, dando como resultado el tiempo promedio por elemento.
- El tiempo promedio se multiplica por el factor de valoración.
- Se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento cíclico y contingente.
- Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida de elemento.

En la tabla 7 presenta las variables para el estudio del diseño de investigación

Tabla 8.

Variables en estudio

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Formula</i>
Frecuencia	Lo que indica la desviación estándar es la dispersión en una distribución de datos (García,2005)	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ Donde: σ = desviación típica n = número de datos u observaciones x_i = iésimo dato $\bar{x}$ = media o promedio aritmético (Ecuación 1)
Eficiencia técnica	La eficiencia técnica permite demostrar si los recursos asignados a cada proceso están siendo aprovechados en su máxima capacidad o no. (García,2005)	Unidades producidas/orden de produccion (Ecuación 2)
Eficiencia del plan propuesto	Se refiere a la eficiencia obtenida después de la implementación de los indicadores propuestos para la mejora de los procesos dentro del área (García,2005)	$\frac{Eo - Ef}{Ef} * 100$ (Ecuación 3)
Tiempo estándar	Tiempo requerido para que un trabajador calificado haga una operación (García, 2005)	Ts= Tn (1+ % concesiones) (Ecuación 4)
Tiempo de ciclo	Tiempo requerido para una operación (García, 2005)	Suma de tiempo observados/número de ciclos observados (Ecuación 5)
Tiempo muerto	Es una métrica que indica la proporción del tiempo que se pierde respecto al tiempo total de operación (Altertecnica, 2024)	(Tiempo muerto/ Tiempo total disponible) *100 (Ecuación 6)

Nota: Operación de variables. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel

Tabla 9.*Matriz de consistencia*

Objetivos	Variables	Tipo de variable	Indicadores	Técnicas	Resultado
Determinar por medio de un estudio de tiempos y movimientos en donde surgen los principales puntos críticos de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón para elaborar un diagnóstico.	Causas de la ineficiencia en el corte de bobina	Cualitativa	Tiempo promedio (ecuación) Tiempo estándar Eficiencia	Observación	Identificación de las causas asignables del proceso de corte de bobina
Uso de herramientas de que aporten al análisis y reducción de tiempos muertos en la línea de corte de bobinas de cartón.	Identificación de variables	Tipo de variables: cualitativa y cuantitativa	Control de proceso estadístico	Control de tasa de flujo Evaluación de desempeño Entrevistas al personal	Desarrollo de metodología para estandarizar el proceso de corte
Sistematizar los tiempos de las actividades en la estación de corte de bobinas de cartón.	Equipos de medición	Tipo de variables: cualitativa	Cp, CpK	Tasa de desperdicio, reproceso, aceptación de la muestra, valoración de unidad defectuosas	Control en el sistema de operaciones
Plan de tabulación Se efectúa por medio del análisis de matriz					

Nota: Operación de variables. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel

9.4. Fases de estudio

El estudio de investigación será desarrollado en cuatro fases o etapas, las cuales permitirán la evaluación desde las condiciones iniciales del área de corte hasta la evaluación del diseño del plan propuesto para la optimización de los procesos productivos dentro de la misma, mediante la metodología *lean manufacturing*.

- Fase 1. Recolección de datos y/o información: esta fase comprende toda la recolección de bibliografías sobre metodologías de optimización, estudios de tiempos y diagramas de procesos que permitirán cumplir con los objetivos de este estudio, además de la recopilación del historial de datos sobre tiempos de procesos, paros, mantenimientos y diagramas de procesos que ayuden a comprender las actividades desempeñadas en el área de producción en base a las maquinarias, así como la presentación del área de trabajo y observar cómo se realizan las tareas, identificando ineficiencias, cuellos de botella, desperdicios o variaciones no deseadas en el proceso.
- Fase 2. Determinación de condiciones iniciales: en esta fase serán determinadas las condiciones iniciales con las que se trabaja en el área de producción de corte, por medio de la recolección de información obtenida mediante observación de los procesos, encuestas y entrevistas al personal operativo y administrativo involucrado en los procesos productivos del área, además se reunirán las bitácoras que respalden las tareas ejecutadas dentro del área, así como toda la documentación de los procesos, tomando varias acciones como.

- Recopilación de datos sobre el rendimiento de la maquinaria: evaluar el estado de la máquina para determinar si hay alguna falla en dicha maquina por medio de un estudio de Hombre-maquina
 - Evaluación y estudio de tiempos: realizar un análisis por medio de un estudio de tiempos y movimientos
 - Registrar datos numéricos, como el número de defectos, tiempos de producción, cantidad de material utilizado.
 - Elaborar un diagrama de flujo de proceso para ordenar y comprender de una manera más clara los pasos del proceso.
 - Determinación de fallas que se pueden presentar en la maquina convertidora.
- Fase 3. Análisis de la información: para esta fase es necesaria la búsqueda y evaluación de toda la documentación retrospectiva de los tiempos de producción dentro del área de producción. Serán tabulados todos los tiempos de paro por mantenimientos no programados, limpiezas, cambios de formato y actividades que no agreguen valor al proceso. Serán tabulados todos los tiempos de paro por mantenimientos no programados, limpiezas, cambios de formato y actividades que no agreguen valor al proceso. Por medio de listas de chequeo se evaluará el estado en el que se encuentran los equipos y si se tienen todos los insumos y herramientas necesarias para las actividades

- Fase 4. Propuesta del plan de optimización: la última fase es donde se desarrollará la propuesta de un plan de optimización y se diseñarán indicadores que permitan esta última en los procesos productivos dentro del área de producción. Los datos recolectados en la fase 3 servirán como base para la creación de los indicadores de optimización que ayudarán a medir la eficiencia de los procesos productivos del área, como, por ejemplo.
 - Establecer los tiempos de proceso ideales en base al estudio de tiempos y movimientos.
 - Calcular el impacto en costos que implica que la línea de corte de bobinas experimente tiempos muertos.
 - Identificar las acciones que generan paros no programados y reprogramar la producción.

10. TECNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En función de las técnicas que se emplearan, se lleva a cabo una observación directa del proceso de corte de bobinas, en las visitas a la planta en estudio, se tomaran los registros del área de producción, en la sección de corte, para el desarrollo de la investigación

- Técnicas de análisis de información

Para la observación se utilizará los siguientes elementos:

- Diagrama de Ishikawa: este se utilizará para establecer las causas asignables del reproceso y desperdicio, del corte de bobinas.
- Diagrama de Pareto, se utilizarán diagramas de Pareto para identificar los desperdicios más comunes dentro de los procesos, lo cual también permitirá la identificación de las causas de mayor frecuencia de los desperdicios identificados, y será tomado como guía para identificar las desviaciones y proponer acciones para la eliminación de estas.
- Control estadístico del proceso, se utilizará para establecer si se cuenta bajo control el índice de producción.

- La estadística descriptiva será una de las técnicas de análisis utilizadas para el presente estudio. La utilización de tablas y gráficos de control permitirá la interpretación de los datos recolectados de las condiciones iniciales de los procesos, lo cual facilitará el diseño de un plan para la mejora de los procesos dentro del área de producción.
- Técnica cualitativa
 - Investigación documental, obtención de información teórica, para ser empleada como referencia en la aplicación del desarrollo de la investigación.
- Técnicas de recopilación de datos: se emplearán las siguientes herramientas.
 - Los datos recolectados por medio de las listas de chequeo y análisis de documentos durante la segunda y tercera fase de esta investigación
 - La eficiencia técnica permite demostrar si los recursos asignados a cada proceso están siendo aprovechados en su máxima capacidad o no.

- Tiempo de ciclo: se medirá el tiempo promedio para cada operación para establecer los tiempos estándar.

Entrevistas: estructuras y no estructuradas para recopilar el diseño de la investigación es no experimental, ya que el procedimiento de corte de bobinas tiene indicaciones conforme al fabricante y el manual de las maquinas.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que el procedimiento de corte de bobinas tiene indicaciones conforme al fabricante y el manual de las maquinas, se usará Lean Manufacturing para la reducción de tiempos las estaciones de corte de bobinas de cartón, con los siguientes elementos.

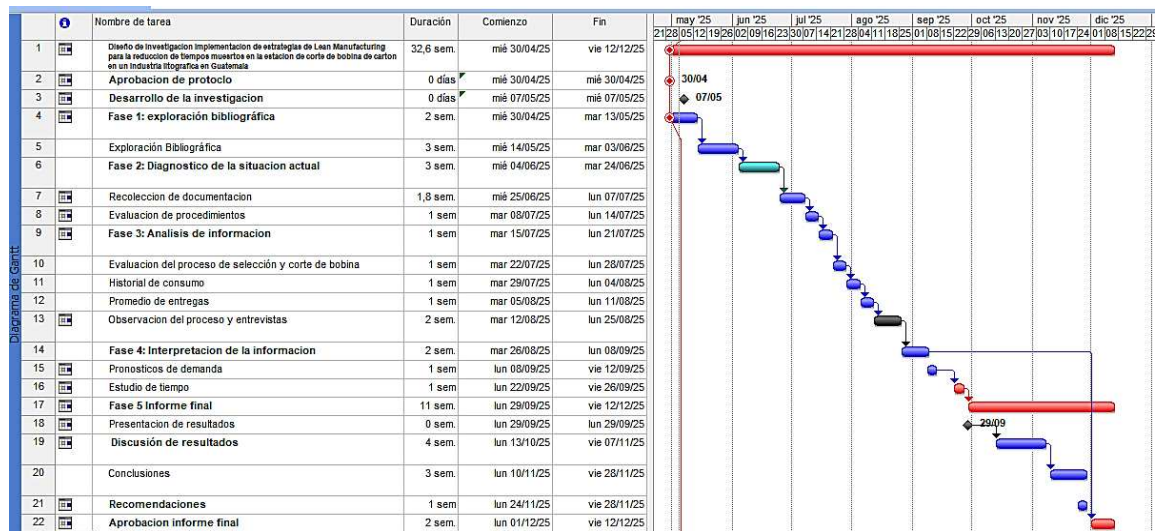
- Recopilación de datos
- Memoria de cálculos y datos
- Causas asignables para la reducción de tiempos de corte de bobinas.
- Con base a los resultados, se presentarán las conclusiones y recomendaciones.

11. CRONOGRAMA

Se presenta en forma gráfica, las acciones a realizar en el diseño de investigación sobre la aplicación de Lean Manufacturing.

Figura 7.

Cronograma



Nota: Actividades para el desarrollo del proyecto. Elaboración propia, realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD

El trabajo de investigación es factible porque se cuenta con todos los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases de la presente investigación y cumplir con los objetivos propuestos.

12.1. Recursos necesarios

La empresa en estudio autoriza la ejecución del presente trabajo de investigación proporcionando los recursos humanos, financieros, tecnológicos, acceso a la información y equipo.

- Humanos: disposición del personal del área de producción para proporcionar información que se requiera sobre el proceso de manufactura, resguardo de materia prima, traslado de bobinas al área de corte y proceso de corte de bobinas.
- Tecnológico: acceso a internet, base de datos de reportes y auditorias de producción.
- Informativos: estadísticas, reportes de producción, mantenimiento, informes de auditoría.
- Equipo: acceso al área de producción, uso de espacio físico en oficinas para desarrollo de la investigación.

- Administrativo: se cuenta con el permiso de la Gerencia General para tener el acceso a las instalaciones del área de producción, así como acceso a realizar visitas y entrevistas al personal relacionado a la sección de producción, bodega y mantenimiento.

El recurso financiero para realizar la investigación será proporcionado por el investigador y se describe en la tabla 7

Tabla 10.

Presupuesto del diseño de investigación

No.	Recursos	Descripción del gasto	Monto	Porcentaje
1	Humano	Tiempo para inversión	Q 5000.00	49
2	Humano	Asesor	0.00	0
3	Material	Papelería y útiles	Q 800.00	8
4	Transporte	Combustible	Q 500.00	5
5	Tecnológico	Equipo de computo	Q 3000.00	29
6	Varios	Gastos varios	Q 1000,00	9
Total			Q 10300.00	100

Nota: Descripción de presupuesto. Elaboración Propia. realizado con Microsoft Word.

REFERENCIAS

- Altertecnia. (2024). *Tiempos muertos: cómo gestionar las paradas productivas según la Ley de Pareto*. https://altertecnia.com/en/tiempos-muertos-gestionar-paradas-ley-de-pareto/?utm_source=chatgpt.com
- Ballou, R. (2015). *Logística, administración de la cadena de suministro*. Pearson Education.
- Cabrera, H. (2016). *Propuesta de mejora de la calidad mediante la implementación de técnicas Lean Service en el área de servicio de mecánico de una empresa automotriz*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. https://catalogo.upc.edu.pe/permalink/51UPC_INST/1fhifur/alma99113618150339
- Estévez, A. (2021). *Reducción del manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos mediante la aplicación de lean manufacturing*. *Ingeniería Industrial*, (40), 49-60. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.4880>
- Fajardo, O. (2024). *Reducción de las paradas de planta aplicando el mapeo de la cadena de valor (VSM) y cambios rápidos (SMED) de la metodología Lean Manufacturing*. *Industrial Data*, 27(1), 25-39. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v27i1.25011>

- Fuentes, E., Camillo, I., & Cañon, O. (2022). Desarrollo de Herramientas Lean Manufacturing para la línea de producción en Printer Colombiana S.A.S. *Revista De Ingeniería, Matemáticas y Ciencias De La Información*, 9(17) <https://doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n17.a110>
- García, R. (2005). Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. 2ª edición. México: Editorial McGraw-Hill
- Gitma, J., & Zutter, J. (2012). *Principios de Administración Financiera*. Pearson Educación
- Guajardo, E. (2008). *Administración de la calidad total*. México, Editorial Pax.
- Gutiérrez, H. (1997). *Calidad Total y Productividad*. México: McGrawHill.
- Jarama, J., Canchasto, G., & Marchán, V. (2025). *Lean Manufacturing en el mejoramiento continuo de la productividad*. *Revista InveCom/ISSN en línea*: 2739-0063, 5(2), 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14002915>
- Loyola, M., & Villanueva, G. (2020). *Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020*. https://hdl.handle.net/20.500.14138/3748https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/77baebe5-fb10-4dd0-a7ba-58ea96f94759?utm_source
- Martínez, P., Martínez, J., Nuño, P., & Cavazos, J. (2016). *Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing*. *Revista Lasallista de investigación*, 13(2), 46-56. <http://dx.doi.org/10.22507/rli.v13n2a5>

https://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/rldi/article/view/1211?utm_source

Nava, P., Piña, F., Rodríguez, J., Cortesa, G., & Pérez, F. (2022). *Lean six sigma para solución de problemas logísticos: caso real terminal de contenedores en Michoacán*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 511-529. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1515

Peñañiel, S. (2020). *Diagnóstico de los procesos de la empresa ESLIVE S.A. y diseño de un modelo de gestión de calidad para la mejora del servicio al cliente*. [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador]. Archivo digital. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15831>

Portillo, M. (2019). *Utilización de método Deming para mejorar el proceso de preparación de jarabe estándar, mediante la recuperación de azúcar contenida en el agua de lavado de cocinas continuas, en una fábrica de confitería en el municipio de Escuintla* [Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://1library.co/document/zw3gengy-utilizacion-preparacion-estandar-recuperacion-contenida-continuas-confiteria-escuintla.html>

Rojas J., & Gisbert S. (2017). *Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas*. 3C Empresa, Investigación y pensamiento crítico, 116-124. <http://hdl.handle.net/10251/102320>

Saavedra, M., & Zuñiga, A. (2021). *Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes SAS mediante herramientas de lean*

manufacturing. INVENTUM, 16(30), 40-53.
<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.40-53>

Summers, C. (2006). *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación.

Vargas, L., & Camero W. (2021). *Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. Industrial Data, 24(2), 249-271.* <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>

Vinueza, D. (2019). *Diseño de un modelo de gestión empresarial para mejorar la competitividad de las empresas de servicio de construcción de infraestructura eléctrica en el distrito metropolitano de Quito D.M.Q Estudio del caso: Vinueza & Vinueza construcciones, S.A.* [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador] Archivo digital. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20563?locale=de>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Matriz de coherencia

Preguntas de investigación		Objetivos
General	¿Cómo se pueden reducir los tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón?	Implementar estrategias de Lean Manufacturing para la reducción de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón en una industria Litográfica en la República de Guatemala.
	1. ¿En dónde se originan tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón?	1.Determinar por medio de un estudio de tiempos y movimientos en donde surgen los principales puntos críticos de tiempos muertos en la estación de corte de bobinas de cartón para elaborar un diagnóstico.
Específicos	2.¿Qué herramientas de Lean Manufacturing ayudan para el análisis y reducción de tiempos muertos?	2.Investigar herramientas de Lean Manufacturing que aporten al análisis y reducción de tiempos muertos en la línea de corte de bobinas de cartón.
	3.¿Cómo se puede estandarizar el procedimiento de la estación de corte de bobinas de cartón?	3.Crear un procedimiento para la estandarización de los tiempos de las actividades en la estación de corte de bobinas de cartón.
	4.¿De qué manera se comunicará a los colaboradores acerca de la importancia de la implementación de estrategias de Lean Manufacturing?	4.Elaborar un plan de capacitación que indique a los trabajadores la relevancia de implementar las estrategias de Lean Manufacturing en la estación de corte de bobinas de cartón.
	5.¿Cómo se garantizará que las estrategias permanezcan implementadas a lo largo del tiempo?	5.Garantizar la sostenibilidad de las estrategias implementadas mediante mecanismos de monitoreo

Nota. Formato de registro. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Apéndice 2.

Matriz de toma de tiempos

Estudio de tiempo Departamento de producción				Fecha Analista	
N o	Traslado de bobina	Pelado de bobina	Corte y codificación	Extracción del fleje	Tiempo total de observación
1					
2					
3					
n					

Nota: Registro de tiempos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.