



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL  
ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS & GUÍAS DE LA PLANTA DE  
LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.**

**José Alejandro Lemus Torre**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, abril 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL  
ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS & GUÍAS DE LA PLANTA DE  
LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ALEJANDRO LEMUS TORRE**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	BR. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
SECRETARIO	Ing. 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:

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS & GUPUAS DE LA PLANTA DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 5 de septiembre de 2 016.

**José Alejandro Lemus Torre**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de febrero de 2022  
REF.EPS.DOC.78.02.2022.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Alejandro Lemus Torre** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201114080, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA, S. A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EDSZ/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de febrero de 2022  
REF.EPS.D.51.02.2022

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA, S. A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Alejandro Lemus Torre** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

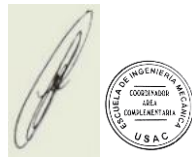


OAH/ra

Ref.E.I.M.020.2022

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS Y GUÍAS DE LA PLANTA DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.** del estudiante **José Alejandro Lemus Torre, CUI 2184538250101, Reg. Académico No. 201114080** y habiendo realizado la revisión de Escuela se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

***“Id y Enseñad a Todos”***



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Revisor  
Coordinador Área Complementaria

Guatemala, febrero de 2022  
/aej

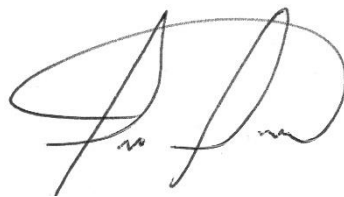
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.078.EIM.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS & GUÍAS DE LA PLANTA DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por: **José Alejandro Lemus Torre**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, abril de 2022



Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.215.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS EN EL TALLER DE CAJAS & GUÍAS DE LA PLANTA DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA S.A.**, presentado por: **José Alejandro Lemus Torre**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Ariabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Quien guía mis pasos en todo momento para tomas las decisiones que me han llevado a cumplir una de mis mayores metas.
<b>Mis padres</b>	Adolfo Lemus y Luisa Torre, que, sin su apoyo incondicional, sacrificio y amor, este logro no sería posible.
<b>Mis hermanos</b>	David y María Fernanda Lemus, por todos los momentos que me han hecho valorar la importancia de la familia.
<b>Mi esposa</b>	Carolina Aguirre, que con su amor y apoyo me ha dado fuerzas y ánimo en los momentos más difíciles.
<b>Mi hijo</b>	Daniel Lemus, quien ha traído felicidad a mi vida y es mi motor para siempre salir adelante.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haber sido mi segundo hogar a lo largo de la carrera.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haber sido mi casa de estudios y darme la oportunidad de llegar a ser profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**      Mi segundo hogar y gran fuente de inspiración.

**Facultad de Ingeniería**      Por los conocimientos adquiridos.

**Mis amigos**      Por ser amistades incondicionales.

**Mis catedráticos**      Por ser importante influencia en mi vida.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación .....	3
1.1.2. Misión .....	4
1.1.3. Visión.....	4
1.1.4. Valores.....	4
1.1.5. Historia.....	4
1.1.6. Objetivos de la empresa .....	7
1.2. Descripción del problema .....	8
1.2.1. Descripción del proceso de laminación .....	9
1.2.1.1. Canales de laminación .....	11
1.2.1.2. Pases de laminación .....	12
1.2.1.3. Equipamientos .....	14
1.2.1.4. Tipos de barras y su empleo .....	15
1.3. Definiciones fundamentales .....	15
1.3.1. Guías de laminación .....	16
1.3.1.1. Guías de entrada .....	17

	1.3.1.1.1.	Guías de entrada estáticas .....	19
	1.3.1.1.2.	Guías de entrada estáticas especiales.....	20
	1.3.1.1.3.	Guías de entrada con rodillos .....	20
	1.3.1.2.	Guías de salida.....	21
	1.3.1.2.1.	Guías de salida estáticas .....	21
	1.3.1.2.2.	Guías de salida especiales.....	21
	1.3.1.2.3.	Guías de salida con rodillos .....	21
	1.3.1.2.4.	Guías de torsión .....	22
	1.3.1.2.5.	Guía separadora.....	22
	1.3.2.	Indicadores de la planta de laminación.....	22
	1.3.2.1.	Utilización .....	24
	1.3.2.2.	Barra laminada / barra perdida .....	24
	1.3.2.3.	Energía de recalentamiento .....	24
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....		27
	2.1.	Indicadores de la planta de laminación .....	27
	2.1.1.	Utilización .....	33
	2.1.1.1.	Cálculo de utilización .....	33
	2.1.1.2.	Optimización de indicador de utilización.....	34
	2.1.2.	Barra laminada / barra perdida .....	35
	2.1.2.1.	Cálculo del BL/BP .....	36
	2.1.2.2.	Optimización BL/BP .....	37

2.1.3.	Energía de recalentamiento .....	37
2.1.3.1.	Cálculo de energía de recalentamiento.....	38
2.1.3.2.	Optimización de energía de recalentamiento.....	39
2.2.	Tipos de fallas recurrentes en las guías de laminación.....	39
2.2.1.	Análisis del problema raíz para cada tipo de falla ...	41
2.2.2.	Tratamientos de falla para cada tipo de recurrencia.....	49
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA, S.A. ....	51
3.1.	Procedimientos de armado y mantenimiento para cada tipo de guías.....	51
3.1.1.	Procedimientos de guías para el tren desbaste .....	57
3.1.2.	Procedimientos de guías para el tren intermedio ....	61
3.1.3.	Procedimientos de guías para el tren acabador .....	65
3.1.3.1.	Productos de 1 hilo .....	67
3.1.3.2.	Productos de 2 hilos.....	68
3.1.3.3.	Productos de 3 hilos.....	69
3.2.	Estándares de dimensiones de guías para cada producto.....	70
3.2.1.	Procedimientos de guías para el tren desbaste .....	72
3.2.2.	Procedimientos de guías para el tren intermedio ....	73
3.2.3.	Procedimientos de guías para el tren acabador .....	74
3.2.3.1.	Productos de 3 hilos.....	75
3.2.3.2.	Productos 2 hilos.....	76
3.2.3.3.	Productos de 1 hilo .....	77
3.3.	Rendimiento de repuestos consumibles de guías .....	78

3.3.1.	Gráfica diámetro – rendimiento por toneladas .....	81
3.4.	Implementación del sistema 5´s en el taller de guías .....	83
3.4.1.	Orden .....	85
3.4.2.	Limpieza .....	88
3.4.3.	Utilización .....	90
3.4.4.	Salud .....	90
3.4.5.	Autodisciplina .....	92
4.	FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN PARA ENTRENAR A LOS OPERADORES ENCARGADOS DEL MANTENIMIENTO DE GUÍAS, EN LA EJECUCIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....	95
4.1.	Planificación de capacitación .....	95
4.1.1.	Objetivo .....	96
4.1.2.	Meta .....	96
4.1.3.	Estrategia .....	96
4.1.3.1.	Programación de la capacitación .....	97
4.1.3.2.	Cronograma.....	99
4.2.	Metodología .....	99
4.2.1.	Método de los 4 puntos .....	100
4.2.2.	Material de apoyo .....	101
4.3.	Resultados .....	101
4.3.1.	Evaluación de aprendizaje.....	104
	CONCLUSIONES .....	105
	RECOMENDACIONES .....	107
	BIBLIOGRAFÍA .....	109

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Productos que fabrica y comercializa Aceros de Guatemala .....	2
2.	Geolocalización de Aceros de Guatemala .....	3
3.	Objetivos de la empresa.....	8
4.	Proceso de laminación .....	11
5.	Variables directas e indirectas que se relacionan con la secuencia en los canales de laminación .....	13
6.	Equipamientos del tren de laminación .....	14
7.	Guía de entrada .....	18
8.	Índices de productividad dentro de la planta de laminación.....	23
9.	Indicadores involucrados en planta de laminación .....	28
10.	Croquis del tren de laminación .....	29
11.	Taller de guías .....	32
12.	Cajón de repuestos .....	36
13.	Control de fallas .....	41
14.	Guía de entrada mal calibrada .....	43
15.	Guía de entrada con desgaste visible .....	43
16.	Guía de entrada con desbastes .....	45
17.	Guía de salida con remaches rozantes .....	46
18.	Guía de salida mal calibrada .....	47
19.	Descuido del personal.....	48
20.	Procedimiento de armado y mantenimiento .....	52
21.	Árbol de problemas para el plan de mantenimiento.....	53
22.	Actividades propuestas para el proceso de armado .....	55



23.	Cajón de repuestos y herramientas de calibración.....	56
24.	Diagrama para calibración de 1 hilo.....	67
25.	Diagrama para calibración de 2 hilos .....	68
26.	Diagrama para calibración de 3 hilos .....	69
27.	Actividades para estandarización en calibración de guías .....	70
28.	Procedimientos de guías para el tren desbaste .....	72
29.	Procedimientos de guías para el tren intermedio .....	73
30.	Procedimientos de guías para el tren acabador .....	74
31.	Acciones para calibrar el tren de laminación con productos de 3 hilos .....	75
32.	Acciones para calibrar el tren de laminación con productos de 2 hilos .....	76
33.	Acciones para calibrar el tren de laminación con producto de 1 hilo ....	77
34.	Grafica diámetro – rendimiento por toneladas .....	82
35.	Criterios de evaluación .....	84
36.	Requisitos en la zona de taller .....	85
37.	Temas dentro de la estrategia de capacitación.....	97

## TABLAS

I.	Cronología de expansión y crecimiento de Aceros de Guatemala .....	5
II.	Categorías para las guías de laminación .....	17
III.	Paros no programados por el taller de guías de laminación.....	30
IV.	Control de fallas recurrentes.....	39
V.	Ejemplo de plan de producción mensual .....	54
VI.	Programa de mantenimiento de las guías para el tren de desbaste.....	57
VII.	Programa de mantenimiento de las guías para el tren intermedio .....	61
VIII.	Programa de mantenimiento de las guías para el tren acabador .....	65
IX.	Tabla de estandarización de guías según producto .....	71

X.	Rendimiento de repuestos consumibles de guías .....	80
XI.	Rendimiento de repuestos consumibles por tonelada .....	81
XII.	Sentido de orden .....	86
XIII.	Sentido de limpieza .....	89
XIV.	Sentido de salud .....	91
XV.	Sentido de autodisciplina .....	92
XVI.	Cronograma de actividades .....	95
XVII.	Puntos de la capacitación .....	98
XVIII.	Cronograma de capacitación.....	99
XIX.	Acciones del método de los 4 puntos .....	100
XX.	Resultados de evaluación de la teoría en el desarrollo de la capacitación .....	102
XXI.	Resultados de evaluación de las practicas realizadas en el proceso de capacitación .....	103



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>GPa</b>	Gigapascales
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kV</b>	Kilovoltio
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>MPa</b>	Megapascales
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metro cúbico por hora
<b>m/s</b>	Metro sobre segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Nm</b>	Newton-metro
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>ft/s</b>	Pies sobre segundo
<b>%</b>	Porcentaje
<b>psi</b>	<i>Pound force per square inch</i>
<b>In (pulg)</b>	Pulgadas
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>Fe</b>	Símbolo del elemento químico hierro
<b>ton</b>	Tonelada



## GLOSARIO

<b>Agua residual</b>	Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
<b>Biodegradable</b>	Es el producto o sustancia que puede descomponerse en sus elementos químicos que los conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales.
<b>Bunker</b>	Combustible que normalmente proviene de la primera etapa del proceso de refinación (destilación atmosférica), viscoso y con alto contenido energético, lo cual lo hace apto para ser usado en calderas, hornos y en las plantas de generación eléctrica.
<b>Calentamiento global</b>	Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad, además de su continuo aumento que se proyecta a futuro.
<b>Contaminación</b>	Pertenencia de cualquier impureza material o energética, en un medio a niveles superiores a los normales.

<b>Confiabilidad</b>	Probabilidad de que una parte de la maquina o equipo esté funcionando adecuadamente en un momento preciso y bajo circunstancias definidas.
<b>Demanda</b>	Hace referencia a la cantidad de bienes (productos) o servicios que se solicitan o se desean en un determinado mercado de una economía a un precio específico.
<b>Desgaste</b>	Partículas pequeñas de material producidas por el rozamiento de dos superficies en contacto.
<b>Evaluación</b>	Valoración de conocimientos, actitud y rendimiento de una persona o de un servicio.
<b>Lubricación</b>	Tarea con el fin de controlar el desgaste entre dos superficies.
<b>Merma</b>	Disminución o reducción del volumen o la cantidad de una cosa.
<b>Meta</b>	Objetivo o propósitos a alcanzar.
<b>Monitoreo</b>	Proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada

<b>Orden de trabajo</b>	Instructivo en el cual se describe las tareas de mantenimiento a realizar por el departamento de mantenimiento.
<b>Planeación estratégica</b>	Arte y ciencia de formular, implantar y evaluar decisiones interfuncionales que permitan a la organización llevar a cabo sus objetivos.
<b>Sistema CIP</b>	Por sus siglas <i>Cleaning in Place</i> , es aquel que permite llevar a cabo la limpieza de tuberías, equipos y accesorios en línea, bombeando en contracorriente agua mezclada con algún tipo de detergente.
<b>Tiempo muerto</b>	Tiempo en el cual se detiene el proceso productivo.
<b>Tolerancia</b>	Diferencia dimensional entre un agujero y un eje.





## RESUMEN

El enfoque del presente trabajo está fundamentado en la situación actual del mantenimiento correctivo en el Taller de Guías en la planta de Laminación de Aceros de Guatemala S. A. basado en un diagnóstico general realizando un estudio de investigación, se encontraron los puntos fuertes y débiles del taller, ha permitido enfocar y proyectar de manera técnico y profesional el mantenimiento preventivo que conlleva como objetivo final, disminuir los paros en el proceso de producción de la planta que por falta de previsión en el mantenimiento de maquinaria y equipo como: lubricación, falta de stock de repuestos, capacitación al personal, planificación y coordinación, provocan directa e indirectamente paros en el proceso de producción.

Partiendo de esta problemática se establecieron tres enfoques fundamentales dentro del estudio técnico profesional los cuales son los pilares del sistema de gestión de mantenimiento preventivo: Mejoramiento del departamento de mantenimiento, metodología del mantenimiento preventivo y mantenimiento preventivo.

El mejoramiento del mantenimiento preventivo está basado en las técnicas científicas aplicadas en el taller que permite establecer la base donde se fundamenta el manejo de mantenimiento, que proporciona importante información para crear un preventivo basado en la mejora continua.

Conociendo la complejidad de cada guía de laminación, se determinaron los puntos clave de mantenimiento preventivo lo que permitió elaborar rutinas de mantenimiento propias de las diferentes guías para laminación que consisten en

aspectos relevantes como: ¿Qué se debe hacer?, ¿Cuándo se debe hacer?, ¿Cada cuánto se debe hacer?, ¿Dónde se realizará?, ¿Qué se utilizará? y de esta manera obtener un procedimiento más realista y efectivo para el mantenimiento de cada tipo de guía.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Implementar un sistema de gestión de mantenimiento que permita mejorar el control de las guías que intervienen en el proceso de laminación de barras y alambión.

### **Específicos**

1. Determinar las acciones necesarias para reducir en un 70 % los paros no programados de producción ocasionados por anomalías en las guías de laminación aumentando los indicadores de producción; disminuir el costo de producción, reducir las interrupciones del proceso y reducir la pérdida metálica.
2. Concientizar a los colaboradores involucrados en la importancia del mantenimiento preventivo, con el propósito de desarrollarlo efectiva y eficientemente.
3. Capacitar a los mecánicos especialistas y mecánicos del taller de guías de la planta de laminación en temas relacionados a mantenimiento de guías, como desarrollar un buen mantenimiento, como garantizar que el equipo se entrega en óptimas condiciones para trabajar, lubricación y desgaste.
4. Determinar el funcionamiento del objeto intervenido y el trabajo que cada equipo realiza dentro del mismo.

5. Capacitar al personal operativo de mantenimiento en temas relacionados con tareas mecánicas que realizan diariamente.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en implementar un Sistema de gestión de mantenimiento en el taller de Cajas y Guías de la planta de laminación. Específicamente esto permitirá utilizar los equipos en su máxima eficiencia prolongando también su ciclo de vida. Tal sistema reducirá las interrupciones y pérdidas del proceso productivo mejorando los indicadores de gestión de la planta: energía de recalentamiento, utilización y pérdida metálica; aumentará el rendimiento de cada guía utilizada en el proceso de laminación y garantizará la prevención de fallas y averías.

Surge la necesidad de implementar un sistema de gestión de mantenimiento, ya que este no existe. Por la falta de tal sistema, no se lleva el control de varios aspectos importantes como el control de los repuestos consumibles, es decir, tener el conocimiento de cómo se comporta cada componente de las guías (rodamientos, estáticas, narices, entre otros), en toda su vida útil, ya que sufren desgaste al tener contacto con la palanquilla de acero a 1 150 °C.

También es importante, crear en el taller una buena cultura de mantenimiento, instruyendo a cada colaborador en temas relacionados a desgaste, materiales, lubricación, entre otros. Se elaborarán procedimientos de mantenimiento y armado de guías, así también, estándares sobre las dimensiones ideales de cada componente de las diferentes guías utilizadas en laminación y así evitar inconvenientes o paros no programados en el proceso productivo de laminación de barras y alambón.



# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Aceros de Guatemala nace con el sueño de lograr construir el consorcio de empresas que logren satisfacer la demanda industrial en Guatemala de hierro, tubería industrial, perfiles, prefabricados y trefilados. Así fue como en el año 1953 inician sus operaciones en el país con la compra venta de productos esenciales o de primera necesidad, conforme transcurrió el tiempo lograron diversificarse y fueron expandiendo sus operaciones, enfocándose en productos relacionados a la fabricación y comercialización del hierro.

La empresa logra posicionarse como una corporación industrial, donde es representada en el sector industrial con fabricación, exportación y venta interna de hierros y productos derivados de hierro que al ser transformados adoptan formas de accesorios necesarios en la construcción de edificios, comercios y viviendas.

La empresa está comprometida interna y externamente al cuidado del medio ambiente, además de proveer a su personal un entorno seguro, adoptando medidas preventivas que permitan mitigar la descarga de partículas contaminantes al medio ambiente, con el personal se establecen protocolos de seguridad industrial que fueron distribuidos, replicados y puestos en práctica empleando capacitaciones constantes. Por el tipo de producción y ritmo intermitente Aceros de Guatemala es una de las empresas que procesan altas cantidades de productos que satisfacen la demanda constante del país, no solamente para el consumo interno, también para su exportación.



Figura 1. **Productos que fabrica y comercializa Aceros de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Los productos que se encuentran en su catálogo de ventas son fabricados y producidos en serie en sus instalaciones, las materias primas son importados, se emplean controles de calidad para la adquisición de las mismas y controles de calidad previo a colocar los productos en venta.

### 1.1.1. Ubicación

Las oficinas administrativas se encuentran localizadas en la Avenida de las Américas 18-81 zona 14. La planta de procesamiento y fabricación de sus productos se encuentra localizada en el Parque industrial SIDEGUA ubicada en el kilómetro 65,5, antigua carretera a puerto San José, Masagua, Escuintla, Guatemala.

Figura 2. Geolocalización de Aceros de Guatemala



Fuente: Google Maps. *Ubicación geográfica.*

<https://www.google.com/maps/place/SIDEGUA/@14.2292915,-90.8204651,4838m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8588e3cc17b69a79:0x11cace1f79e87b80!8m2!3d14.2320935!4d-90.8155769>. Consulta: 12 enero 2019.

SIDEGUA forma parte de la corporación Aceros de Guatemala, por acuerdos y políticas internas mercantiles, comparten instalaciones, líneas de producción, bodegas y ciertos equipos para procesar los diferentes productos que luego son dispuestos al comercio interno y externo del país. Su ubicación es estratégicamente desarrollada para distribuir de mejor forma sus productos.

### **1.1.2. Misión**

“Somos un equipo comprometido a ofrecer soluciones integradas e innovadoras con productos de calidad y el mejor servicio para ser la preferencia de nuestros clientes, siendo socialmente responsables”.<sup>1</sup>

### **1.1.3. Visión**

“Crecer en forma sostenible para ser la opción número uno del cliente, a través de una cultura de excelencia y responsabilidad, generando un impacto positivo en los mercados donde actuamos”.<sup>2</sup>

### **1.1.4. Valores**

“Nuestros valores nos identifican, diferencian de los demás y retan a ser mejores. A su vez, estos definen nuestra forma de ver las cosas, de pensar y actuar. Más que palabras, representan acciones diarias que determinan nuestro carácter e individualidad”.<sup>3</sup>

### **1.1.5. Historia**

Aceros de Guatemala, inicia operaciones en el año 1953. Se encontraban instalados en la zona 1 de la ciudad capital de Guatemala, iniciaron con el nombre Distribuidora Universal, su giro comercial se basó en la compra-venta de productos de consumo diario relacionados a la canasta básica y accesorios de casa. Luego de eso su giro comercial muto hacia la distribución de productos

---

<sup>1</sup> Corporación Aceros de Guatemala, S.A. *Quienes somos: Misión*. <https://www.corporacionag.com/es/misión-visión-valores-ag>. Consulta: 12 de enero de 2019.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> *Ibíd.*

derivados del acero, los primeros productos con los que comercializaron fueron: alambre espigado, clavo, hierro, lámina acanalada.

Tabla I. **Cronología de expansión y crecimiento de Aceros de Guatemala**

<b>Año</b>	<b>Acontecimiento</b>
1956	DISTUN, fue el resultado de la evolución del negocio de Distribuidora Universal. Estableciendo su primer punto de venta en la 20 calle 7-62, zona 1 de la ciudad capital, Guatemala. En sus inicios distribuían productos derivados del acero.
1963	Expandieron sus operaciones evolucionando a ser Aceros de Guatemala, se instalaron en la 33 calle 25-05 zona 12 siempre en la ciudad de Guatemala. A partir de ese año inician con la fabricación de productos derivados del acero, introduciendo a su catálogo de venta: clavos, grapas y alambre espigado patentando la marca AG 400.
1965	Inician la fabricación de varilla de hierro 3/8" a 1" empleado en la construcción de viviendas o edificios, en la transición de 1965 a 1968 inauguraron la planta de procesamiento de lámina galvanizada de tipo acanalada.
1970	Incursionan con expansión en sus líneas de producción, acoplado una laminadora de tipo electrónica y de origen alemana, tenía la capacidad de producir tres mil toneladas de alambros al mes, siendo ese producto la materia prima para fabricación del alambre y varilla de hierro. Hacia 1974 adquirieron dos hornos eléctricos para procesar lingotes de metal, empleando fundición de chatarra, su producción mensual fue de mil toneladas.
1987	Adquirieron la planta INTUPERSA, con la esa adquisición inicio la fabricación de tubería industrial y perfiles metálicos.
1991	Se realiza una de sus mayores compras, adquieren el terreno donde se instala el Parque industrial SIDEGUA construyendo la planta de acería. En ese mismo año construyeron la primera distribuidora de productos nombrada DISTUN, la cual se ubicó en la zona 11 de la ciudad capital en Guatemala.
1995	Expanden la fabricación de productos iniciando con la fabricación de clavos y alambres en la planta INDETA. Paralelamente se inaugura una nueva sala de ventas DISTUN en la zona 17, ruta al Atlántico.
1999	Instalan un nuevo punto de venta, estableciéndolo en carretera a El Salvador en el kilómetro 22,5 siempre bajo la marca DISTUN.

Continuación de la tabla I.

2000	Se realiza modificaciones y expansiones en SIDEGUA, incorporando la fabricación de malla electrosoldada, produciéndola en plancha o en rollo. Ese año incorporaron el proyecto llamado Arcoíris, por medio de esa gestión de proyecto diseñan y lanzan la reingeniería corporativa que promovió diferentes modificaciones, procesos, rediseños en la estructura organizacional e implementaciones de nueva tecnología. Transcurriendo el año 2 000 hacia los siguientes 8 años se dio la explosión de puntos de venta, posicionándose en Zona 12, Chimaltenango, Escuintla y hacia Oriente en El Rancho.
2008	Se presentan extensiones en la planta de laminación, se inicia la fabricación de varilla corrugada, se incorpora también la fabricación de alambón, siempre en el parque industrial SIDEGUA.
2010	Para ese año se fabricaba en INDETA las plantas de procesamiento de malla electrosoldada, perfiles y trefilación, por Junta Directiva se estableció emigrar todas esas líneas de producción hacia SIDEGUA. Se expanden inversiones hacia Honduras, comprando el 100 % de las acciones de la empresa DIFEMOSA. Luego de eso se inician la fabricación y producción de alambre galvanizado y trefilación.
2015	Se incorpora en SIDEGUA operaciones de corte y doble, ofreciendo servicios de cortado o conformado de acero para lograr eficientizar costos y tiempos de operación en diversas construcciones donde se emplean estos productos.
2017	Acero de Guatemala, presenta una nueva línea de expansión de productos, iniciando la fabricación y comercialización de la varilla de hierro A706, incorporando una nueva composición química para ayudar en la absorción de energía en sistemas intensos.
2 018	Se introduce fuertemente al mercado de la construcción la varilla de hierro A706. Ese mismo año se renueva y transforma su imagen comercial, mutando de Aceros de Guatemala hacia Corporación AG, se caracterizaron por promover y ofrecer nuevos productos de alta calidad, excelente servicio y ser así la mejor opción al mercado interno guatemalteco y el mercado externo con demanda en productos de hierro y sus derivados en la construcción de obra civil o construcción industrial.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel. 2021.

De esa forma fue la transición desde sus inicios de Aceros de Guatemala hacia lograr consolidarse como Corporación AG. Siendo un pilar destacado en la comercialización, producción y venta de hierro con sus derivados de mayor demanda en el mercado interno y mercado externo, todos sus productos son

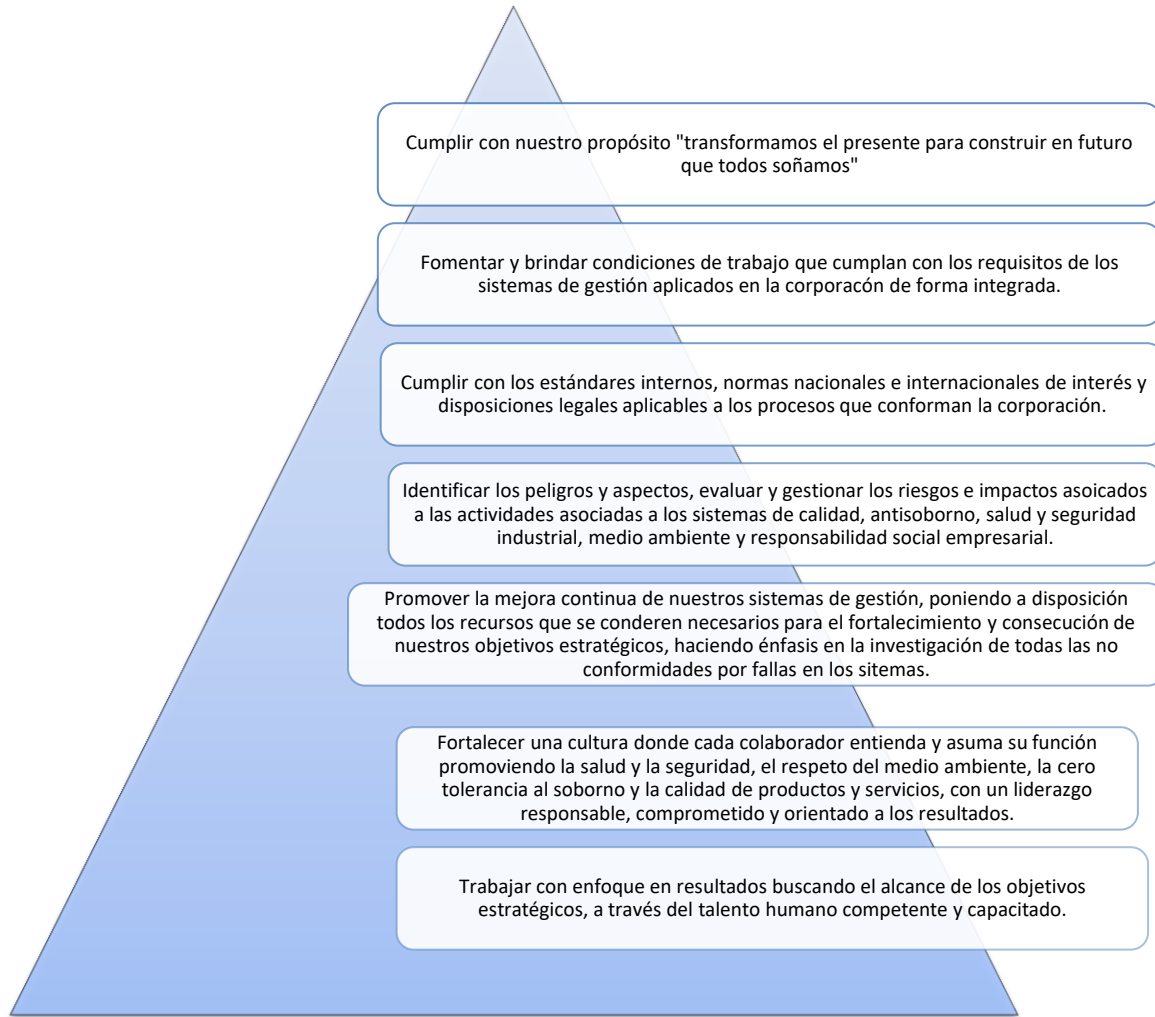
demandados constantemente por su trayectoria y consolidación en garantía establecida en sus materiales, los cuales han sido sometidos a diferentes programas de monitoreo y evaluación en control de la calidad.

La Corporación AG ha logrado diversificar en sus líneas de producción, los insumos que emplean son importados de fuentes extranjeras donde sus procedimientos y procesos de fabricación trabajan bajo Normas estrictas de control de calidad, por eso la empresa garantiza que al ser producidos los diferentes articulados para la construcción podrán cumplir con el tiempo estimado de vida que se ofrece por la empresa, así como los límites de tensión, carga y corrosión a los cuales podrán ser expuestos constantemente.

#### **1.1.6. Objetivos de la empresa**

Corporación AG desarrollo un conjunto de acciones que conforman sus objetivos como empresa, estos forman parte de su política corporativa en la gestión de calidad.

Figura 3. **Objetivos de la empresa**



Fuente: Corporación AG. *Política corporativa de gestión.*

<https://www.corporacionag.com/es/politica-corporativa-de-gestion>. Consulta: 12 de enero de 2019.

## 1.2. Descripción del problema

En el proceso productivo de barras y alambión existen ciertos desvíos que impiden que se cumplan las metas y se lleguen a los objetivos propuestos (los

indicadores de producción: energía de recalentamiento, utilización y pérdida metálica.

Haciendo investigaciones por cada barra de acero que se ha perdido, se ha llegado a la conclusión de que alrededor del 30 % de las barras perdidas, son producidas por un conjunto de componentes esenciales para la producción que son las guías de laminación. Una falla en la funcionabilidad de la guía, puede llegar a ocasionar pérdidas metálicas, lo que conlleva a paros de producción no programados, seguido de incumplimiento de objetivos, metas e indicadores.

En el año 2018 se presentaron 25 paros de producción no programados por el incorrecto funcionamiento de las guías de laminación. Se analizaron varias causas raíces de estos problemas y se determinó que influyen varios factores como falta de procedimientos a seguir para el armado y mantenimiento de guías, estándares sobre dimensiones útiles de cada guía desactualizados o no existentes y falta de control sobre repuestos que se necesitan para cubrir los requerimientos del programa de producción para el tren de laminación.

### **1.2.1. Descripción del proceso de laminación**

Diferentes autores podrían describir el proceso de laminación como parte de la transformación plástica que pueden presentar algunos metales sometidos a diferentes fuerzas o cargas aplicadas de forma longitudinalmente o transversal en algún momento determinado, con la intención de ser transformados o modelados según las características y diseños esperados.

Durante este proceso de transformación pueden ser sometidos a compresión empleando rodillos laminadores que se encuentran giran en sentido contrario uno respecto al otro, la forma en que ingresa el material es en barra,



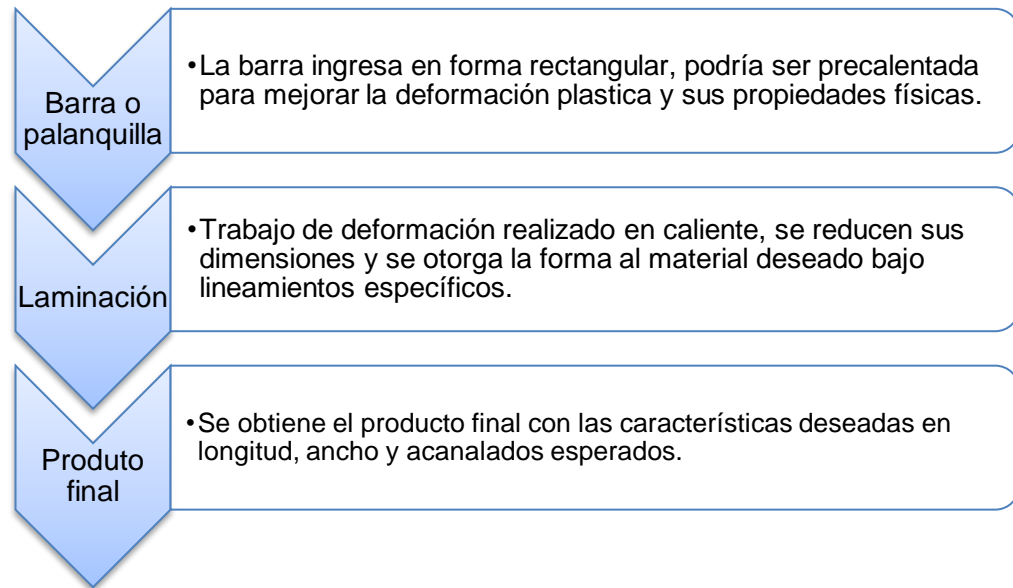
transformándola en perfiles específicos en tamaño y forma determinada, según el requerimiento técnico de la guía de producción.

Las cargas y fuerza que son ejercidas mediante los rodillos laminadores ocasionan deformación de tipo alargamiento en sentido longitudinal, además proporciona ensanchamiento en su eje transversal, el trabajo dependerá de la proporción y el tamaño de la barra de metal que se desea transformar, sometiéndola al nivel de energía necesaria para moldear de forma regular el producto esperado. Reduciendo así su sección transversal en cada fase de transformación durante ese proceso de laminación.

Así es como los diferentes productos esperados son sometidos al arrastre de las fuerzas de rozamiento provistas por las superficies de contactos de los cilindros que se encuentran efectuando el trabajo principal, de esa forma se procesa el metal laminado. Las cargas de fuerzas dependerán de la aleación de cada barra de material base que será procesado y del producto final esperado.

El tren de laminación que será empleado requerirá de la relación existente en la velocidad específica disponible entre los dos rodillos laminadores, eso permitirá emplear mayor tracción y resistencia hacia los rodillos, si el porcentaje de velocidad entre los rodillos y el material de transformación incrementa el trabajo de compresión será relativo por cada milímetro cuadrado procesado, si la relación de velocidad contra el material es baja, su trabajo será con mayor detalle, obteniendo acabados finos y con mayor realce. De igual forma a menor velocidad, será mayor la potencia empleada, otro fenómeno obtenido en ese proceso es el desgaste de los cilindros laminadores.

Figura 4. **Proceso de laminación**



Fuente: Corporación AG. *Departamento de producción*. <https://www.corporacionag.com/>.  
Consulta: 12 de enero de 2019.

En condiciones adecuadas los cilindros agarran y arrastran el material que pasa entre ellos y sale, en seguida, con un espesor menor que aquel que tenía inicialmente, con un largo mayor y con un ancho mayor que al inicio. Cabe mencionar que el proceso de laminación es realizado sin remoción de material. El volumen y la masa de las condiciones iniciales se mantienen constantes.

#### **1.2.1.1. Canales de laminación**

Los cilindros que se usan en el proceso de laminación poseen canales, que son ranuras concéntricas torneadas en los cilindros. Se puede definir como el espacio que existe entre los dos cilindros, en posición superpuesta.

Los canales deben seguir determinadas reglas de agrupamientos o de combinaciones, es decir posiciones sucesivas en la secuencia de pases.

### **1.2.1.2. Pases de laminación**

Se llama así a la acción a la cual se somete un material al ser pasado entre dos cilindros que se encuentran en rotación. El acero en caliente, soporta la reducción de área dentro de ciertos límites. Por eso, el material se somete a diversos y sucesivos pases de laminación. La serie de canales, a través de los cuales el material pasa sucesivamente, es llamada secuencia de pases.

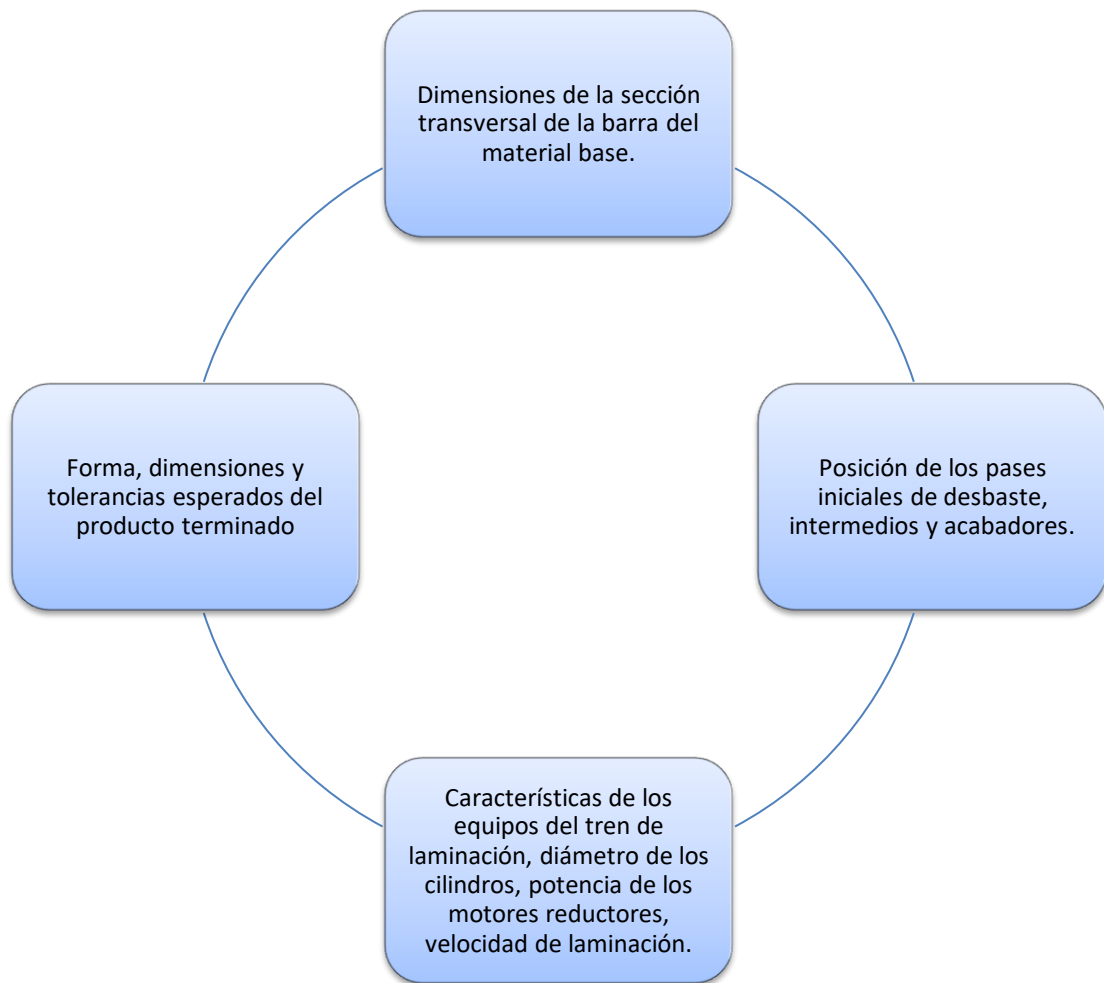
Para el proceso de laminación pueden ser empleados dos tipos de pases, uno de ellos es denominado pase plano, para ese proceso es empleado dos cilindros lisos con pase plano, se utilizan cilindros con canales. El comportamiento del material es diferente si se lamina con un pase plano o en un pase no plano, ya que con un pase plano el material obtiene un ensanchamiento libre, mientras con un pase no plano, obtiene un ensanchamiento restringido.

Otro aspecto relevante en los pases es emplear la debida calibración, se conoce así al conjunto de pases sucesivos que permiten garantizar la obtención del producto final esperado, con las dimensiones establecidas por el fabricante o por la orden de producción.

La ciencia empleada para procesar lo relacionado a metal-mecánica establece diferentes variables que participan en los pases de laminación, pueden disponerse de mecanismos fijos y mecanismos móviles para lograr dar la forma esperada al material base que será transformado, dependerá de diversos escenarios donde actuaran cargas externas y maquinas especializadas para procesar según los requerimientos específicos del mercado demandante, pueden

producirse perfiles para construcción, laminas acanaladas hasta tuberías para trasladar fluidos dentro de una misma instalación.

Figura 5. **Variables directas e indirectas que se relacionan con la secuencia en los canales de laminación**



Fuente: ENRÍQUEZ, José. *Monografías sobre tecnología del acero*. p. 23.

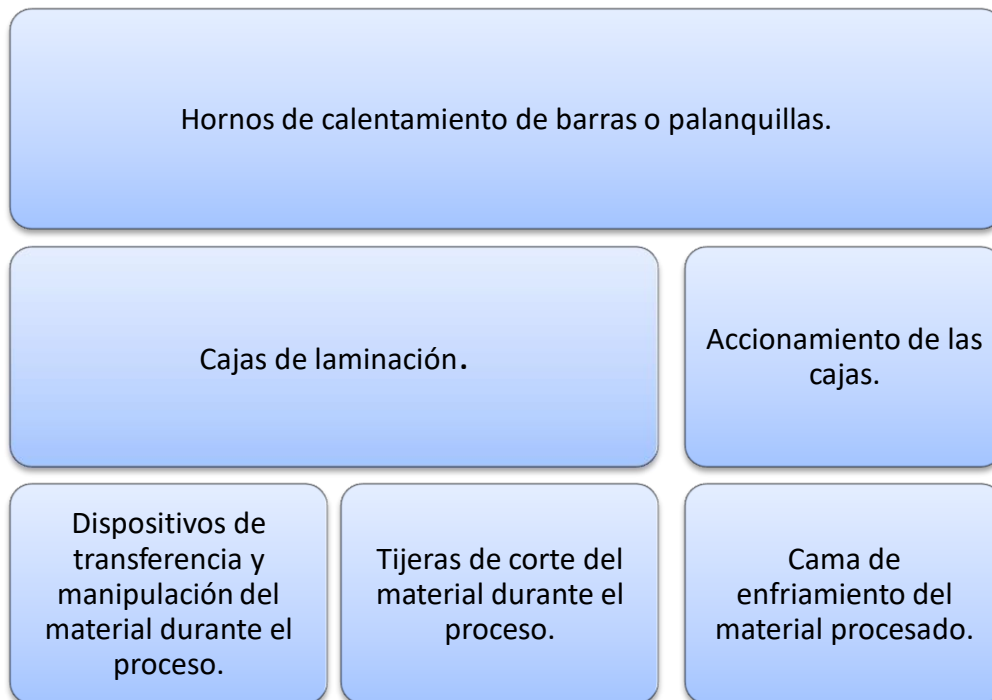
Se citaron los aspectos relevantes e influyentes en el proceso empleado según los pases de laminación requeridos, el acabado final dependerá de los

pases establecidos, el diseño iniciará con las requisiciones del departamento de ventas, luego será el departamento de producción responsable de obtener el adecuado modelo sostenible de producción, reduciendo las posibles causas de fallas y fuentes de desperdicios, con el fin de optimizar el proceso productivo.

### 1.2.1.3. Equipamientos

En mayor porcentaje de procesos productivos empleando trenes de laminación deberán poseer por lo menos los siguientes equipamientos, para garantizar el adecuado ritmo de producción y minimizar mermas por cada barra de material base.

Figura 6. Equipamientos del tren de laminación



Fuente: ENRÍQUEZ, José. *Monografías sobre tecnología del acero*. p. 1-3.

El tren de laminación sin importar su posicionamiento superior o inferior, deberá contener estos seis requerimientos mínimos, con los cuales se podrán obtener trabajos detallados y específicos sobre el material base. De no poseer estos equipamientos no se podrá garantizar la producción con acabados esperados por el diseño ofrecido o propuesto hacia los consumidores.

#### **1.2.1.4. Tipos de barras y su empleo**

Las barras dependerán de los moldes empleados por el fabricante en el proceso de fundición, las empresas emplean un círculo de producción total, diseñan los moldes para un solo dimensionamiento, eso propone que sus barras obtenidas serán homogéneas, con esas dimensiones homogéneas los cambios y configuraciones al momento de producción serán mínimas, se obtiene así ahorro económico y optimización de tiempo empleado en los procesos productivos.

### **1.3. Definiciones fundamentales**

El desarrollo técnico de la investigación proporcionara la idea general del uso y comportamiento de los diferentes dispositivos o mecanismos que se emplean en los trabajos de laminación, para lograr comprender con aspectos fundantes se adhiere a la investigación un conjunto de definiciones de aspectos relevantes que se considera oportuno describir y fortalecer así el contexto de lo que se puede describir.

Se podrá identificar el conjunto de dispositivos alineados en la entrada y la salida de los pases de laminación, estos dispositivos colocados en la entrada cumplen la función de guiar y orientar el material que será transformado (barra de metal) en la posición necesaria o correcta durante se realice el pase. En la

salida las guías reciben el material que ya fue procesado, será posicionado y guiado hacia el siguiente pase laminación.

Estas definiciones fundamentales serán descritas con información de la empresa, libros bibliográficos que son empleados por algunas empresas para la programación de los mantenimientos preventivos y correctivos.

### **1.3.1. Guías de laminación**

Los primeros laminadores tenían solo cajas y cilindros. El material era posicionado en los canales y mantenido en posición, durante la laminación por medio de tenazas manuales. Por esa razón, se conocía el proceso como laminación a mano. Durante la laminación, los operadores introducían el material del lado de la entrada, en el canal de laminación y se aseguraban que no saliera del canal. Del lado de la salida, otros operadores conducían el material hacia el siguiente pase de laminación. De esta manera se conseguía producir barras, normalmente de secciones redondas, cuadradas o rectangulares.

A medida que el proceso de laminación se fue desarrollando como medio de producción de barras, se fueron desarrollando equipamientos auxiliares. Entre los equipamientos auxiliares, las guías de laminación fueron las que causaran uno de los mayores impactos en la evolución del proceso de laminación. Las primeras guías en existir, eran dispositivos muy simples. A medida en que aumentaron las exigencias en términos de calidad, productividad, seguridad y costos, las guías fueron evolucionando.

Tabla II. **Categorías para las guías de laminación**

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Guía de entrada	Este tipo de mecanismo se sitúa de lado de la caja de laminación por donde ingresa el material que será laminado.
Guía de salida	Este otro mecanismo se sitúa en el extremo final, por donde el material será guiado hacia el siguiente pase de laminación.

Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.  
Consulta: 12 de enero de 2019.

#### **1.3.1.1. Guías de entrada**

En la empresa pueden ser encontradas o llamadas guías secas. Fueron las primeras guías creadas históricamente pero que en la industria metal-mecánica todavía se encuentran en uso por su alto nivel de eficiencia y desempeño. Generalmente, en los primeros pases de secuencia del desbaste son usadas. En estos casos las guías son piezas simples debidamente fijadas en un barrón y se utilizan para conducir y garantizar que la pieza laminada llegue al canal de laminación designado.

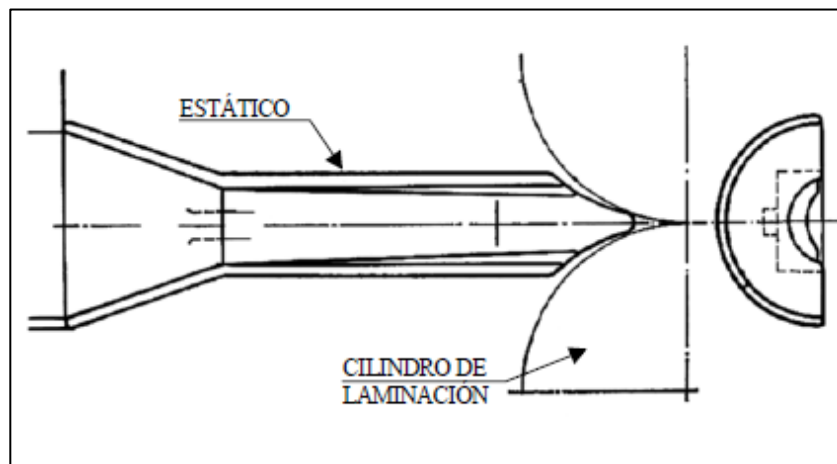
Las guías estáticas son construidas, torneadas, ajustadas y montadas con las dimensiones fijas, predeterminadas en el proyecto. Una característica que tienen estas guías, es que el material laminado fricciona directamente por deslizamiento sobre las partes internas de las guías. Esa fricción directa lleva que ocurra un desgaste de las guías y también a la posibilidad de que se crean grietas o cortes en la superficie del material laminado que podrían finalmente ser transformados en defectos superficiales del producto acabado.



Además, la parte frontal de las guías debe conducir al material laminado hasta lo más próximo posible del canal de laminación, sin contacto con los cilindros y a la vez, teniendo el mínimo contacto posible con el material. La parte inicial debe ser alineada o encauzada con inclinación de ángulo adecuado, procurando facilitar la entrada de material a eso se le nombra embudo de entrada. Luego de eso se presenta una segunda fase con menor inclinación, esa estará adecuado al perfil de la sección de la parte final.

En el último tramo, las guías emplean paredes paralelas donde el material será dirigido hasta ingresar al canal de laminación. Se deberá disminuir el contacto entre el material y las guías para reducir el desgaste de las partes internas de la guía. La trayectoria interna es proyectada con menor longitud para que permita garantizar el guiado del material hasta el canal de laminación.

Figura 7. **Guía de entrada**



Fuente: GERDAU, A. *Manual de laminación*. p. 85.

Las guías pueden provocar ciertos problemas del corte superficial en el material en laminación. La causa de ese problema es que surgen desgastes o

grietas en las superficies internas de las guías. El desgaste genera irregularidades superficiales que se transforman en defectos del producto acabado y se acumulan limaduras en la parte final de la guía, que después de cierto tiempo, la cantidad aumenta al punto de interrumpir la laminación provocando pérdidas de barras y tiempo operacional. Para minimizar estos problemas, se desarrollan materiales que presentes características de resistir el desgaste por abrasión y que no provoquen deformaciones superficiales al material laminado.

#### **1.3.1.1.1. Guías de entrada estáticas**

Debido a que las guías estáticas son fijas y no tienen dispositivos de ajustes o regulación de dimensiones, para funcionar correctamente tienen que ser alineadas de forma adecuada, construidas y ajustadas de acuerdo a la medida que se laminará y montadas en las cajas con los debidos cuidados de posicionamiento en relación al canal.

Actualmente, para fabricar guías se utilizan materiales como hierro fundido ligado modular, con algunos tipos de acero de aleaciones especiales y tratados térmicamente y aceros inoxidables tratados. Las propiedades básicas para las guías estáticas son la dureza, necesaria para conseguir la abrasión combinada con tenacidad para resistir los impactos y blandura para no provocar irregularidades en el material.

Los materiales deben obligatoriamente operar a temperaturas lo más altas posibles, teniendo en cuenta su alta sensibilidad a las grietas o fisuras térmicas. Para conservar las características de estos materiales a la hora de trabajar a altas temperaturas, es muy importante el enfriamiento tanto el sistema de distribución, como el volumen de agua empleada.

Los materiales deben obligatoriamente operar a temperaturas lo más altas posibles, teniendo en cuenta su alta sensibilidad a las grietas o fisuras térmicas. Para conservar las características de estos materiales a la hora de trabajar a altas temperaturas, es muy importante el enfriamiento tanto el sistema de distribución, como el volumen de agua empleada.

#### **1.3.1.1.2. Guías de entrada estáticas especiales**

En los pases acabadores donde la velocidad de laminación es muy elevada y los espacios entre las cajas son pequeños, el tiempo entre los pases no permite que el calor generado por la deformación de la barra se disipe. Esto hace que la temperatura del material aumente y la barra termina el último pase a una temperatura mucho más alta, quedando con una estructura metalúrgica inadecuada con granos interiores gruesos pudiendo llegar a un estado de súper plasticidad inadecuada para la laminación.

Para resolver este problema fueron instalados tubos de enfriamiento entre las cajas para disminuir la temperatura antes de cada pase. Las guías estáticas combinadas con tubos de enfriamiento simplifican los montajes y se adecuan a los reducidos espacios ente las cajas de laminación.

#### **1.3.1.1.3. Guías de entrada con rodillos**

Son destinadas a disminuir los puntos de fricción directa del material laminado con la parte interna de las guías. Utilizando estas guías se logra obtener productos acabados una mejor calidad superficial, una mayor velocidad en laminación y la facilidad el ajuste y montaje de las guías ya que el uso de rodillos

elimina la fricción del material. Garantizan la forma y la simetría del material en la salida del pase de laminación, de acuerdo con la calibración.

### **1.3.1.2. Guías de salida**

En principales funciones son dirigir la punta de la barra (cabeza) que está siendo procesada o laminada hacia el siguiente pase de laminación.

#### **1.3.1.2.1. Guías de salida estáticas**

Se posicionan en la parte inicial del tren de maquilado, es la parte más próxima al canal de laminado, se emplea un bisel para facilitar la entrada de la barra.

#### **1.3.1.2.2. Guías de salida especiales**

Con esta guía se consigue, partiendo de una sola línea de laminación, dividir un pase de forma especial en dos o más líneas, que son acabadas simultáneamente. Se compone de un cuerpo con dos rodillos superpuestos, que dividen la sección en dos o más líneas que son separadas y guiadas para canales diferentes. Con esta guía se aumenta la capacidad y la productividad de los procesos laminadores y una significativa reducción de los costos de producción.

#### **1.3.1.2.3. Guías de salida con rodillos**

Brindan un posicionamiento preciso de la barra para que entre correctamente en la guía de entrada del siguiente pase de laminación evitando así daños superficiales al material laminado.

#### **1.3.1.2.4. Guías de torsión**

Esta guía es la encargada de forzar el pase con sección transversal de forma ovalo, a adquirir un movimiento de giro en torno a su eje longitudinal, de tal manera que, al entrar en la guía de entrada del pase siguiente, entre con un giro de 90 ° en relación a su posición de salida del pase anterior.

#### **1.3.1.2.5. Guía separadora**

En el tren de laminado se emplea para separar y alinear los componentes de guiado hacia el canal de laminación, eso es fundamental con la caja de modelado para reducir los problemas de mala alineación, principalmente se deberá respetar la orden de trabajo superior ya que cada uno de los laminadores tiene su técnica especial o criterio para alinear el canal.

### **1.3.2. Indicadores de la planta de laminación**

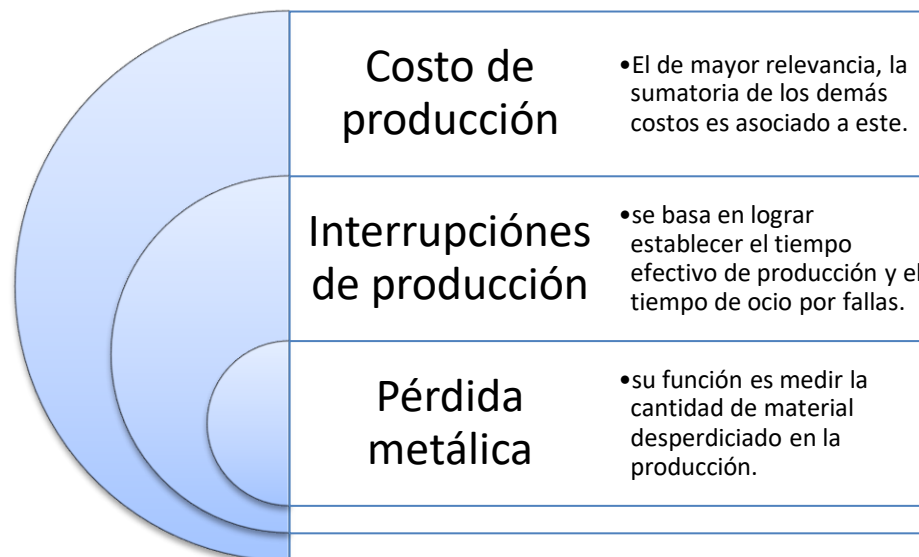
La existencia de indicadores de gestión en un sistema de producción es de vital importancia para la implementación de procesos productivos, dado que permiten la ejecución de ciclos de mejora continua, además de funcionar como parámetros de viabilidad en los procesos.

La productividad se define como la eficiencia de un sistema de producción, es decir, el cociente entre el resultado del sistema productivo y la cantidad de recursos utilizados. La productividad se define como una variable que indica que tanto se aleja o se acerca la producción del objetivo principal de la empresa.

Estos indicadores deberán desarrollarse según los procesos a evaluar, pueden diseñarse para medir los ritmos de producción de los operarios, los ritmos

eficientes de procesamiento de materiales de los equipos, los niveles de merma, los reprocesos, los desperdicios de materiales, tiempos muertos por falta de material a procesar, desarrollar los indicadores dentro de la planta de laminación es tarea esencial, esta herramienta permitirá condicionar los procesos según las necesidades de tiempo y material que será procesado versus las ordenes de trabajo, todo en función de optimizar los recursos.

Figura 8. **Índices de productividad dentro de la planta de laminación**



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

Los costos deberán ser evaluados por el jefe de área, se miden por participación de personal asignado a ciertas tareas productivas, el uso eficiente de los insumos y el aprovechamiento de la maquinaria disponibles durante el tiempo asignado de trabajo.

### **1.3.2.1. Utilización**

Se evalúa el aprovechamiento de la maquinaria y equipo disponible en la zona de trabajo, el porcentaje de utilización se puede ver afectado por las malas condiciones operativas y condiciones físicas en que se presenten estos equipos. No solamente dependerá de evaluar los aspectos físicos, también se evalúan las capacidades técnicas y de trabajo del personal asignado a ciertos procesos de laminado, cuando los operarios no poseen habilidades optimas los trabajos son rechazados o ralentizados, todo esto formará parte de utilización.

### **1.3.2.2. Barra laminada / barra perdida**

La relación de eficiencia esperada al concluir el proceso de laminación es medir la proporcionalidad de material recolectado de barra perdida por la barra que fue laminada, idealmente se desea que al ingresar una barra de X proporciones en longitud, altura y grosor, permita producir Y material con dimensiones optimas procesadas, pero la utilización podrá ser medida por las pérdidas o mermas ocasionadas luego de procesar la barra original.

### **1.3.2.3. Energía de recalentamiento**

Para aprovechamiento de energía es conveniente cargar los lingotes a la fosa inmediatamente después de ser desmoldados. La permanencia de los lingotes en los hornos de fosa depende del tiempo transcurrido desde la colada, de las condiciones exteriores y de la composición del acero. Suele oscilar entre hora y media y cuatro horas.

Esta energía es aprovechada para reducir costos de producción, costos de moldeado y costos de laminado. Evitar que descienda la temperatura en las

barras de metal que serán procesadas evitara que al laminarlas los rodillos laminadores y sus guías trabajen a menores velocidad de producción esperadas, otro factor, es lograr el aprovechamiento de los materiales y evitar así las pérdidas en cada barra que será procesada.

La composición química y física de las barras de laminado depende al 100 % del valor de temperatura en su estructura y su entorno, si el entorno donde se resguardan los lingotes o barras que serán procesadas es menor a 25 grados centígrados, las piezas perderán gradualmente su energía calorífica interna, se empleará mayor potencia energética en el tren de laminado.





## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN**

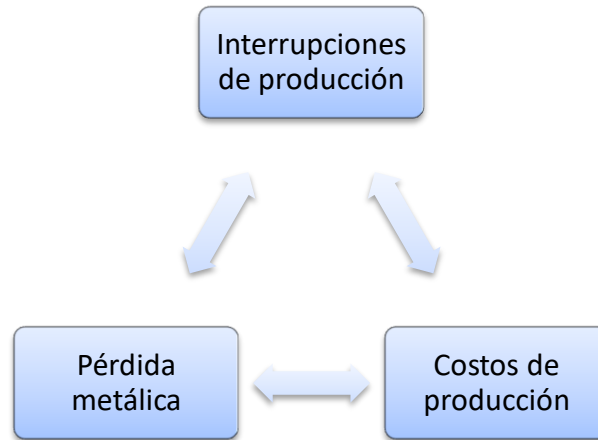
### **2.1. Indicadores de la planta de laminación**

Corporación AG en el área de laminación diseño estratégicamente implementar tres indicadores, esos indicadores sobresalen por la eficiencia del control y medición de sus valores esperados al concluir el periodo de evaluación de los mismos. Su función y diseño radica en lograr demostrar cuales son los aspectos débiles al procesar las varillas de metal fundido que son transformados en productos finales que posteriormente serán puestos en venta.

El sector de laminación diseña cada indicador con la certeza de aprovechar los recursos disponibles, medir la capacidad de trabajo de los operarios, monitorear el desempeño de las máquinas que son utilizadas con prontitud y exactitud. Además, la evaluación intermitente permite que sus colaboradores asignados a tareas productivas se encuentren constantemente trabajando según las tareas asignadas.

No se puede involucrar el uso he implementación de los indicadores de calidad en la planta de laminación sin el entendimiento para el cual fueron diseñados, la empresa acciona constantemente con personal asignado al monitoreo y supervisión de cada fase productiva en sus líneas de producción. Los materiales que son procesados también deben ser evaluados previo a ser fundidos y transformados en barras o lingotes de metal. Cada parte de los equipos es evaluado después de las jornadas de trabajo, con eso los operarios garantizan que se retiran impurezas o restos de metal que no lograron ser transformados eficientemente y se ajustan las piezas móviles.

Figura 9. **Indicadores involucrados en planta de laminación**



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

- Interrupciones de producción

Para la Corporación AG las interrupciones en la producción representan diferentes problemas y situaciones inesperadas que comprometen los proyectos asignados y los tiempos productivos esperados. Para ellos evaluar las interrupciones es medir el porcentaje presentado en cada falla que afecte directamente al equipo en un periodo programado con unidad de medida en minutos.

Evalúan el tiempo que presento fallas o detenciones el tren de laminación en un cierto periodo de tiempo durante el cual se logró producir un total de tonelaje programado. De esa relación la empresa indica que si ese porcentaje es bajo los resultados esperados o resultados alcanzados son mejores.

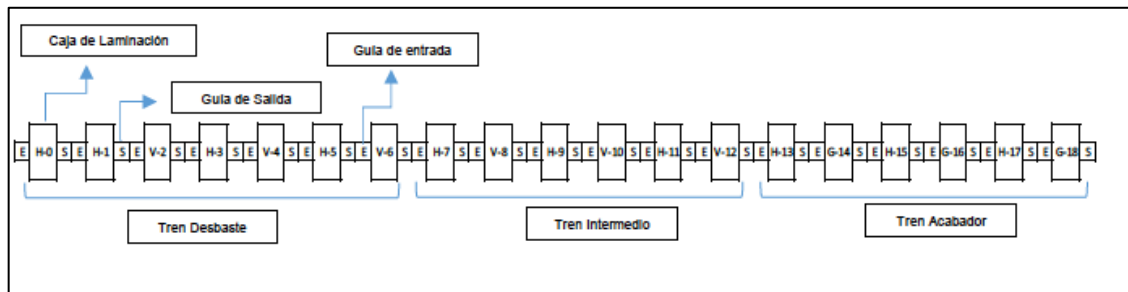
Fórmula I

$$Eficiencia\ de\ producción = \frac{A}{B} \times 100$$

Dónde: A (minutos) es el tiempo de interrupciones y B (minutos) el tiempo total programado para producir X cantidad. El resultado se muestra con una unidad de medida en %, la fuente de datos que se emplea para calcular los resultados se obtiene de los reportes diarios que realiza cada laminador asignado a un solo tren de laminación.

Actualmente, en el proceso de laminación en Aceros de Guatemala, se cuenta con un total de 19 pases donde la barra de acero sufre un adelgazamiento, formando así el producto terminado con el diámetro deseado.

Figura 10. **Croquis del tren de laminación**



Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Excel 2021.

Con el desarrollo del ejercicio profesional a finales del año 2016, se evidencio que fueron reportados 644 paros de producción en la planta de laminación, los paros fueron no programados, se consideraron diferentes causas, la mayoría de esos paros reportados fueron por problemas ocasionados por las guías de laminación.

Las guías de laminación son puntos críticos al ingreso y salida del tren de laminación, si estas piezas mecánicas fallan todo el proceso se verá afectado en cascada, se evaluaron diferentes aspectos y los tiempos involucrados hasta verse solucionada la falla, de eso se presenta una tabla resumen.

Tabla III. **Paros no programados por el taller de guías de laminación**

PAROS NO PROGRAMADOS POR PROBLEMAS DE GUÍAS DE LAMINACIÓN							
CAJA	NO. De paros	TIEMPO DE PARO EN min.	BARRAS PERDIDAS	CAJA	NO. De paros	TIEMPO DE PARO EN min.	BARRAS PERDIDAS
H-0	0	0	0	V-10	1	26	0
H-1	7	50	0	H-11	6	125	2
V-2	2	408	2	V-12	33	641	2
H-3	3	66	1	H-13	7	194	6
V-4	1	60	0	G-14	3	54	0
H-5	1	47	1	H-15	69	1 118	7
V-6	3	127	1	G-16	257	6 820	66
H-7	4	117	1	H-17	51	2 519	46
V-8	5	230	0	G-18	189	9 303	105
H-9	2	53	1				
Total de paros de producción no programados:				644			
Tiempo total perdido por paros de producción: (min)				21 958			
Tiempo total perdido por paros de producción: (horas)				366			
Total de barras perdidas:				241			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Costo de producción**

La corporación lo describe como la relación existente o relación presente, entre el total del costo que fue consumido en la adquisición de repuestos en función de las toneladas métricas de material que fueron producidos en un mes. Ese indicador demuestra como el resultado obtenido es la eficiencia obtenida del uso de los repuestos sustituidos en el taller de guías.

Por eso, al tener constantemente paros de producción no programados por parte del taller a consecuencia de guías defectuosas, aumentan los costos de repuestos y disminuye el volumen de producción.

Fórmula II

$$Eficacia\ de\ producción = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A= costo por parte del taller de guías

B= volumen de producción

- Pérdida metálica

En el departamento de laminación la pérdida metálica es un indicador al cual se le presta mucha atención y cuidado constante, el metal es la materia prima para la corporación AG, por lo cual todos sus indicadores económicos anuales girarán en torno a esta variable consumible, una de las características del metal que se emplea para ser transformado es poder reciclarlo o recolectarlo, pero eso puede afectar otros indicadores para otras áreas administrativas.

Por eso AG, define como la pérdida metálica como la relación existente entre el peso del producto perdido en kilogramos contra el volumen producido al mes. Las guías son piezas críticas en el proceso de transformación, por eso, al presentarse problemas con ellas por mala calibración o por estado defectuoso podrían ocasionar perdidas en la barra de metal que será procesada.

Siendo el equipo primordial el tren de laminación para el paso de la barra de metal, cualquier falla puede causar diferentes tipos de pérdidas, estas

pérdidas la empresa la procesa en kilogramos de chatarra afectando los indicadores de producción y de productividad.

Fórmula III

$$\text{Eficiencia de productividad} = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A = es el peso de barras perdidas en Kg

B = volumen de producción en toneladas métricas

Se desea que este nivel de eficiencia pueda permanecer como mínimo en un 90 %, eso dependerá de la cantidad de metal perdido, fallas inesperadas y eficiencia de trabajo en los equipos relacionados al rodaje de cada insumo transformado.

Figura 11. Taller de guías



Fuente: elaboración propia, Taller de guías Corporación AG.

### **2.1.1. Utilización**

En el departamento de laminación se evaluaron las condiciones físicas de los equipos, las condiciones físicas del tren de laminado, el aprovechamiento del material que está siendo procesado según el volumen de desperdicio obtenido.

Dentro de las actividades de monitoreo y recolección de información se pudo observar las técnicas empleadas por los operarios en fracciones de tiempo, en la jornada matutina se observó a dos operarios como desempeñaban sus labores, uno de ellos presento mayor desorden al no seguir los protocolos diseñados para cada etapa dentro del proceso. Para AG utilizar el 100 % de sus recursos involucrados al procesar las barras de metal en productos terminados permitirá incrementar los porcentajes productivos, la eficiencia total del departamento de laminación puede ser mejorado con la reducción de variables.

#### **2.1.1.1. Cálculo de utilización**

Corporación AG diseñó una fórmula aritmética donde involucra los diferentes indicadores involucrados en el departamento de laminación que pueden afectar directa o indirectamente los resultados de utilización dentro de un periodo de observación de 30 días calendario.

Los diferentes indicadores que fueron diseñados individualmente para el aspecto o condición evaluada permitirá formar parte de un solo cálculo multisectorial, el índice de eficiencia en la utilización lo consideran un valor crítico que permitirá diseñar estrategias reactivas en los primeros días del siguiente mes de operaciones, ciertos ajustes en los patrones de producción pueden irse realizando diariamente, cuando los ajustes marcan altos niveles de riesgo o criticidad son evaluados por los jefes de área de los departamento involucrados



en la transformación de materias primas, barras de metal y productos acabados disponibles a la venta.

#### Fórmula IV

##### *Cálculo de utilización*

$$= \frac{\text{barras empleadas} + \text{tiempo total por fallos} + \text{total de fallos} + \text{desperdicios}}{\text{Volumen de producción en toneladas metricas}}$$

El resultado es porcentual, AG no asigna una dimensional o parámetro estandarizado, por lo cual ese resultado a obtenerse debería encontrarse en una frontera del 80 % como mínimo hasta un 99 % idealmente. Para la utilización se considera que su recurso humano labore eficientemente sin perder tiempo y sin incrementar tiempos de demora al colocar material que será procesado y recolectar los productos terminados para ser almacenados.

#### **2.1.1.2. Optimización de indicador de utilización**

Se deberán evaluar las variables involucradas en la fórmula IV, este indicador se conforma por diferentes valores y aspectos que no pueden ser establecidos por mal funcionamiento de equipos o del tren de laminación, esencialmente valorar la participación del recurso humano y reducir sus errores técnicos al graduar las guías o los pasos del propio de tren.

Para optimizar el indicador será necesario disminuir las mermas en las barras de metal procesadas, disminuir los fallos diarios, disminuir los fallos mensuales, disminuir los reprocesos. Otra tarea necesaria sería capacitar a los técnicos a cargo de estas tareas productivas.

Fórmula V

$$\text{Optimización de indicador} = \frac{\text{resultado alcanzado} \times 100}{\text{Resultado proyectado}}$$

El resultado podrá ser obtenido en porcentaje, así el departamento de laminación valorará de forma comparativa, si los resultados obtenidos no están cumpliendo con los límites esperados, esto servirá para evaluar dentro del mismo indicador las falencias que se muestran, será práctico guiarse en el control de mermas, listado de fallos o niveles de productividad de los operarios.

Cada tiempo de programación o tiempo necesario para configurar las guías o los rodillos según las características de la corrida que será realizada debe lograr establecerse con tiempos homogéneos preestablecidos, los supervisores de laminación deben reportar los tiempos empleados por su operario promedio, ni el más lento ni el más rápido.

### **2.1.2. Barra laminada / barra perdida**

Este indicador demostrará en porcentajes los resultados por cada barra corrida en la transformación de productos terminados. Según se indica en la parte introductoria de la investigación, se puede comparar el porcentaje de aprovechamiento de material producido y material desperdiciado. Para eso se propone utilizar la siguiente fórmula.

Fórmula VI

$$\text{Aprovechamiento de barra procesada} = \frac{\text{peso total de desperdicio}}{\text{peso total de la barra al inicio}} \times 100$$

El resultado será porcentual, así podría irse evaluando por cada barra el total de su aprovechamiento o desperdicio, con estos datos se pueden crear archivos históricos que impactaran mensualmente los índices de producción del departamento de laminado. Los desperdicios no pueden ser únicamente atribuidos a fallas mecánicas o fallas de los equipos, se deben considerar la inexperiencia y falta de capacitación de los operarios.

Figura 12. **Cajón de repuestos**



Fuente: elaboración propia, taller de laminación Corporación AG.

### **2.1.2.1. Cálculo del BL/BP**

Las barras que emplean actualmente AG son perfiles diseñados desde el año 2015, se les puede llamar palanquilla por su sección larga de 6 metros, su composición es de acero al carbono, con medidas de 130 mm de ancho y 130 mm de altura.

Fórmula VII

$$\text{Cálculo BL/BP} = \frac{\text{material recolectado (Kgramos)}}{\text{peso barra procesada (Kgramos)}}$$

Ese cálculo es directo, no se mide su eficiencia procesada o eficiencia por mermas de los desperdicios, solamente servirá para control de inventarios de materiales procesados y volumen anual de material efectivamente producido.

#### **2.1.2.2. Optimización BL/BP**

Obtener números favorables al procesar las barras de metal es un trabajo sincronizado, entre la calibración de las guías del tren de laminado, la velocidad de los rodillos, la bibliografía demuestra que, a mayor velocidad de trabajo, el laminado podría presentar mayor índice de imperfecciones, así minimizar el desperdicio podría representar datos eficientes al optimizar el proceso total de laminación.

Los operarios a cargo de estas tareas de programación de corte, rolado y procesado indicaron que los equipos se encuentran con altos índices de desgastes, eso ocasiona que la calibración no pueda ser perfecta, la barras por su peso son difíciles de maniobrar en el banco de trabajo, un operario debe colocar el material a procesar, calibrar el equipo, monitorear la operación y observar las deficiencias del proceso.

#### **2.1.3. Energía de recalentamiento**

La energía de recalentamiento se encuentra en el horno de empuje, este horno opera a base de bunker he inyección de aire, su capacidad de

calentamiento es para barras o palanquillas con dimensiones hasta de 150 mm x 150 mm x 12 000 mm, su base productiva ronda en 80 toneladas por hora, su programación se encuentra totalmente automatizada.

Estas barras de metal, son cortadas en diferentes medidas, posteriormente se almacén en un patio diseñado especialmente para esta fase dentro del proceso, por la temperatura ambiente no se presentan perdidas inmediatas, el clima del lugar ayuda a que su temperatura descienda gradualmente. La energía de recalentamiento dentro del horno es aprovechar los 600 grados centígrados que el material presenta luego de salir de la fundición, para incrementarse hasta 1 150 grados centígrados.

Luego de ser recalentada la barra de metal, es trasladada al tren de laminado, compuesto por diferentes cajas de laminación o de rodillos aparejados que giraran en sentido contrario uno respecto del otro. La primera fase del tren de laminado logra comprimir proporcionalmente de 100 x 100 hasta 30 x 30 milímetros en su rodada, luego de eso las siguientes cajas de rodillos deberán ir reduciendo o dando forma según los requerimientos del tiraje de producción. El aprovechamiento de la energía radica en mantener la pieza con temperatura elevada, pero sin llegar a punto de fusión, solamente aprovechando la energía calorífica para modificar la estructura física y química de ese perfil de metal.

#### **2.1.3.1. Cálculo de energía de recalentamiento**

El horno que se emplea en AG está diseñado para contener hasta 2 toneladas de material, el tiempo necesario para trabajar con esa capacidad de carga dentro del horno y llevar de 600 grados centígrados hasta 1 100 grados centígrados esperados es de 3 horas, el horno no es apagado, solamente cuando se le programe algún tipo de mantenimiento.

### 2.1.3.2. Optimización de energía de recalentamiento

Para optimizar la energía del horno AG diseño el traslado de las barras de metal casi inmediatamente hasta el tren de laminado, el proceso de laminado para una barra de 12 metros de longitud podría durar 30 minutos o 45 según los acabados esperados. Es por eso que las demás barras podrán esperar dentro del horno hasta 5 horas después de alcanzar la temperatura óptima.

## 2.2. Tipos de fallas recurrentes en las guías de laminación

La empresa presenta periódicamente problemas en su línea de producción, algunas fallas han sido con mayor nivel de criticidad que otras. Por efecto domino al presentarse fallas en las guías de laminación se presentan paros, los paros se han acumulado por cada mes y representan costos elevados de producción. Por lo cual se registró las fallas que se presentaron en los últimos tres meses del desarrollo de la investigación, anterior a eso se monitorearon los registros de datos con eventos acumulados. Las fallas se clasificaron en un tren de laminación, no se tomará toda la planta de laminación, se consideró trabajar de esa forma para delimitar específicamente el error en la estación que ha presentado mayores problemas y atrasos en la producción.

Tabla IV. Control de fallas recurrentes

Control de fallas	Mes 1		Mes 2		Mes 3	
	Eventos	Tiempo acumulado	Eventos	Tiempo acumulado	Eventos	Tiempo acumulado
Guía de entrada mal calibrada	25	65	22	61	28	69
Guía de entrada con desgaste visibles	30	45	27	41	33	49
Guía de entrada con desbaste	15	37	12	33	18	41

Continuación de la tabla IV.

Guía de salida con remaches rozantes	35	50	32	46	38	54
Guía se salida mal calibrada	55	130	52	126	58	134
Descuido del personal	38	180	35	176	41	184

Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

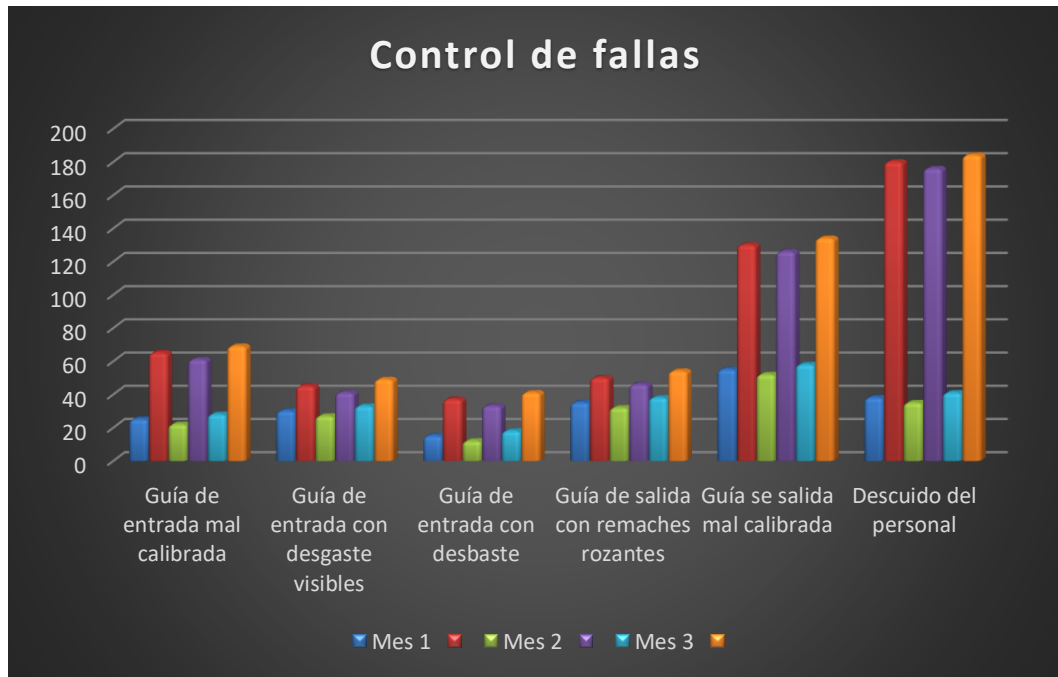
Luego de realizar las inspecciones y monitoreos necesarios, se obtuvo la muestra representativa de seis tipos de fallas, estas fallas fueron las que ocurrían con mayor frecuencia, para el mes uno se registró un total de 198 eventos, la acumulación en tiempo para ese mes por retrasos en producción fue de 507 minutos, para el segundo mes se registraron 180 eventos, el tiempo registrado fue de 483 minutos y para el tercer mes de monitoreo se registraron 216 eventos, esos representaron un retraso total de 531 minutos.

Todos estos eventos son los de mayor representación, en la bitácora que incorpora el departamento de laminación a sus registros internos se puede evidenciar que sus reportes incluyen las mismas fallas, las guías afectan el sistema productivo en diferentes formas, se estropea la materia prima, produce altos índices de desperdicio, involucra más tiempo del estimado para la producción, se elevan sus costos directos e indirectos de producción.

El factor alarmante de las muestras gira en torno a los operarios, el personal que fue monitoreado en diferentes turnos no cumple con la experiencia y destreza necesaria para trabajar en el tren de laminado, los factores por los cuales el personal no ejecuta bien su trabajo puede depender de diferentes variables, queda demostrado que al ejecutar mal su tarea ocasiona efectos domino en la producción, cuando no gradúan con exactitud las guías el material se estropea,

cuando no alinean correctamente las varillas de metal, sufre deformación irregular, rajaduras y cortes irregulares en su estructura.

Figura 13. **Control de fallas**



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.  
Consulta: 12 de enero de 2019.

La grafica demuestra que, durante los tres meses evaluados, el mayor índice de fallas es ocasionado por descuidos del personal asignado a introducir la barra de metal que será procesado.

### 2.2.1. **Análisis del problema raíz para cada tipo de falla**

Se valida la necesidad de emplear el diagrama Ishikawa para relacionar las causas y efectos encontrados visualmente por cada tipo de falla, se considera que esta herramienta además de ser objetiva permitirá demostrar gráficamente



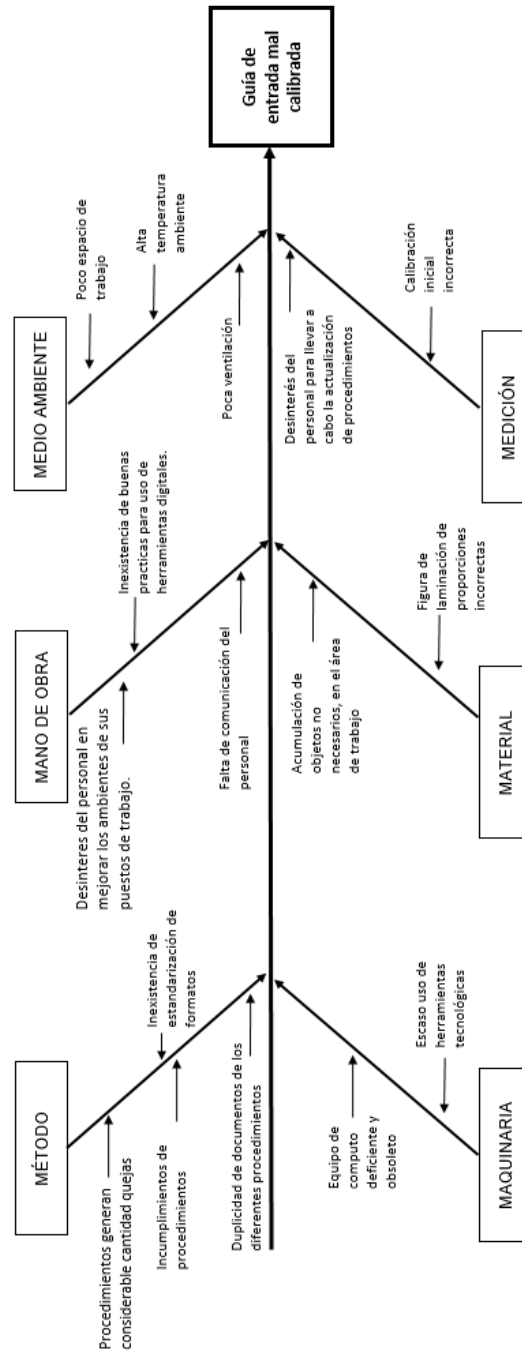
lo que podría estar sucediendo dentro del proceso de laminado con relación al problema encontrado.

La intención es analizar cada problema por separado, posiblemente diferentes fallas sean causadas por un mismo problema, o diferentes problemas podrían ocasionar la misma falla. Al evaluar cada falla por separado se evaluarán las condiciones de su entorno que posiblemente sumaron acciones que promovieron las desventajas conjuntas y concluir así en una falla más.

La ventaja de la herramienta es poder profundizar por causas y sus derivadas en cada ramificación, que servirá para evaluar independientemente si es posible acercarse al origen del problema por separado o con la consignación de los factores intrínsecos en cada tarea desarrollada por el operario al emplear el tren de laminado. No se podrá descartar que correlacionar algunos eventos históricos que fueron presentados puedan estar siendo repetidos por descuidos de mantenimiento o por la falta de sustitución de piezas esenciales en las guías de laminación.

Por todas esas posibles causas y posibles panoramas se considera oportuno delimitar a cada falla un diagrama, se incorporan variables o condiciones especiales, según la falla se evalúo un panorama distinto, no se realiza evaluación homogénea, siendo así los resultados probablemente puedan ser los mismos o con sesgos en la investigación.

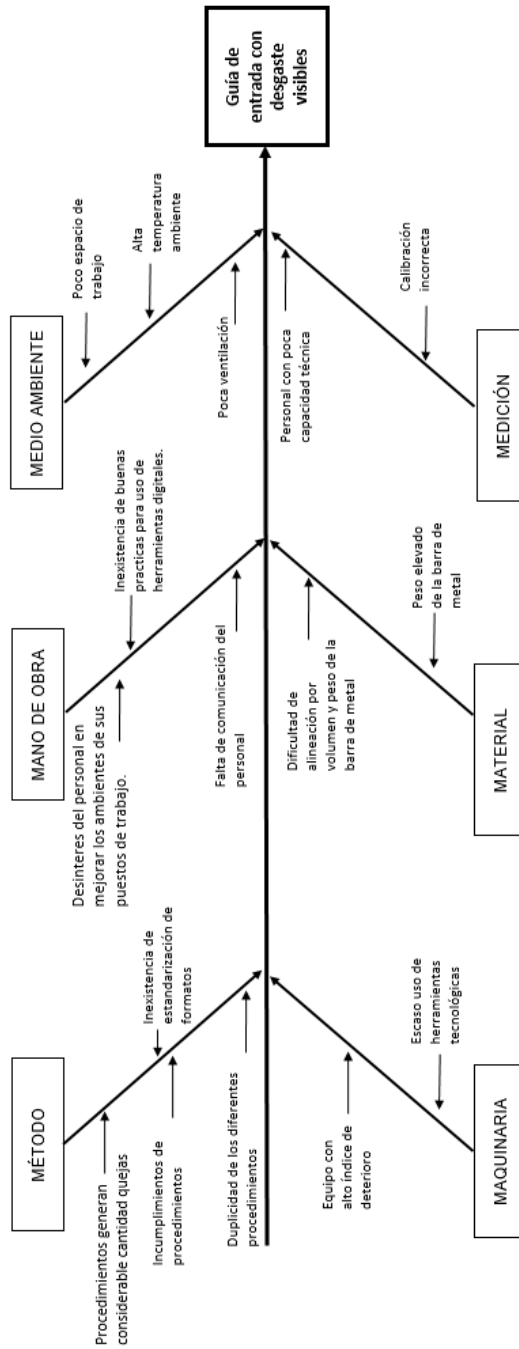
Figura 14. Guía de entrada mal calibrada



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

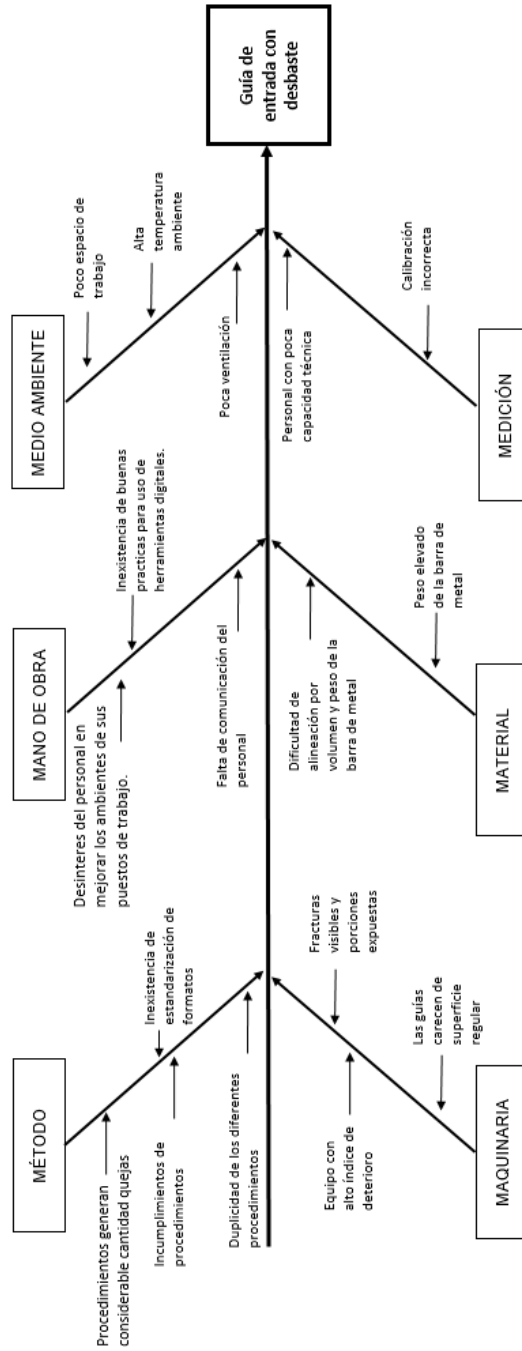
Figura 15. Guía de entrada con desgaste visible



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

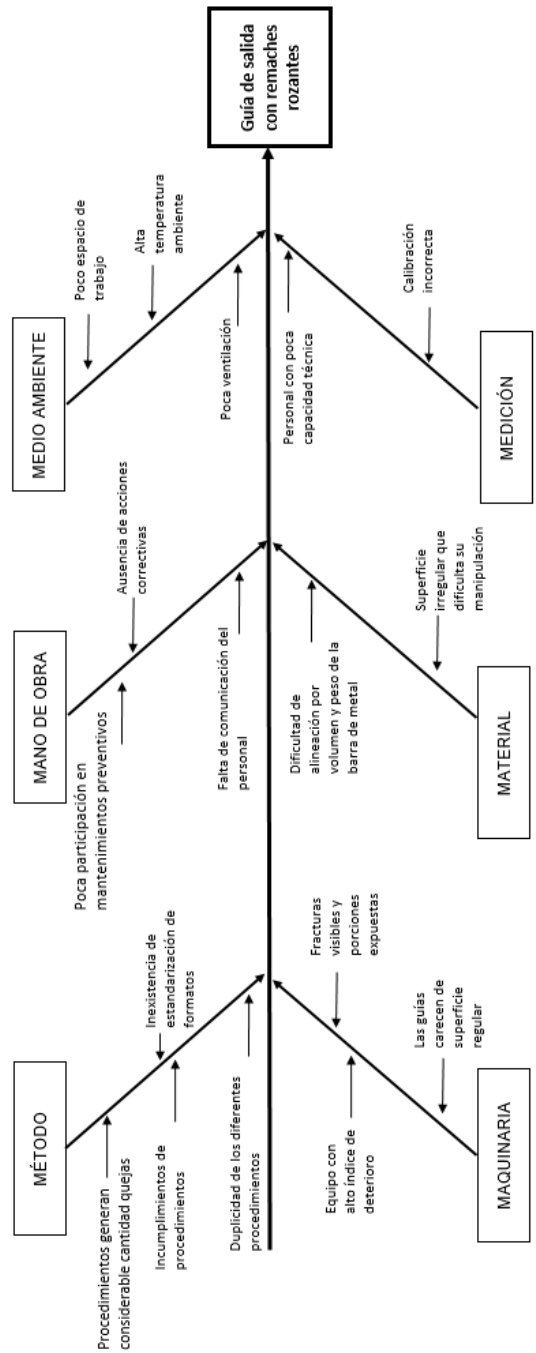
Figura 16. Guía de entrada con desbastes



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

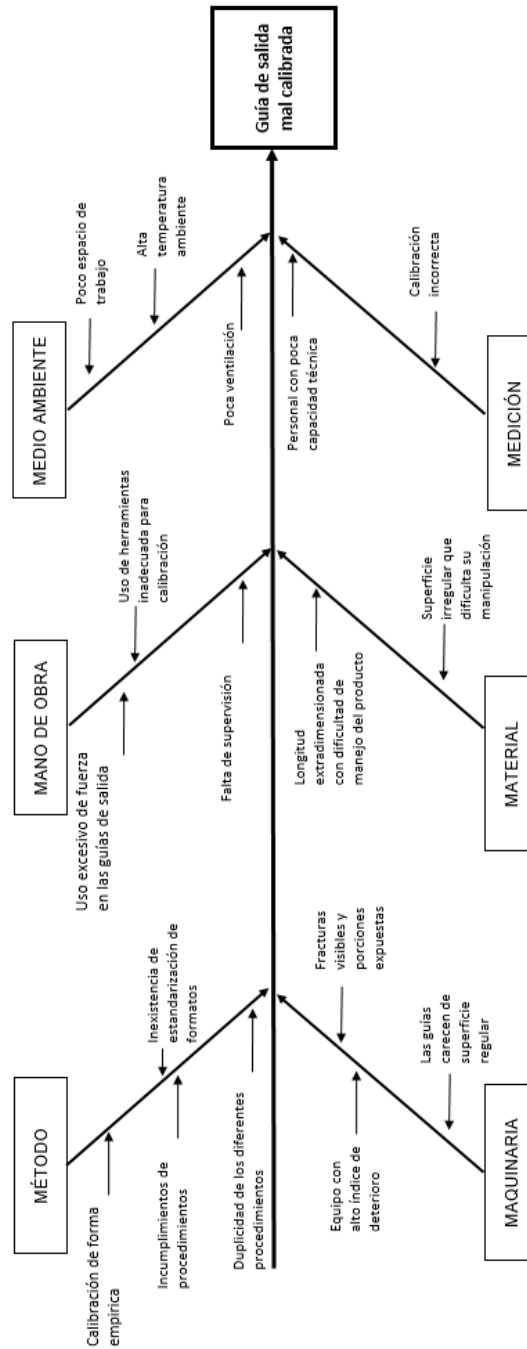
Figura 17. Guía de salida con remaches rozantes



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

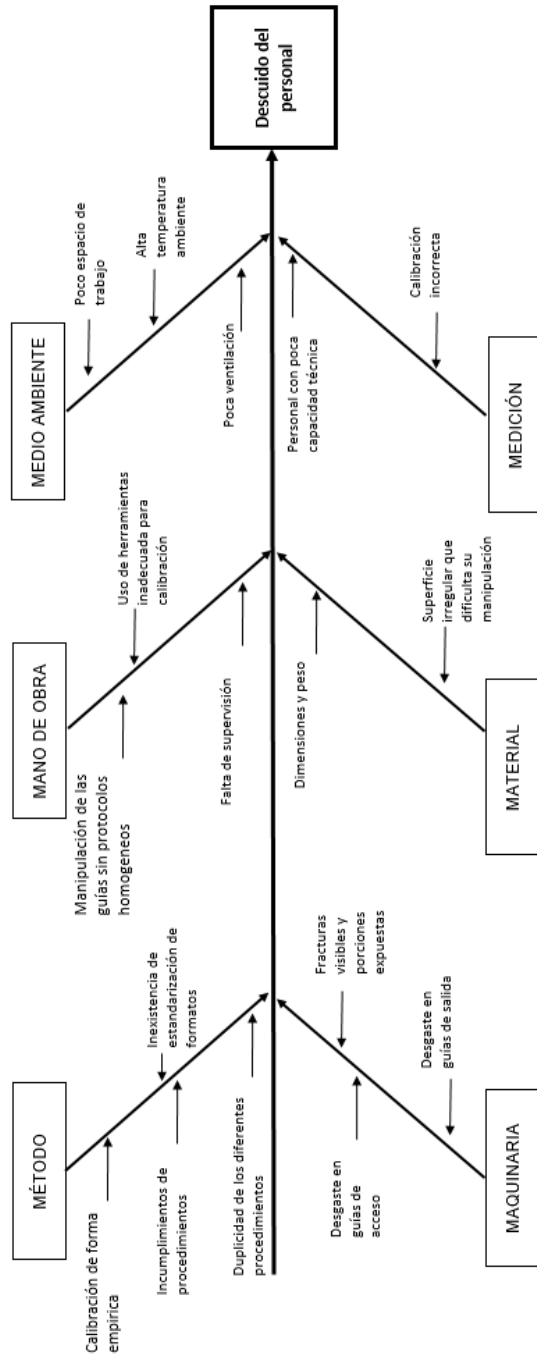
Figura 18. Guía de salida mal calibrada



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

Figura 19. Descuido del personal



Fuente: Corporación AG. *Departamento de laminado*. <https://www.corporacionag.com/>.

Consulta: 12 de enero de 2019.

### **2.2.2. Tratamientos de falla para cada tipo de recurrencia**

Las fallas deberán ser tratadas desde la causa raíz, los problemas ocasionados son el resultado del conjunto de debilidades encontradas en cada diagrama. La solución será planteada con la incorporación del programa de mejora continua 5's. El sistema de mejora continua no se desarrolla para cubrir las fallas que se presentan a corto plazo, la propuesta espera prolongar el diseño eficiente hasta tiempo futuro, donde los operarios, los mecánicos, los colaboradores y los supervisores puedan trabajar conforme a un plan de mantenimiento preventivo.

Las mejoras dependerán del alcance de la propuesta, por lo cual, se evaluaron las aristas de mayor debilidad que se presentan en el departamento de laminación, se logró observar durante los últimos tres meses de monitoreo, que la maquinaria ya presenta alto índice de desgaste en su superficie y en sus piezas móviles, algunos operarios no poseen la capacitación necesaria para calibrar los equipos, otros operarios simplemente realizan sus actividades sin el mínimo control de supervisión.

El tratamiento para las fallas se desarrolla reactivamente, se considera que mitigar las causas permitirá hacer eficiente el proceso productivo, disminuir la merma de material desperdiciado, disminuir los reprocesos y el volumen final de desperdicio obtenido en cada mes. Las guías del tren de laminado son vitales en el proceso, con el mínimo margen de error en su calibración muestra daños en su estructura la barra de metal que será procesado y el producto final por añadidura. Podrían sustituirse algunas piezas mecánicas y piezas móviles del tren de laminado, pero dependerá del costo total de reparación y la disponibilidad de la empresa para invertir en reparaciones, el tiempo limitara los trabajos de reparación para no detener la producción intermitente.





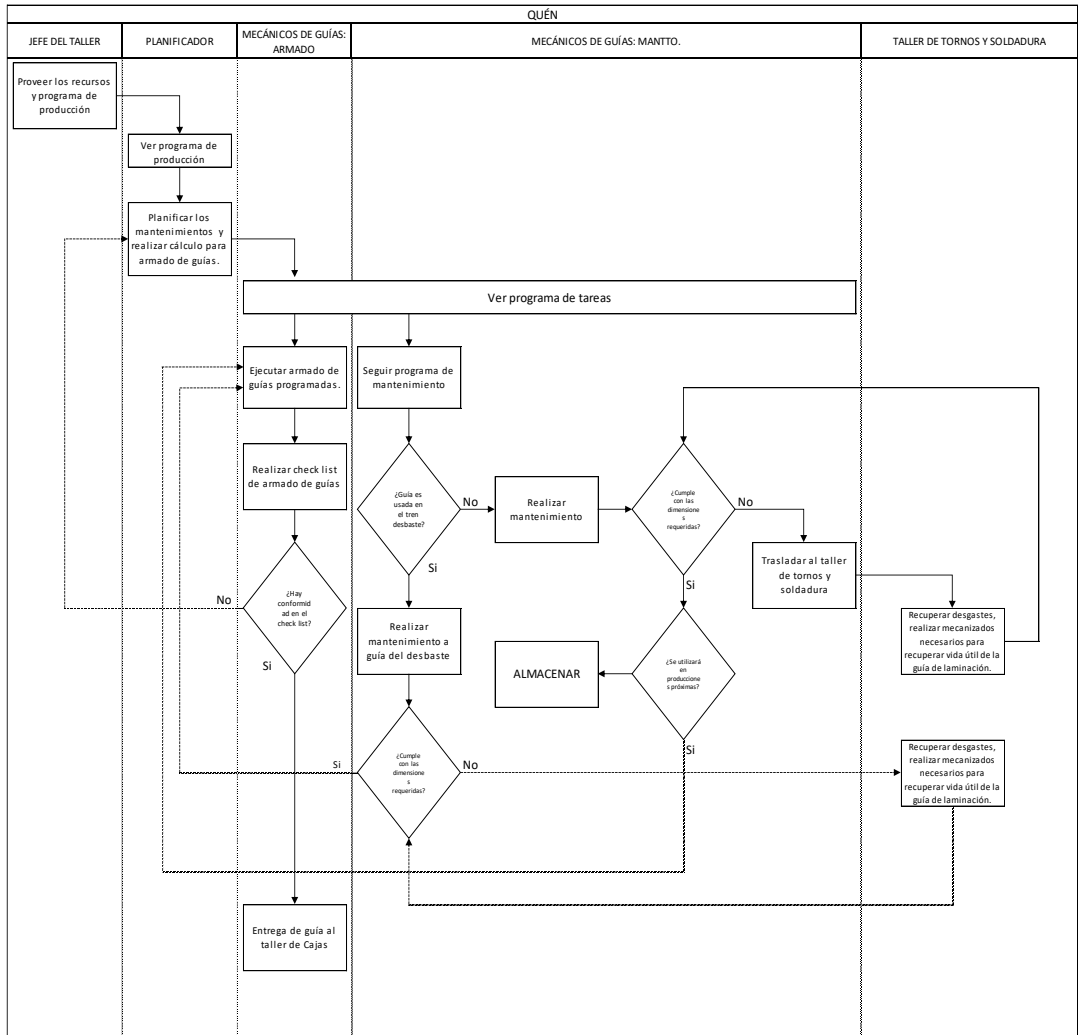
### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL ARMADO DE GUÍAS DE LAMINACIÓN EN ACEROS DE GUATEMALA, S.A.**

#### **3.1. Procedimientos de armado y mantenimiento para cada tipo de guías**

El sistema de gestión de mantenimiento que se implementa en el taller de guías específicamente de la planta Laminación consiste en un plan de mantenimiento preventivo donde cada colaborador del taller, con el apoyo del jefe responsable, es entrenado, capacitado y habilitado para realizarlo de una manera eficiente y efectiva. Se implementan una serie de herramientas para lograr la calidad del taller y así mismo el cumplimiento de metas y objetivos.

Se determinan, analizan e implementan procesos, actividades y procedimientos requeridos para la realización de un buen mantenimiento que irán alineados al logro de los objetivos planteados. De igual manera se definen las actividades de seguimiento y control para la operación eficaz del proceso. Con este sistema se tiene un mejor manejo de los recursos y asignaciones claras del personal y/o maquinas necesarias para todas las actividades que el taller realiza. Para implementar la gestión, se inicia plasmando en un flujograma todas las actividades a seguir para los colaboradores del taller de cajas & guías. Cada ítem está colocado de manera donde se podrá trabajar eficientemente y así cada colaborador sabrá el papel que debe de cumplir dentro del taller.

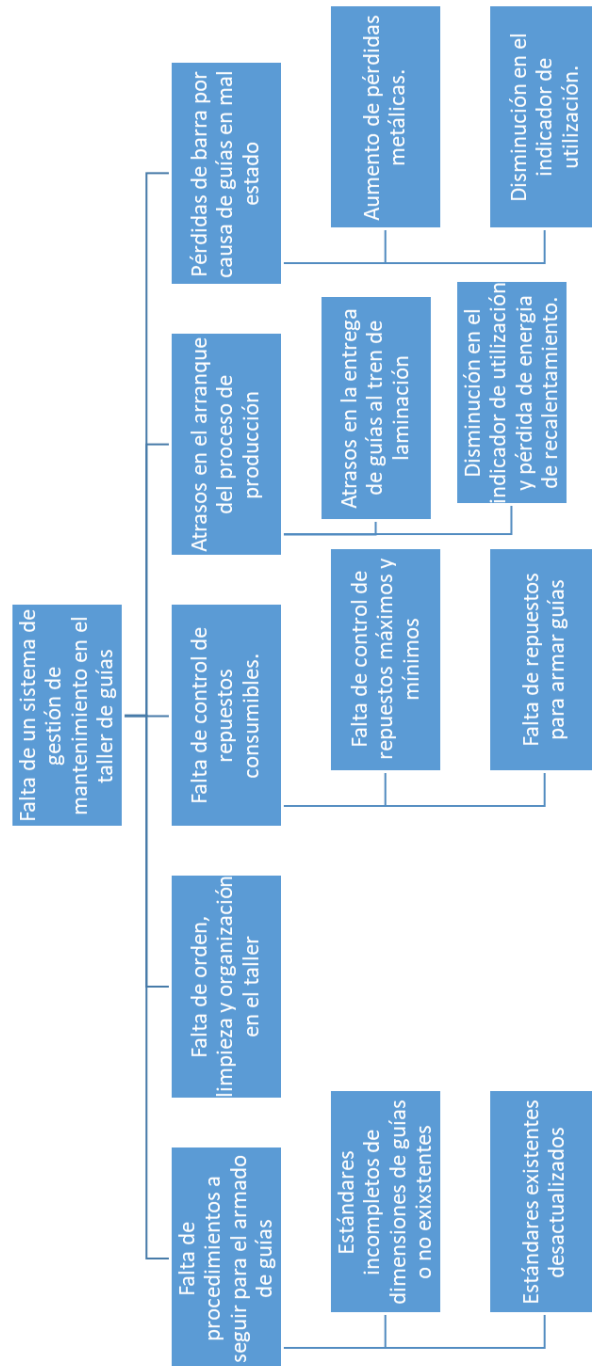
Figura 20. Procedimiento de armado y mantenimiento



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2018.

La responsabilidad de validar este conjunto de acciones es para el jefe del taller de mantenimiento. Su función es poder asegurar y garantizar la calidad de los productos terminados durante el proceso de laminación, evaluando con el acompañamiento constante cada uno de los procedimientos en las operaciones de rutina del taller. Además, deberá racionalizar los costos de mantenimiento y plazos de ejecución previamente programadas para esa unidad de taller.

Figura 21. **Árbol de problemas para el plan de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El jefe de taller deberá gestionar la participación del personal asignado o personal disponible por cada turno presente, supliendo las necesidades que puedan ser requeridas para los colaboradores del taller, garantizar que todo su personal asignado al mantenimiento disponga de los recursos y herramientas necesarias para cumplir con las tareas asignadas día a día.

El departamento de laminación dispone de un planificador, esta persona cumple con dos funciones principales: debe de planificar las tareas rutinarias, planificar el armado de las guías y planificar el mantenimiento de las guías. Para la planificación de armado guías, se debe de guiar con el plan de producción mensual que el jefe del taller proporciona.

Tabla V. **Ejemplo de plan de producción mensual**

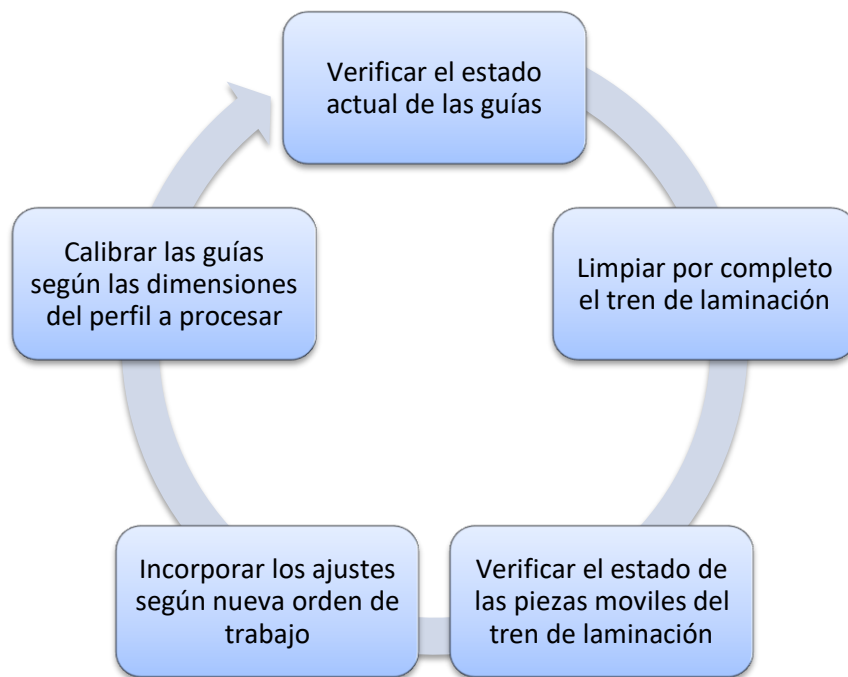
Período 31 de octubre al 09 de noviembre				
Lote #		Dimensiones	Código	Tm
5000015	5000055	3/8" x 6 m	G6	500
5000016	5000056	3/8" x 9 m	G9	400
5000017	5000057	3/8" x 12 m	G12	1 100
5000018	5000058	3/8" x 6 m	G6	4 250
5000019	5000059	3/8" x 9 m	G9	850
5000020	5000060	3/8" x 6 m	G6	125
Período del 09 de noviembre al 14 de noviembre				
Lote #		Dimensiones	Código	Tm
5000021	5000061	1/2" x 6 m	J6	2 100
5000022	5000062	1/2" x 9 m	J9	550
5000023	5000063	1/2" x 12 m	J12	100
5000024	5000064	1/2" x 6 m	J6	300
5000025	5000065	1/2" x 9 m	J9	350
5000026	5000066	1/2" x 12 m	J12	750

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El departamento de producción, debería diseñar su plan de producción resumida conforme se muestra en la tabla V, planificando de esa forma la cantidad de material que será procesado por volumen, así los operarios y colaboradores del departamento de mantenimiento tendrían su programación ideal para calibrar sus equipos previo y después de cada lote procesado.

Así podría incorporarse a sus operaciones cotidianas las acciones necesarias y las herramientas básicas para proveer el mantenimiento reactivo al tren de laminación luego de concluir con un lote, previo a eso se debe accionar con el armado necesario al colocar las guías para los perfiles que ya se dispone a trabajar. Se podrían reducir tiempos de operación, tiempos de calibración y tiempos de preparación.

Figura 22. **Actividades propuestas para el proceso de armado**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Figura 23. **Cajón de repuestos y herramientas de calibración**



Fuente: elaboración propia, Corporación AG.



Las actividades propuestas permitirán desarrollarse de manera sistemática, con precedencia, ordenada y protocolaria, se deberán supervisar las acciones por cada actividad en el armado de las guías, de igual forma al realizar el mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo.

La precedencia dentro del proceso determinará si fue logrado desarrollarse el objetivo trazado, si dentro del desarrollo de ese objetivo se mitigaron las causas que originan las seis fallas recurrentes, si el personal está trabajando apegados al plan de producción mensual que debería desarrollar a futuro el departamento de producción y si los supervisores se encuentran realizando las tareas asignados con el debido apoyo a los mecánicos, los operarios que presentan mayor deficiencia para calibrar los equipos deberán trabajar con el respaldo de los mecánicos del taller hasta nivel sus habilidades.

### 3.1.1. Procedimientos de guías para el tren desbaste


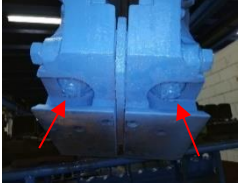



Se propone incorporar el conjunto de acciones que conformarán el procedimiento adecuado para implementar el mantenimiento preventivo a las guías en el tren de desbaste.

Tabla VI. Programa de mantenimiento de las guías para el tren de desbaste

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS GUÍAS PARA EL TREN DE DESBASTE.		PR-0000-01	
		Pág. 1-n	
Elaborado por: José Lemus		Aprobado por:	
Fecha de aprobación:		Departamento: laminación	
<b>Objetivo:</b> ejecutar el correcto mantenimiento a las guías en la entrada y salida de los pases del tren de desbaste.			
Alcance y aplicación: se deberá aplicar para el mantenimiento preventivo en las guías de entrada en los pases V-2, V-4 y V-6.			
Responsabilidad y autoridad: el técnico mecánico deberá accionar con la responsabilidad necesaria en realizar las tareas propuestas y verificar que sean ejecutadas correctamente.			
El jefe de cajas y guías tendrá la responsabilidad de proveer los repuestos y herramientas necesarias para cumplir con el mantenimiento diseñado.			
Equipo de protección personal			
Guantes de carnaza manga larga	Lentes de seguridad industrial	Tapones auditivos	Uniforme de lona o similar
Botas de seguridad	Polainas	Casco de protección	Lentes para oxicrote
Actividad	Cómo	Observaciones	Imagen
Desmontar guía de caja de laminación	Ingresar caja al taller de cajas. Remover tornillos de la mordaza que sujeta la guía	Utilizar el carro transferidor de cajas.	
Limpieza	Ingresar la guía al área de lavado utilizando el puente grúa. Utilizar hidro lavadora para realizar limpieza	Evitar exponer fugas de líquidos al ser trasladado.	






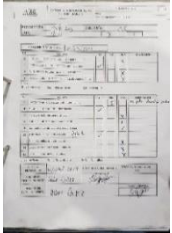
Continuación de la tabla VI.

<p>Revisión de desgastes</p>	<p>Remover restos de óxido y material de las paredes de la guía, estática, inserto y nariz.</p>	<p>Verificar dimensiones de la guía con el estándar No. SDG-EO-0499-02</p>	
<p>Extraer rodillos</p>	<p>Extraer tuercas inferiores quitando chaveta y seguro.</p>	<p>Revisar que la chaveta y seguro se encuentren en buen estado. Sustituir en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Revisión de alojamientos</p>	<p>Verificar que no exista desgastes ni golpes</p>	<p>Revisar ajuste entre excéntrica y alojamiento que sea adecuado.</p>	
<p>Revisión de ejes de rodamientos</p>	<p>Verificar ductos de lubricación de rodamientos, verificar que los cuñeros no presenten ningún daño, y que la rosca de la tuerca este en buen estado.</p>	<p>La grasa debe de salir con facilidad por los ductos de lubricación.</p>	
<p>Revisión de ductos de refrigeración</p>	<p>Verificar que los aspersores no se encuentren obstruidos</p>		

Continuación de la tabla VI.

<p>Revisión de coronas</p>	<p>Verificar que se encuentren lubricadas y con los dientes en buen estado.</p>	<p>Sustituir en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Revisión de tornillo sin fin.</p>	<p>Verificar que se encuentre con suficiente lubricación y que el mismo gire libremente.</p>	<p>Sustituir en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Revisión de prismas</p>	<p>Remover oxido y escoria acumulada utilizando pulidora</p>	<p>Verificar que el prisma se encuentre en buen estado sin abolladuras.</p>	
<p>Rectificado de roscas</p>	<p>Revisión de todas las roscas.</p>	<p>Verificar que el tornillo rosque libremente.</p>	
<p>Montaje de rodamientos</p>	<p>Colocar a cada rodillo rodamientos con guardapolvos y alzas correctas.</p>	<p>Verificar números de rodamientos que se utilizan en este tipo de guía según el estándar No.10</p>	

Continuación de la tabla VI.

<p>Montaje de rodillos</p>	<p>Verificar que las excéntricas se encuentren alineadas una con la otra y que los rodillos no presenten juego axial.</p>	<p>Sustituir en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Calibración</p>	<p>Seguir el patrón de calibración para el pase indicado.</p>	<p>Verificar las dimensiones del patrón de calibración según el estándar</p>	
<p>Revisión de mordazas de tubería</p>	<p>Verificación la sujeción correcta de la tubería de refrigeración para la caja de laminación.</p>	<p>Sustituir en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Revisión general</p>	<p>Revisión de todos los componentes de la guía antes de la entrega al tren de laminación.</p>	<p>Colocar etiqueta de trazabilidad a cada guía.</p>	
<p>Entrega</p>	<p>Colocar guía en el banco de espera en el tren de laminación.</p>	<p>Llenado de <i>check list</i> de entrega.</p>	

Continuación de la tabla VI.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado y aprobado por:</b>
<b>José Lemus</b>	<b>Henry González</b>	<b>Oscar Fuentes</b>
Estudiante de Ingeniería	Jefe de producción	Gerente de laminación
Observaciones:		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.





### 3.1.2. Procedimientos de guías para el tren intermedio

Se propone incorporar el conjunto de acciones que conforman el procedimiento adecuado del mantenimiento de guías en el tren intermedio.






Tabla VII. **Programa de mantenimiento de las guías para el tren intermedio**

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS GUÍAS PARA EL TREN INTERMEDIO</b>		PR-0000-02
		Pág. 1-n
Elaborado por: José Lemus	Aprobado por: CALIDAD	
Fecha de aprobación:	Departamento: laminación	
<b>Objetivo:</b> ejecutar el correcto mantenimiento y armado de las guías en el pase H-7, H-9 y H-11.		
Alcance y aplicación: se deberá aplicar el procedimiento para el montaje de guías de entrada del pase H-7, H-9 y H-11.		
Responsabilidad y autoridad: el técnico mecánico deberá accionar con la responsabilidad necesaria en realizar las tareas propuestas y verificar que sean ejecutadas correctamente.		
El jefe de cajas y guías tendrá la responsabilidad de proveer los repuestos y herramientas necesarias para cumplir con el mantenimiento diseñado.		
Equipo de protección personal		





Continuación de la tabla VII.

Guantes de carnaza manga larga	Lentes de seguridad industrial	Tapones auditivos	Uniforme de lona o similar
Botas de seguridad	Polainas	Casco de protección	Lentes para oxicorte
Actividad	Cómo	Observaciones	Imagen
Extraer estáticas	Extraer tornillo M20 hexagonal superior y castigadores Allen laterales.		
Limpieza de estáticas	Remover toda escoria acumulada y cualquier obstrucción adherida a las paredes de la estática.		
Limpieza de base de estática.	Extraer toda la suciedad acumulada.	Utilizar aire comprimido para una limpieza correcta.	
Revisión de ducto de refrigeración.	Inyectar aire comprimido en el niple de refrigeración para liberar cualquier obstrucción.	Cambio de niple de refrigeración para manguera de 1/2". Realizar el cambio sólo en mantenimiento mayor.	

Continuación de la tabla VII.

<p>Recuperación de roscas.</p>	<p>Con machuelo recuperar las roscas presentes en toda la base.</p>	<p>Realizar esta tarea sólo en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Cambio de tornillos castigadores.</p>	<p>Colocar castigadores laterales y tornillo superior nuevos.</p>	<p>Realizar esta tarea sólo en mantenimiento mayor.</p>	
<p>Revisión de prismas y cola de milano.</p>	<p>Remover escoria adherida y verificar condición.</p>		
<p>Revisión de dimensiones de estática.</p>	<p>Con calibrador Vernier verificar las dimensiones.</p>	<p>Basarse en el estándar No.</p>	
<p>Montaje de estática.</p>	<p>Ingresar estática a la base. Asentar estáticas.</p>	<p>Verificar que se encuentren a escuadra las dos mitades y niveladas.</p>	

Continuación de la tabla VII.



Ajustar estática.	Apretar todos los tornillos.	Corroborar dimensiones de estática en su extremo.	
Pintar guía.	Utilizar el color azul.	Realizar esta tarea solo en mantenimiento mayor.	
Entrega de guía.	Colocar etiqueta de trazabilidad.		
Llenado de Check List	Verificar que todos los pasos han sido realizados correctamente.		
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Revisado y aprobado por:</b>	
<b>José Lemus</b>	<b>Henry González</b>	<b>Oscar Fuentes</b>	
Estudiante de Ingeniería	Jefe de producción	Gerente de laminación	
Observaciones:			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

### 3.1.3. Procedimientos de guías para el tren acabador





Se propone incorporar el conjunto de acciones que conforman el procedimiento adecuado del mantenimiento de guías en el tren acabador.

Tabla VIII. Programa de mantenimiento de las guías para el tren acabador

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LAS GUÍAS PARA EL TREN ACABADOR			PR-0000-03
			Pág. 1-n
Elaborado por: José Lemus		Aprobado por:	
Fecha de aprobación:		Departamento: laminación	
<b>Objetivo:</b> ejecutar el correcto mantenimiento a las guías en la salida de los pases del tren acabador.			
Alcance y aplicación: se deberá aplicar para el mantenimiento preventivo en las guías de salida para los pases H-0, H-1, V-2, H-3, V-4, H-5, V-6.			
Responsabilidad y autoridad: el técnico mecánico deberá accionar con la responsabilidad necesaria en realizar las tareas propuestas y verificar que sean ejecutadas correctamente.			
El jefe de cajas y guías tendrá la responsabilidad de proveer los repuestos y herramientas necesarias para cumplir con el mantenimiento diseñado.			
Equipo de protección personal			
Guantes de carnaza manga larga	Lentes de seguridad industrial	Tapones auditivos	Uniforme de lona o similar
Botas de seguridad	Polainas	Casco de protección	Lentes para oxicorte
Actividad	Cómo	Observaciones	Imagen
Desmontar guía de caja de laminación	Dar seguimiento al material que está siendo procesado en la caja reductora	Calibrar la velocidad y fuerza de presión necesaria sobre el material procesado	
Revisión de desgastes	Remover restos de óxido y material de las paredes de la guía.	Verificar dimensiones de la guía con el estándar No. SDG-EO-0499-02	



Continuación de la tabla VIII.

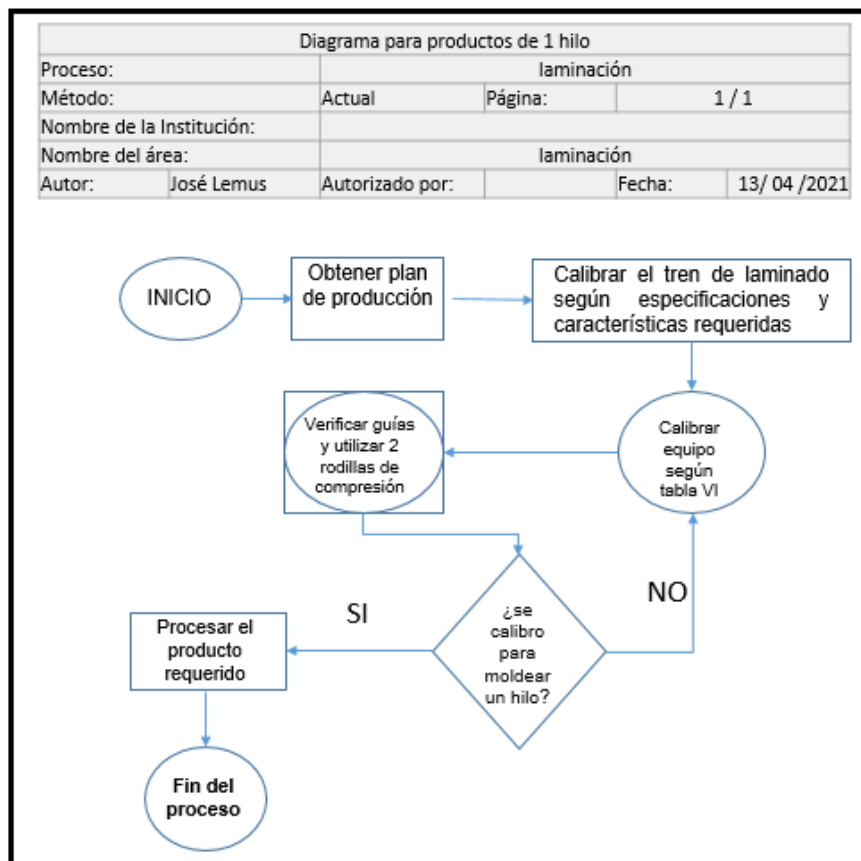
<p>Revisión de prismas</p>	<p>Remover oxido y escoria acumulada utilizando pulidora</p>	<p>Verificar que el prisma se encuentre en buen estado sin abolladuras.</p>	
<p>Revisión de ductos de refrigeración.</p>	<p>Utilizando aire comprimido a baja presión para asegurarse que el pasaje de agua se encuentre libre de cualquier obstrucción.</p>	<p>Aplica solo en guías de salida para los pases de laminación H-3, V-4, H-5, V-6.</p>	
<p>Rectificado de roscas</p>	<p>Revisión de todas las roscas.</p>	<p>Verificar que el tornillo rosque libremente.</p>	
<p>Revisión de ejes de rodamientos</p>	<p>Verificar ductos de lubricación de rodamientos, verificar que los cuñeros no presenten ningún daño, y que la rosca de la tuerca este en buen estado.</p>	<p>La grasa debe de salir con facilidad por los ductos de lubricación.</p>	
<p><b>Elaborado por:</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p>	<p><b>Revisado y aprobado por:</b></p>	
<p><b>José Lemus</b></p>	<p><b>Henry González</b></p>	<p><b>Oscar Fuentes</b></p>	
<p>Estudiante de Ingeniería</p>	<p>Jefe de producción</p>	<p>Gerente de laminación</p>	
<p>Observaciones:</p>			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

### 3.1.3.1. Productos de 1 hilo

Para trabajar productos de 1 hilo, únicamente se configurarán los pasos con dos rodillos en sentidos opuestos para el trabajo de laminación.

Figura 24. Diagrama para calibración de 1 hilo

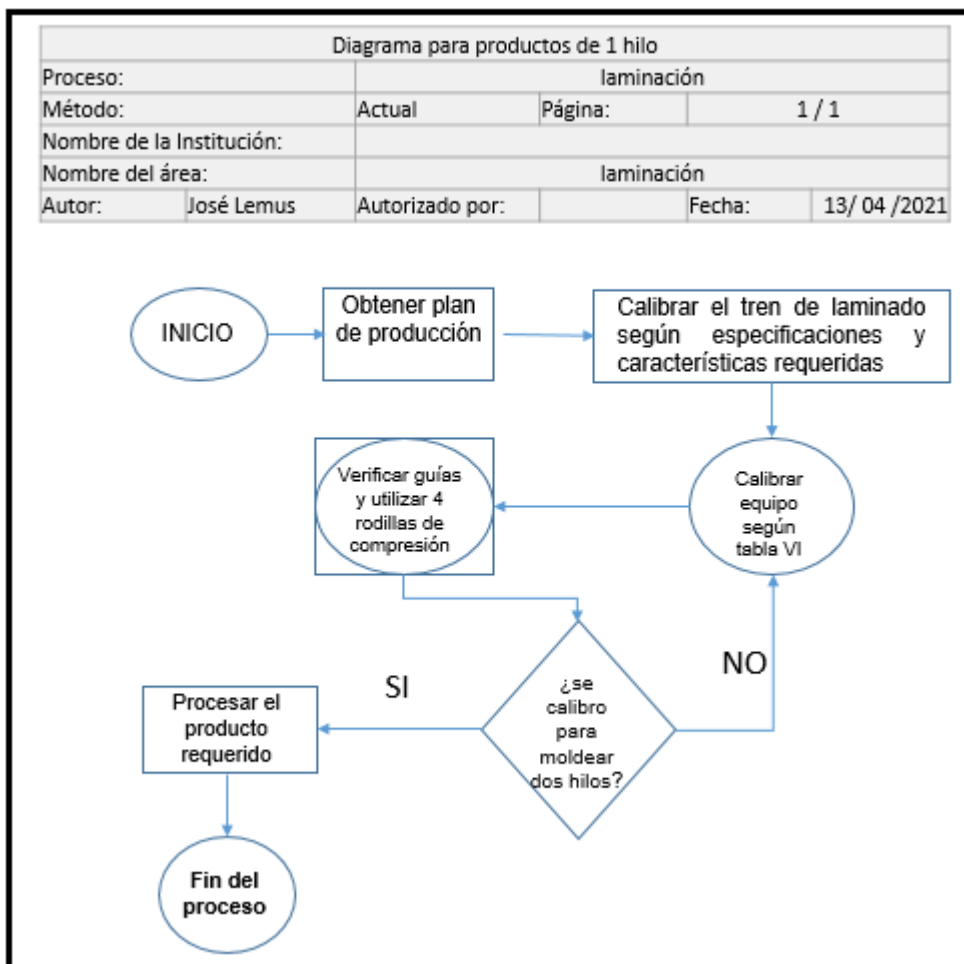


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

### 3.1.3.2. Productos de 2 hilos

Para trabajar productos de 2 hilos, únicamente se configurarán los pasos con cuatro rodillos en sentidos opuestos para el trabajo de laminación.

Figura 25. Diagrama para calibración de 2 hilos

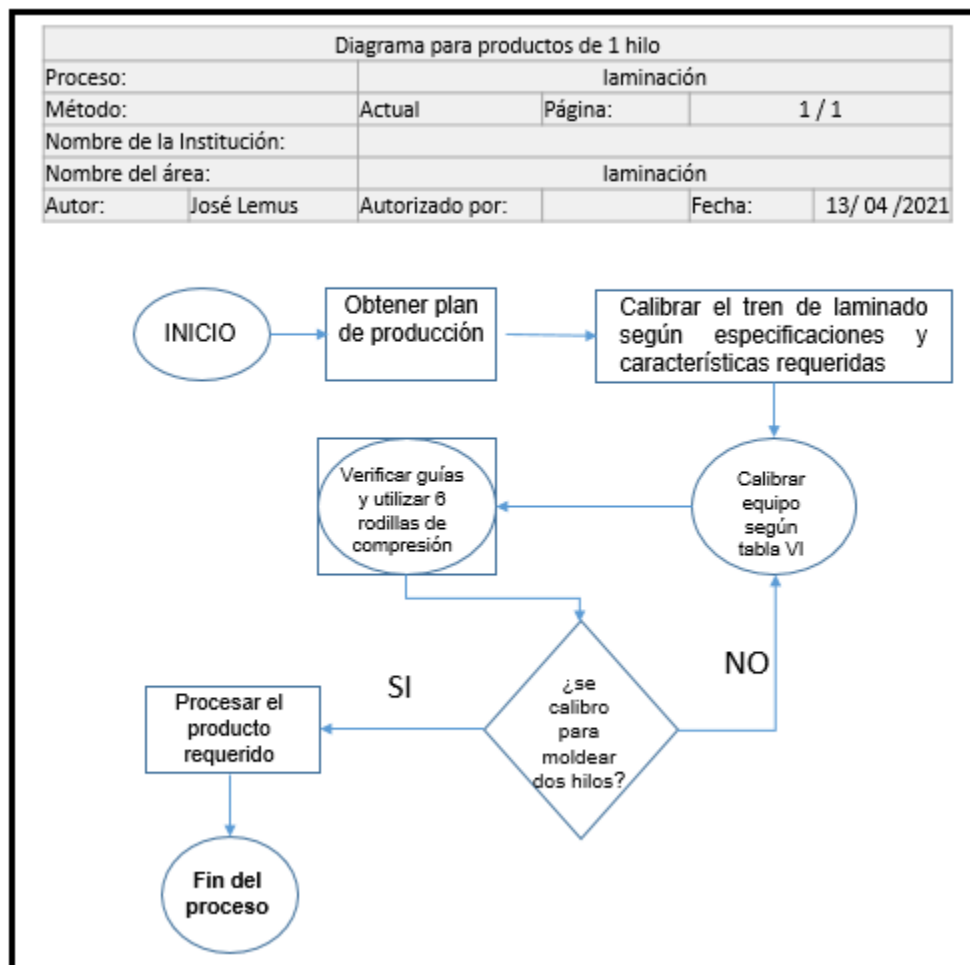


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

### 3.1.3.3. Productos de 3 hilos

Para trabajar productos de 3 hilos, únicamente se configurarán los pasos con cuatro radillos en sentidos opuestos para el trabajo de laminación.

Figura 26. Diagrama para calibración de 3 hilos

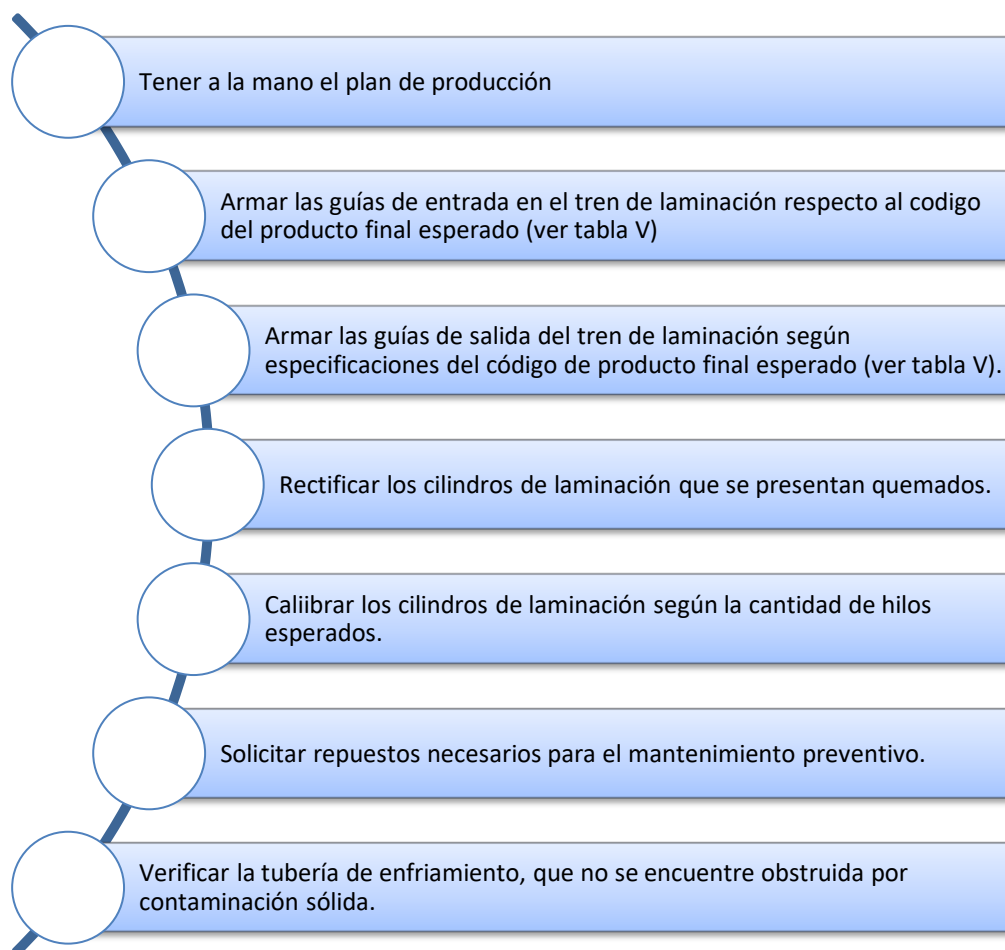


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

### 3.2. Estándares de dimensiones de guías para cada producto

En el departamento de laminación se deberán realizar un conjunto de actividades que garanticen la continua producción previniendo las fallas y mitigando las causas de error. Para alcanzar ese éxito se plantean las siguientes actividades que formaran parte del programa de estandarización previo a calibrar las guías según las dimensiones requeridas.

Figura 27. **Actividades para estandarización en calibración de guías**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

El departamento de laminación produce diferentes productos, según la tabla V, son seis los productos de mayor demanda, en la misma tabla se puede encontrar sus dimensiones específicas con la que la barra de metal ingresa al tren de laminado, en la parte final dependerá si el producto fue de un hilo, dos hilos o tres hilos.

Se diseñará la tabla de estandarización para las guías de entrada y de salida en el tren de laminado, con la tabla se podrían evitar malas calibraciones o reprocesos en los productos finales, se esperaría minimizar el volumen de desperdicio, además de implementar las acciones preventivas descritas en las actividades de mantenimiento de las propias guías.

Tabla IX. **Tabla de estandarización de guías según producto**

Código	Dimensiones	∅ guía	Hilo	Rodillos
G6	3/8" x 6m	3/8"	1	2
G9	3/8" x 9m	3/8"	2	4
G12	3/8" x 12m	3/8"	3	6
J6	1/2" x 6m	1/2"	1	2
J9	1/2" x 9m	1/2"	2	4
J12	1/2" x 12m	1/2"	3	6

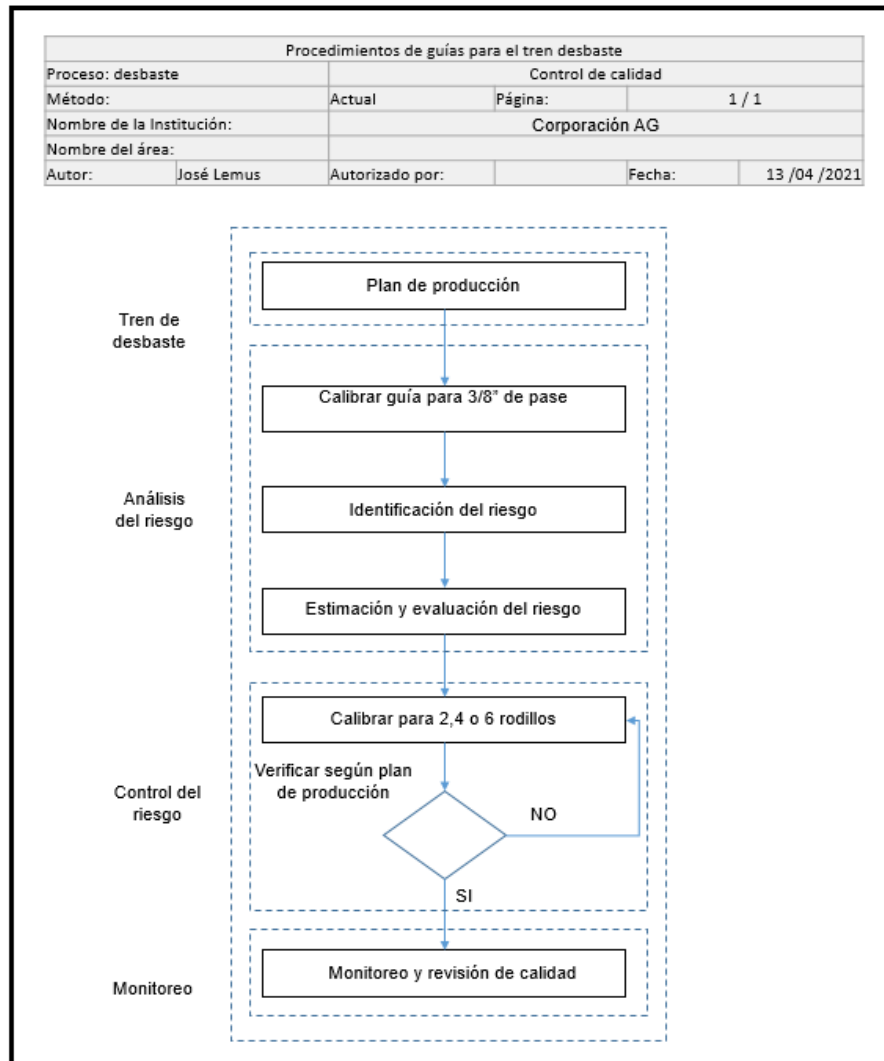
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Las guías deberán ser graduadas según el código del producto final esperado, la primera columna de la tabla IX indica cual es el material que será procesado, para eso el técnico o el mecánico responsable del tren de laminación, deberá ajustar las guías de ingreso, guías de salida y los rodillos de compresión. Con la estandarización se agiliza las acciones, el trabajo en cascada podrá reducir tiempo de programación, tiempo de preparación de material, tiempo de mantenimientos.

### 3.2.1. Procedimientos de guías para el tren desbaste

La actividad principal se centra en calibrar las guías de acceso y las guías de salida, las guías de acceso pueden ser calibradas según las dimensiones del material de aporte o mejor conocido como la barra o barrilla de metal.

Figura 28. Procedimientos de guías para el tren desbaste

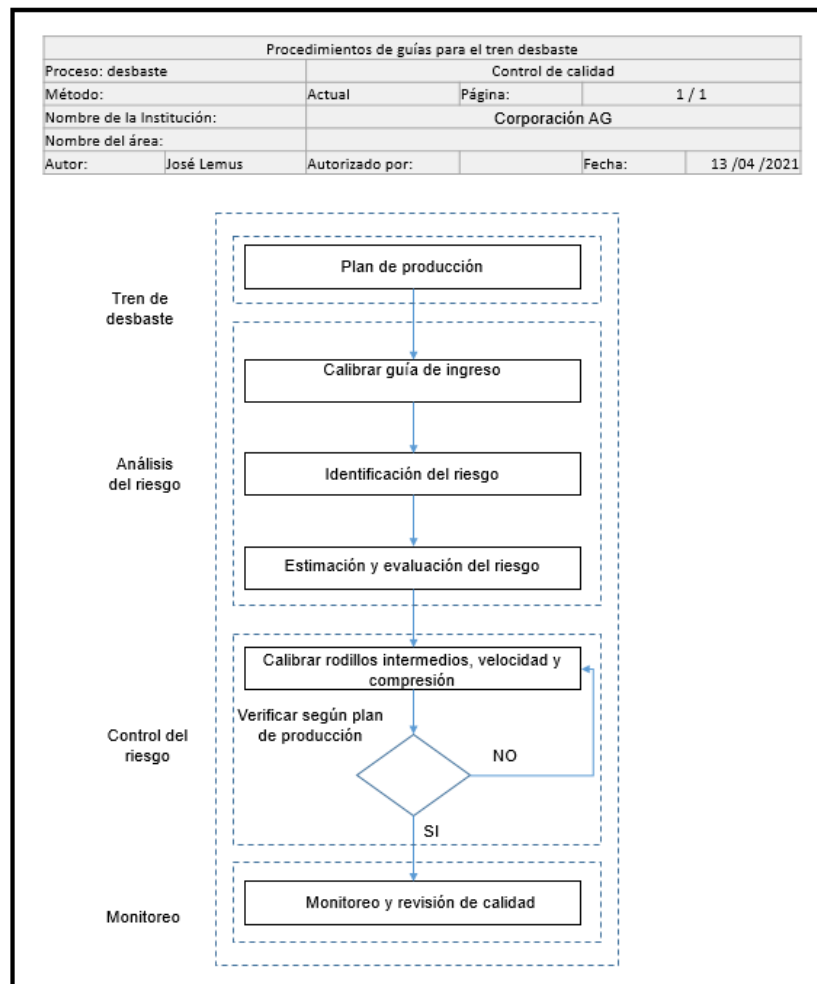


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

### 3.2.2. Procedimientos de guías para el tren intermedio

El tren intermedio deberá ser calibrado según los rangos de velocidad de producción, compresión de los rodillos según los requerimientos del plan de trabajo, además las guías deberán cumplir con las dimensiones del código de la barra de metal que será procesada.

Figura 29. Procedimientos de guías para el tren intermedio



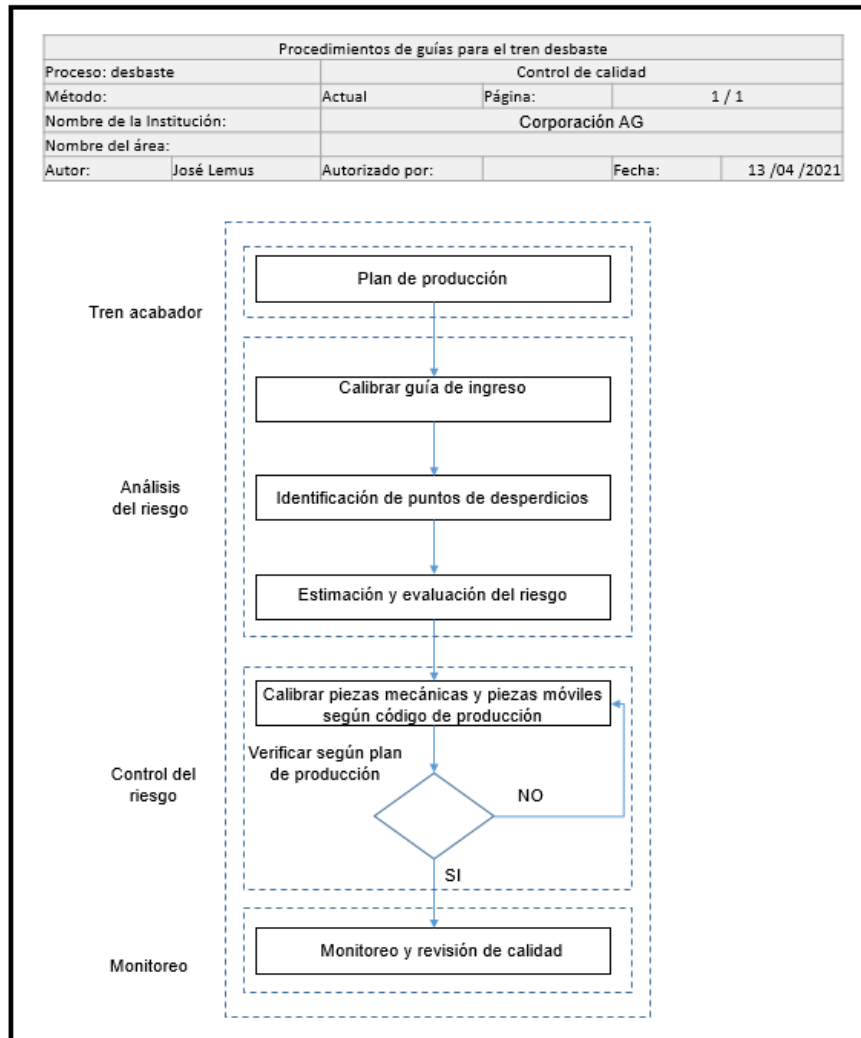
Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.



### 3.2.3. Procedimientos de guías para el tren acabador

El tren acabador, se encuentra en la parte final del proceso, la graduación de las piezas mecánicas y móviles en esa sección deben ser elaboradas con precisión.

Figura 30. Procedimientos de guías para el tren acabador

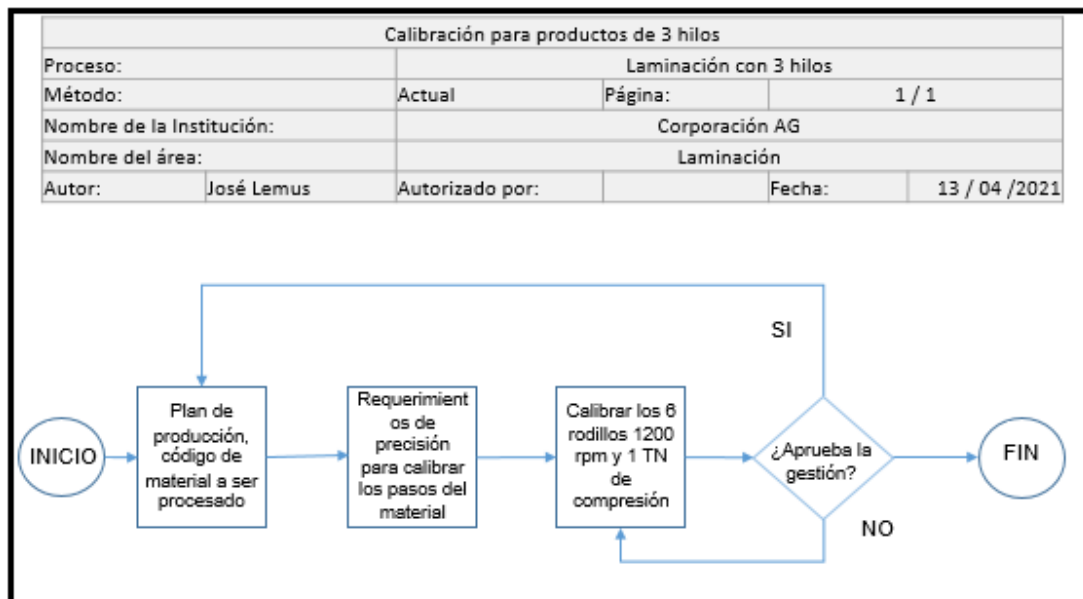


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

### 3.2.3.1. Productos de 3 hilos

La calibración para los productos especiales se realiza según el plan de producción, la velocidad de rodaje y la fuerza de compresión delimitarán el acabado perfecto o bordes irregulares del material procesado.

Figura 31. **Acciones para calibrar el tren de laminación con productos de 3 hilos**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

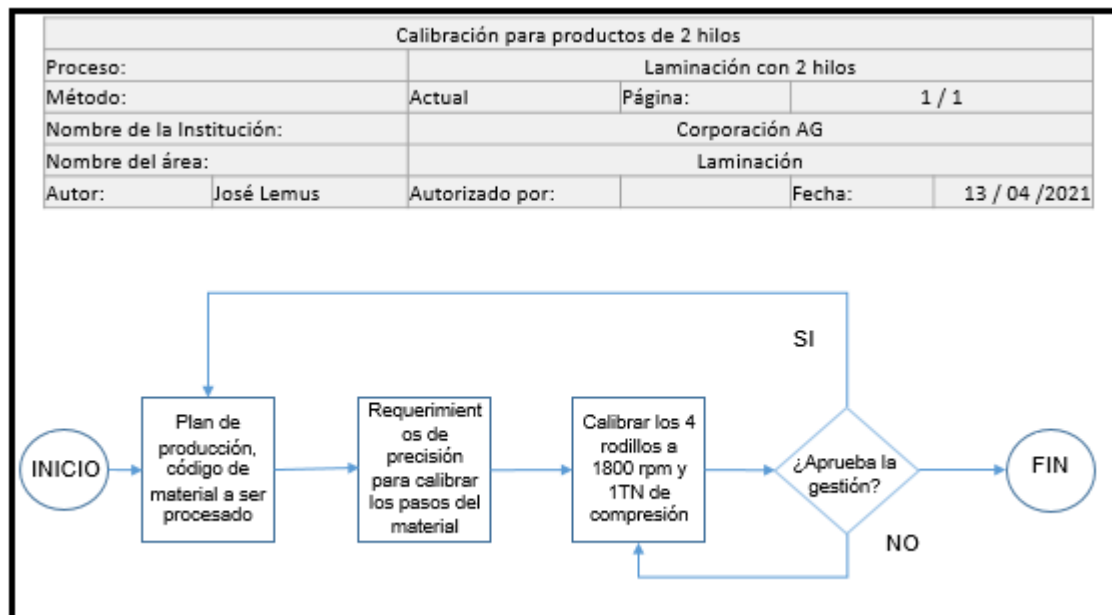
Previo a trabajar en el tren de laminación con productos de 3 hilos, el operario o el mecánico asignado, deberá corroborar según el plan de producción cual es el lote que será procesado, se evidencia en el conjunto de etapas y fases productivas la necesidad de incorporar como herramienta principal el diseño propuesto del plan de producción. Es muy práctico para los demás colaboradores

trabajar de forma homogénea al interpretar los diagramas, evitando estar esperando órdenes verbales en cada nueva fase.

### 3.2.3.2. Productos 2 hilos

La calibración para los productos especiales se realiza según el plan de producción, la velocidad de rodaje y la fuerza de compresión delimitarán el acabado perfecto o bordes irregulares del material procesado.

Figura 32. **Acciones para calibrar el tren de laminación con productos de 2 hilos**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

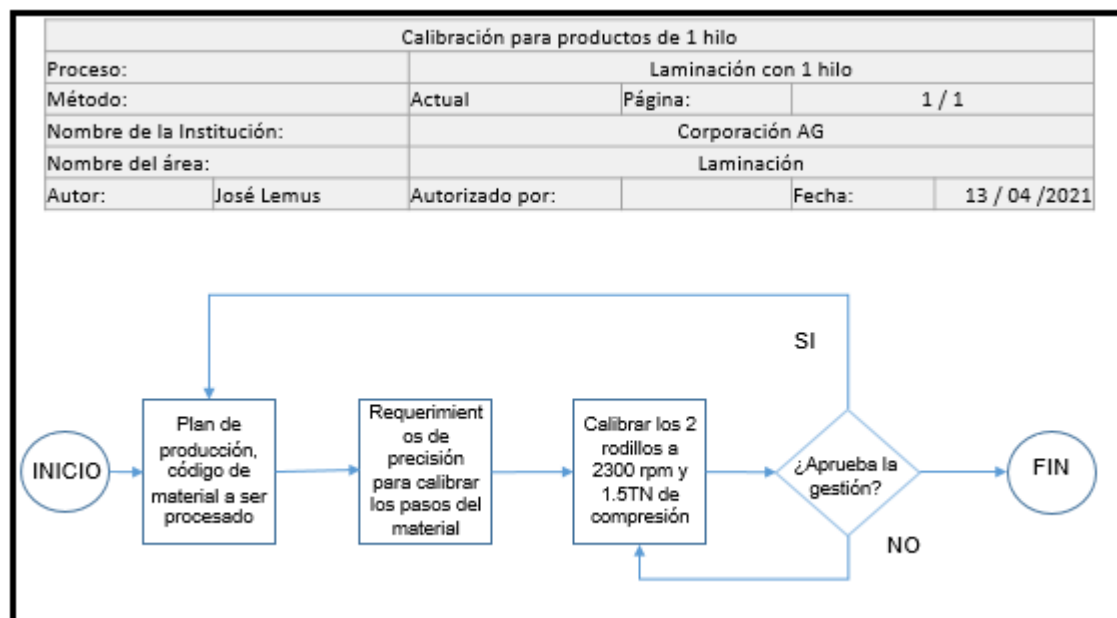
Los productos de 2 hilos serán trabajados de la misma forma que el producto anterior, únicamente se variara la velocidad de rodamiento de los cuatro rodillos, el material ha presentado menor deformación plástica con errores en

arrugas. Por eso se logró trabajar sin problemas mecánicas ni problemas productivos a esa velocidad, con los ajustes en las guías y en la parte transitoria del tren de laminado se han disminuido las pérdidas.

### 3.2.3.3. Productos de 1 hilo

La calibración para los productos especiales se realiza según el plan de producción, la velocidad de rodaje y la fuerza de compresión delimitarán el acabado perfecto o bordes irregulares del material procesado.

Figura 33. **Acciones para calibrar el tren de laminación con producto de 1 hilo**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2021.

En el departamento de laminación, específicamente en el tren de laminado, se realizaron diferentes pruebas con distintas configuraciones en velocidad y

comprensión. El material puede ser trabajado con optimización en deformación, sincronización de velocidad y condiciones de acabados hasta los 2 300 rpm, los 2 rodillos podrán soportar carga máxima de 1,5 TN en ambos sentidos, fuera de esos rangos la deformación es irregular.

### **3.3. Rendimiento de repuestos consumibles de guías**

Se necesita el apoyo de otros departamentos y personal mecánico para garantizar el perfecto funcionamiento del tren de laminado, se estipulo que algunas calibraciones se deberán ejecutar por los operarios de los equipos. Con base en ese programa, se planifica el armado de guías contemplando el tonelaje total para cada campaña de producción de un producto y así mismo se determina la cantidad de guías a armar según el tonelaje que rinde cada guía en los pases de laminación.

Se requiere la participación de mecánicos de guías, ellos se encargan de cumplir con el armado de guías para las producciones indicadas en el programa de producción siguiendo la secuencia de tareas indicadas por el planificador del taller. Tienen como obligación entregar las guías armadas en un tiempo estipulado y sin ningún tipo de ajuste posterior del armado. Cumplen con el procedimiento de armado siguiendo los estándares establecidos.

Los mecánicos de mantenimiento tienen distintos roles y asignaciones, su función principal es dar un correcto mantenimiento a las guías que salieron de trabajar cumpliendo su rendimiento establecido. Tienen como obligación entregar guías con un funcionamiento óptimo listas para ser armadas ahorrando tiempo y recursos a la hora de que sean utilizadas. El procedimiento para el correcto mantenimiento de guías será detallado más adelante.

El taller de soldadura también consume repuestos y material de aporte para ejecutar con sus labores cotidianas. En ese taller es donde se recuperan los desgastes superficiales de las guías de laminación. Cuenta con tres soldadores certificados quienes tienen la capacidad de realizar tareas requeridas por el mecánico de guías tales como: recuperar desgastes en las paredes de las guías, remover tornillos dañados, sellar fugas en tuberías de lubricación, realizar modificaciones en las piezas de las guías.

El taller de tornos presenta en la empresa, se especializa en máquinas y herramientas. Posee las siguientes máquinas: torno convencional, fresadora universal, sierra vaivén, torno CNC, taladro y esmeril. Los torneros tienen la capacidad de fabricar o modificar piezas de las guías para un funcionamiento óptimo. También rectifican y les dan la forma correcta a las piezas calzadas por el taller de soldadura. Se encargan de fabricar los rodos que se utilizan en las en las diferentes guías que utilizan rodillos.

Al cumplir su rendimiento las guías del tren desbasten e intermedio, por ser de gran tamaño y complejas, se les realiza un mantenimiento menor solo inspeccionando el correcto funcionamiento de las piezas y su estado físico.

Así como también se realiza un mantenimiento menor, es importante revisar las partes críticas internas de la guía. Para ello es necesario realizar un mantenimiento mayor preventivo para garantizar el buen funcionamiento de la guía durante la producción.

Las siguientes tablas indican el rendimiento de cada guía de laminación para las diferentes secciones de laminación. Cada guía estipula en el manual de mantenimiento una forma de conocer la condición y con base en ello realizar el

cambio en la pieza de desgaste, en Aceros de Guatemala los cambios de pieza de desgaste se hacen con base en el tonelaje procesado por cada equipo.

Tabla X. **Rendimiento de repuestos consumibles de guías**

Sección	Código repuesto	Entrada	Salida
Rendimiento de guías en pases de laminación tres desbaste	H-0	40 000	40 000
	H-1	40 000	40 000
	V-2	48 000	45 000
	H-3	35 000	25 000
	V-4	34 000	31 000
	H-5	22 500	10 000
	V-6	24 000	12 000
Rendimiento de guías en pases de laminación tren intermedio (1,2 y 3 hilos)	H-7	22 500	5 000
	V-8	22 500	17 000
	H-9	17 000	5 000
	V-10	25 000	17 000
	H-11	25 000	5 900
	V-12	22 500	5 000
	H-13	10 000	4 200
Rendimiento de guías en pares de laminación tren intermedio (2 y 3 hilos)	G-14	4 200	900
	H-15	4 000	1 000
	G-16	5 000	1 000
	H-17	25 000	1 900
	G-18	15 000	12 500

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

La tabla se compone por valores en toneladas de repuestos consumibles, los repuestos pueden ser materiales de aporte, soldaduras, aleaciones, encamisados, agregados de contrapesos en los rodillos, estos repuestos no son piezas sueltas o piezas accesorias que pueden irse intercambiando. Se deberá puntualizar que tanto las guías como los rodillos de compresión son materiales que sufren desgaste y pérdidas de material por el continuo rozamiento con otros metales que están siendo procesados. Los tres departamentos que se involucran son taller de torno, taller de soldadura y taller de mantenimiento, para cada

actividad que ellos puedan desarrollar requerirán material en volumen y peso para ser acondicionado según la necesidad que se presenta.

### 3.3.1. Gráfica diámetro – rendimiento por toneladas

El rendimiento se evaluará por la cantidad de toneladas de material presentes en la tabla X, los datos presentes en las columnas de entrada y salida son cantidades en toneladas.

Fórmula VIII

$$Rendimiento = \frac{\text{material de salida}}{\text{material de entrada}} \times 100$$

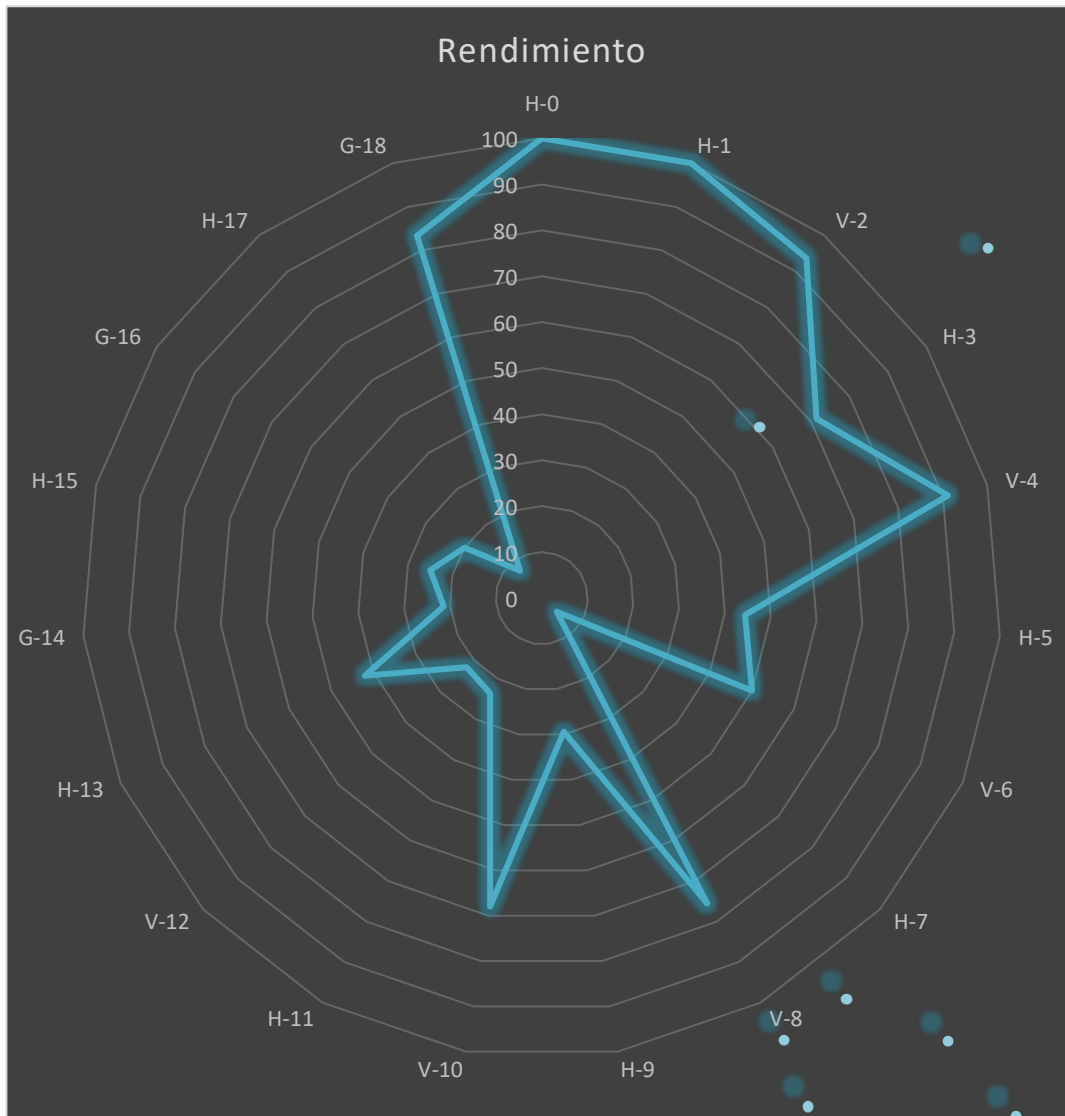
Tabla XI. Rendimiento de repuestos consumibles por tonelada

Código repuesto	Entrada	Salida	Rendimiento %
H-0	40 000	40 000	100
H-1	40 000	40 000	100
V-2	48 000	45 000	93,75
H-3	35 000	25 000	71,42
V-4	34 000	31 000	91,17
H-5	22 500	10 000	44,44
V-6	24 000	12 000	50
H-7	22 500	5 000	4,44
V-8	22 500	17 000	75,55
H-9	17 000	5 000	29,41
V-10	25 000	17 000	68
H-11	25 000	5 900	23,6
V-12	22 500	5 000	22,22
H-13	10 000	4 200	42
G-14	4 200	900	21,43
H-15	4 000	1 000	25
G-16	5 000	1 000	20
H-17	25 000	1 900	7,6
G-18	15 000	12 500	83,33

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.



Figura 34. **Grafica diámetro – rendimiento por toneladas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

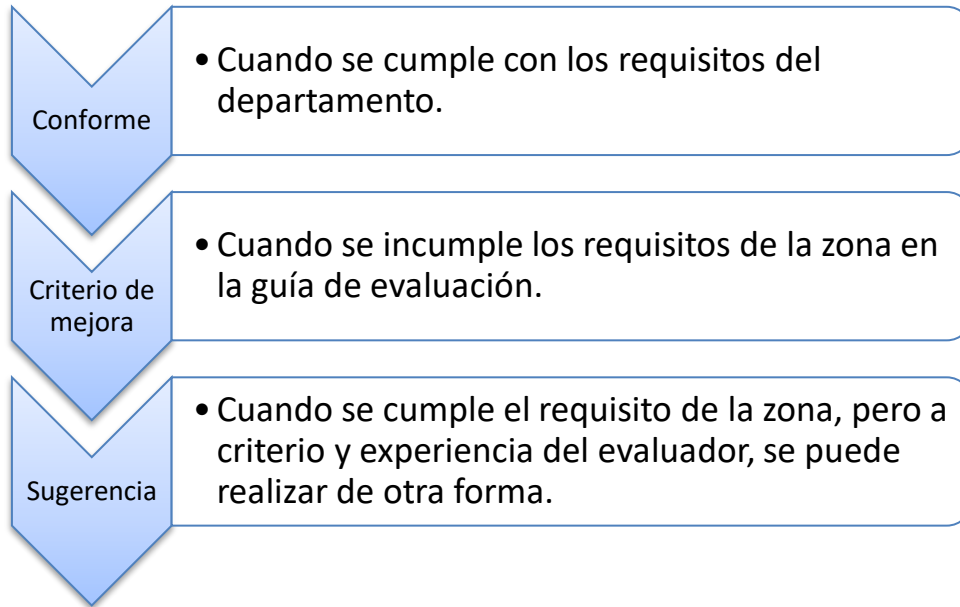
Con los datos obtenidos en la tabla X se desarrolló la tabla XI, a partir de la tabla XI se graficó el comportamiento del rendimiento por toneladas, el código de repuesto con menor aprovechamiento por la empresa es el H-7, eso representa costos de almacenaje, costos de compra y costos de oportunidad.

### **3.4. Implementación del sistema 5's en el taller de guías**

El programa de 5's es el fundamento para la creación de ambientes agradables, limpios y seguros cuyo principal objetivo es cambiar el comportamiento de las personas creando una cultura de excelencia, se ve la necesidad de implementarlo en taller como herramienta útil que le beneficia al taller para hacer eficiente el proceso de mantenimiento y armado de guías.

Para realizar una evaluación de 5's en el taller, se elabora una guía con una serie de pasos a seguir para posteriormente hacer el llenado de un formulario donde se obtendrá un punteo de 0 a 100 puntos y así conocer la situación en el taller. Es requerido realizar esta evaluación una vez al mes ya que es fundamental eliminar los desvíos y desarrollar la autodisciplina.

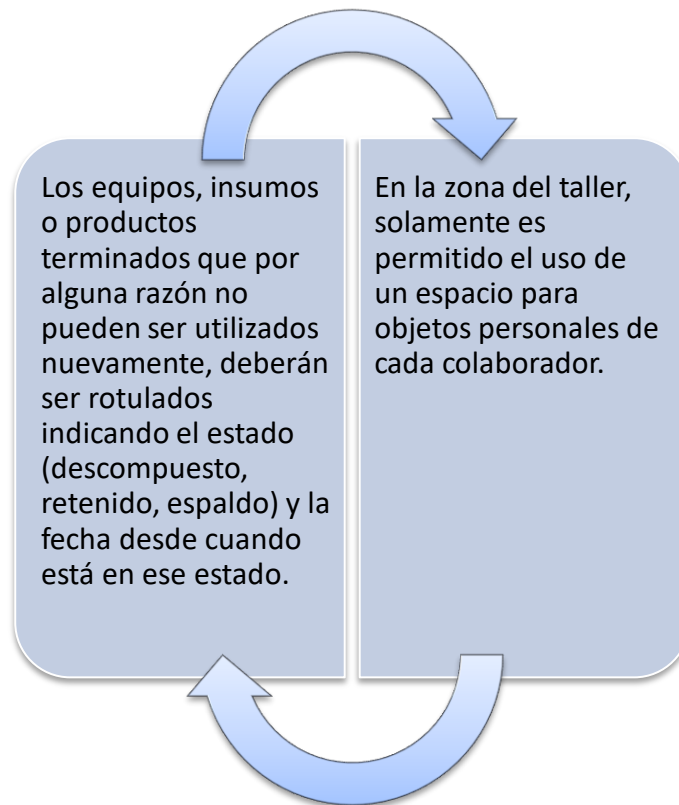
Figura 35. **Criterios de evaluación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Al realizar el recorrido por el taller, verificar que no permanezcan herramientas equipos, mobiliarios (cajones, archivos, lockers, estanterías), insumos, repuestos o cualquier otro objeto innecesario en condiciones de aparente abandono (sucias, con telas de araña y oxidadas) y en exceso (cantidad). Verificar cuando fue la última vez que se utilizó y si todavía es útil.

Figura 36. **Requisitos en la zona de taller**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Los requisitos en el taller fueron implementados automáticamente, con esas acciones se optimizaron los espacios útiles, se logró retirar equipos y herramientas que no funcionaban, se etiquetaron las que todavía podrán ser recuperadas.

### **3.4.1. Orden**

El sistema deberá ser implementado con las siguientes acciones, actividades y tareas que conforman el sentido de orden. Se plantean un conjunto

de puntos, cada punto contendrá detalles que deben ser abordados y puestos en práctica todos los días.

Tabla XII. **Sentido de orden**

Nivel de orden	Descripción	Requisitos
Punto 1	<p>Se verifica si las herramientas y utensilios de limpieza movibles poseen un lugar específico que facilita la circulación y localización dentro de la zona de una forma rápida, fácil y segura.</p> <p>Se sugiere que los cajones, estanterías y áreas deben estar identificados por fuera y por dentro. También evaluar la aplicación del sentido de orden en cajones de insumos.</p>	<p>Las gavetas o espacios vacíos se deben rotular como disponibles.</p> <p>Los cajones, gavetas o lockers de objetos personales no deben de tener herramientas de trabajo. Si existiera ese caso, las herramientas deben estar separadas y delimitadas, indicando los objetos personales y herramientas de trabajo.</p> <p>Todas las herramientas deben tener un lugar específico.</p>
Punto 2	<p>Los equipos deben de poseer identificación en los accionamientos mecánicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos.</p>	<p>La identificación este legible y en buen estado.</p> <p>Los accionamientos de las máquinas deben estar identificados con la acción que realiza.</p> <p>Los interruptores deben estar identificados con ON/OFF e indicar que lugar iluminan.</p> <p>Los tomacorrientes deben estar identificados con 110, 220 y 440 voltios respectivamente.</p>

Continuación de la tabla XII.

Punto 3	<p>Existe identificación de EPP necesario para estar en la zona y también hay identificación para los extintores disponibles de la zona.</p> <p>Si el extintor se encuentra vencido, se debe verificar que éste no exceda de un periodo de dos meses posterior a la fecha de vencimiento.</p>	Indicar por medio de rótulos el EPP necesario para permanecer en el taller.
		El extintor debe estar identificado para su rápida ubicación y para identificar el tipo de fuego que apaga.
Punto 4	<p>La documentación de la zona posee un lugar específico, que facilita su consulta de forma segura. No existen documentos mezclados.</p> <p>Los formularios que se utilizan en las estaciones de trabajo, deben de tener un lugar específico.</p>	Las estanterías y archivos deben de estar identificados indicando que información generan en general.
		Cada cajón y folder que contenga documentos debe estar identificado y conteniendo lo que allí se indica.
Punto 5	<p>Los insumos de la zona poseen un lugar específico que facilita el acceso de forma segura y hay identificación de cantidades máximas y mínimas de almacenaje de los insumos.</p>	Los mínimos y máximos deben de estar identificados según la necesidad y lo colocado se debe cumplir.
		Todos los materiales considerados como insumos deben tener un lugar específico.
Punto 6	<p>Debe de haber un recipiente para cada tipo de desecho generado y tienen que tener un lugar específico.</p>	La identificación del recipiente debe de leerse identificando lo que se deposita.
		Los basureros deben de tener una limpieza estable, por dentro y por fuera.
Punto 7	<p>Debe de haber un recipiente para cada tipo de desecho generado y tienen que tener un lugar específico.</p>	La identificación del recipiente debe de leerse identificando lo que se deposita.
		Los basureros deben de tener una limpieza estable, por dentro y por fuera.

Continuación de la tabla XII.

Paso 8	Los materiales no conformes poseen un lugar específico, asegurando que se encuentran separados e identificados de los demás.	El área debe de tener un lugar específico
	La rotulación debe ser elaborada de acuerdo al ambiente en donde se va a colocar, por el deterioro que pueda sufrir. No debe ser una rotulación improvisada y de preferencia no rotular en el suelo.	Debe estar delimitada con color rojo y rotulada.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

### 3.4.2. Limpieza

El sistema deberá ser implementado con las siguientes acciones, actividades y tareas que conforman el sentido de limpieza. Se plantean un conjunto de puntos, cada punto contendrá detalles que deben ser abordados y puestos en práctica todos los días.

Tabla XIII. Sentido de limpieza

Nivel de orden	Descripción	Requisitos
Punto 1	La zona y todo lo que se encuentra en ella, debe de estar limpio, funcionando correctamente, sin alambres expuestos y sin riesgos directos de accidentes.	La zona debe observarse limpia y sin fugas de grasa, agua, entre otros.
	Verificar que la cantidad de polvo sea por parte del proceso y tenga una limpieza periódica.	Verificar que exista limpieza en la zona: el suelo no tenga residuos o desechos como basura, wipe, plástico, entre otros., no existan derrames de agua o químicos y telas de arañas. Limpieza de equipos, mobiliario, herramientas, paneles de comando, el suelo, paredes, techos, ventanas, debajo y detrás del mobiliario, basureros, cuadros de gestión, entre otros.
		Que no existan riesgos de accidentes
		La zona no debe presentar wipe usado.
Punto 2	Evaluar la limpieza de los baños, buen funcionamiento de los sanitarios, lavamanos y buen estado de conservación de las instalaciones. La zona debe estar limpia y con buen estado de conservación.	El baño debe estar limpio sin telas de araña, inodoros no percutidos, mingitorios limpios, con olor aceptable, paredes y pisos limpios.
	Debe de existir un cronograma de limpieza de la zona colocando las firmas de los responsables.  El cronograma debe ser un formato que contiene una lista de actividades programadas con fecha en la que se realiza la limpieza y el responsable asignado, para que al finalizar de efectuarla firme en él.	El taller debe contar con un cronograma de limpieza actualizado.
		El cronograma de incluir pisos, ventanas, puertas, baños, áreas de alimentos, salas de reunión y mobiliario de la zona.
		El cronograma de la limpieza debe estar en un lugar visible, específico y disponible para todos los colaboradores de la zona, con el objetivo que tenga seguimiento.
		La evidencia de la limpieza del área debe ser acorde a la evidencia del cronograma. Debe ser actualizado de acuerdo a la fecha de evaluación.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.



### **3.4.3. Utilización**

El sentido de utilización podrá ser evaluado constantemente con el uso de la siguiente ecuación:

Fórmula IX

$$utilización = \frac{\text{tiempo útil}}{\text{tiempo programado total}}$$

Donde:

- Tiempo útil: es el tiempo empleado para realizar las tareas necesarias en el ordenamiento del taller, se descuentan las causas externas y el tiempo libre.
- Tiempo programado total: es el tiempo necesario que fue proyectado para realizar el conjunto de tareas.

### **3.4.4. Salud**

El sistema deberá ser implementado con las siguientes acciones, actividades y tareas que conforman el sentido de salud. Se plantean un conjunto de puntos, cada punto contendrá detalles que deben ser abordados y puestos en práctica todos los días.

Tabla XIV. Sentido de salud

Nivel de orden	Descripción	Requisitos
Punto 1	Los ambientes y equipos de uso común como fuentes de hidratación, comedor, microondas, refrigeradora entre otros, están en buenas condiciones de uso y limpieza	<p>Los ambientes deben de poseer un listado de condiciones que establece el uso correcto del ambiente y su forma de dejarlo después de utilizarlo.</p> <p>Las buenas condiciones de uso para el mobiliario y equipo de uso común que cumplan con su función y estén limpios.</p>
Punto 2	El uniforme y el equipo de protección personal utilizado por todos los colaboradores de la zona, debe estar en buenas condiciones de uso y buen estado de conservación. El EPP debe ser el adecuado para las tareas que se realizan en el taller.	<p>El uniforme de los colaboradores del taller debe estar en buenas condiciones.</p> <p>Debe haber higiene y limpieza en el uniforme, apropiado para trabajar en el taller.</p> <p>El uniforme debe de tener todos sus botones, que no esté roto, pantalones sin el ruedo descocido, zipper en buen estado, camisas metidas y dentro del pantalón.</p>
Punto 3	Las condiciones ambientales como temperatura e iluminación son adecuadas.	<p>El aire acondicionado debe estar de acuerdo a los requerimientos del área.</p> <p>Las áreas de trabajo que se encuentran a altas temperaturas poseen ventilación.</p> <p>No debe existir lámparas quemadas en el taller.</p>
Punto 4	Los equipos, herramientas e insumos que se utilizan constantemente en el taller durante la operación deben de estar a la altura del alcance del usuario evitando flexionamientos y estiramientos.	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

### 3.4.5. Autodisciplina

El sistema deberá ser implementado con las siguientes acciones, actividades y tareas que conforman el sentido de autodisciplina. Se plantean un conjunto de puntos, cada punto contendrá detalles que deben ser abordados y puestos en práctica todos los días.

Tabla XV. **Sentido de autodisciplina**

<b>Nivel de orden</b>	<b>Descripción</b>
Paso 1	Se debe de contar con un lugar específico para colocar el check list que contendrá cada punto a evaluar y contendrá el “que, quien y cuando” con plazos establecidos. Los colaboradores deben de conocer el contenido y el uso de la información.  El check list debe de contener: 1) quién y cuándo: verificar que cada acción que se tenga asignada la fecha de realización y la persona asignada. 2) cumplimiento de plazos: verificar el cumplimiento de las acciones en los plazos estipulados.
Paso 2	No hay objetos personales mezclados en el área de trabajo (periódico, zapatos, posters, calcomanías). Mantener en el lugar de trabajo como máximo tres objetos personales de tamaño considerable y que sean indispensable tenerlo cerca. Ejemplo: un vaso o pachón para agua.
Paso 3	Verificar que no haya equipos encendidos de modo innecesario. Aplica para aire acondicionado, iluminación, ventiladores, cargadores y equipos conectados a toma corrientes.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Implementar la gestión 5's debería mejorar aspectos cotidianos dentro del taller de guías y su entorno, el personal debe ser capacitado constantemente para familiarizarse con cada una de esas acciones y pasos a incorporarse.

Los supervisores de taller y el jefe de área presentaron aceptación ante el desarrollo de la propuesta, con las pruebas piloto que se lograron realizar se obtuvieron resultados contundentes, el orden, la limpieza, el control y distribución de los equipos dentro del taller mostro mejorías, el tiempo promedio para buscar o encontrar una pulidora de corte era aproximadamente de 25 minutos, con la reubicación, se redujo a 15 minutos.



#### 4. FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN PARA ENTRENAR A LOS OPERADORES ENCARGADOS DEL MANTENIMIENTO DE GUÍAS, EN LA EJECUCIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

##### 4.1. Planificación de capacitación

Durante el proceso de evaluación situacional y la creación de la propuesta, se tomarán en cuenta desde que fue aprobado el tema hasta la culminación y presentación del actual trabajo de investigación.

Tabla XVI. Cronograma de actividades

No.	Actividades	agosto 2020				Septiembre 2020				octubre 2020				noviembre 2020				Diciembre 2020					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Culminación y entrega de investigación																						
2	Evaluación y validación de EPS																						
3	Culminación y visto bueno																						
4	Prueba piloto																						
5	Obtención de resultados																						
6	Tratamiento de información																						
7	Análisis e interpretación sobre los procesos piloto																						
8	Análisis e interpretación sobre los procesos implementados																						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El cronograma podría sufrir variaciones en el transcurso de la incorporación y adaptación dentro de la empresa. La estabilidad de los procesos sólo se alcanzará cuando los operadores sigan estándares correctamente definidos y cuando los operadores estén bien entrenados. Sabiendo lo anterior se desarrolló un plan de capacitación para los colaboradores del taller de guías.

#### **4.1.1. Objetivo**

El objetivo de la capacitación es lograr que los colaboradores del taller de guías obtengan las herramientas y conocimientos necesarios relacionados a mantenimiento para ejecutar las tareas de mantenimiento y así lograr el cumplimiento de los propósitos y objetivos propuestos.

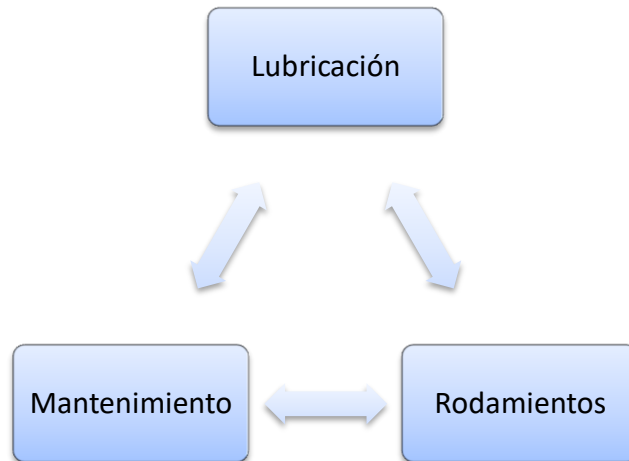
#### **4.1.2. Meta**

Cumplir con el cronograma de capacitación con los temas propuestos durante el tiempo estipulado de un mes cubriendo a los cinco colaboradores del taller de guías y evaluando el nivel de conocimiento que irán adquiriendo o enriqueciendo con el resultado de un operador competente para realizar las diferentes tareas que se le propongan.

#### **4.1.3. Estrategia**

Para ejecutar este programa de capacitación, se eligieron junto a gerencia los temas a impartir, los cuales en común acuerdo se eligieron los siguientes:

Figura 37. **Temas dentro de la estrategia de capacitación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Para impartir dichos temas se eligió un método llamado 4 puntos donde el colaborador de una manera práctica e intuitiva ampliará sus conocimientos en cada uno de los temas planteados apoyándose de los estándares de operación ya realizados y aplicarlos en las tareas diarias del taller de guías.

#### **4.1.3.1. Programación de la capacitación**

Se realizará de lunes a viernes, se consideró emplear una hora por la mañana, trabajando con grupos de 5 personas. En total serán cuatro grupos los que participarán. Una semana completa será necesario para trabajar con cada grupo, de esa forma se puede utilizar el último mes completo para la capacitación, evaluación y divulgación de los resultados.

Con la metodología a emplear, serán por clases magistrales, se diseñarán ejercicios prácticos y se les otorgará material de apoyo para que puedan hacer uso del mismo en el transcurso de la capacitación.



Tabla XVII. **Puntos de la capacitación**

<b>Tema principal</b>	<b>Sub tema</b>	<b>Día</b>
Conceptos básicos	Departamento de laminación	Lunes – martes
	Clasificación de fallas	Miércoles
	Introducción a laminación	Jueves – viernes
Laminación	Laminado de perfiles	Lunes
	Productos laminados	Martes
	Laminación <i>Rolling</i>	Miércoles
	Resistencia del material a la deformación plástica	Jueves
	Fricción	Viernes
	Diámetro de rodillo	
Deformaciones	Ensanchamiento	Lunes – martes
	Dilatación a la salida	Miércoles
	Alargamiento	Jueves
	Aceleración	Viernes
Mantenimiento	Inventario de la maquinaria	Lunes
	Identificación de equipos y herramientas	Martes
	Criticidad de los equipos	Miércoles
	Criticidad de la maquinaria	Jueves
	Procedimiento de calibración	Viernes
Guías	Calibración de guías	Lunes
	Control de guías	Martes – miércoles
	Mantenimiento de guías	Jueves
	Sustitución de guías.	Viernes

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

La capacitación será impartida en las instalaciones de la empresa, se logró adecuar un salón de conferencias con retroproyector.

### 4.1.3.2. Cronograma

Se plantea el cronograma para desarrollarse en cinco semanas, el periodo por día será de una hora, hasta dos horas como máximo.

Tabla XVIII. **Cronograma de capacitación**

No.	Actividades	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Semana 5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Conceptos básicos	■	■	■	■																
2	Laminación				■	■	■	■	■												
3	Deformaciones									■	■	■	■								
4	Mantenimiento													■	■	■	■	■			
5	Guías																	■	■	■	■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

### 4.2. Metodología

Para realizar la capacitación se diseñaron clases magistrales con diapositivas en Power Point, se distribuyó fotocopias con información resumida y sintetizada que podría ayudar al personal a entender los temas de la capacitación, dentro del material de apoyo se imprimieron los diagramas propuestos en el cuerpo completo del EPS, se realizaron laboratorios prácticos en el taller de mantenimiento, al personal con menor tiempo de antigüedad en la empresa se les reforzó las inquietudes y dudas que presentaban.

#### 4.2.1. Método de los 4 puntos

Para realizar el entrenamiento, se eligió utilizar un método antiguo de entrenamiento llamado: Método de los 4 puntos. La ventaja de emplear este modelo de capacitación radica en la constante participación e interacción entre el contenido de la capacitación con la retroalimentación del personal que está siendo capacitado y las debilidades que pueden mostrar activamente para ser eliminadas por completo. La relación presente por el capacitador velará por hacer efectivo el programa de capacitación por medio de la práctica, evaluando inmediatamente las debilidades del personal y así mejorar sus técnicas empleadas en el desarrollo del trabajo constante.

Tabla XIX. Acciones del método de los 4 puntos

Actividad	Descripción
Preparar al entrenado	En esta etapa se tuvo un acercamiento con los colaboradores del taller para darles una explicación sobre la nueva forma de trabajar y organizar las tareas. Se presentaron los conceptos, puntos clave y riesgos para realizar cada actividad. Se les hizo saber a los colaboradores lo importante que es su desempeño, entender y conocer cada tarea que se le asigne.
Presentar el trabajo	Se les presento el cronograma de capacitación, los puntos de la capacitación y se dividieron los grupos por integrantes con afinidad entre ellos.
Hacer que el entrenado ejecute el trabajo	En la zona de taller de mantenimiento y reparaciones de guías, se trabajaron los puntos que presentaron mayor debilidad en la capacitación al personal, los de menor antigüedad presentaron mayores inconveniencias al desarrollar las actividades de montaje, desmontaje, calibración y sustitución de las guías, en la soldadura presentaron mayor destreza.
Acompañar el proceso del entrenado	Los grupos presentaron dudas, esas dudas fueron conceptuales, se evidencio que la experiencia y capacidades de trabajo son empíricas, el crecimiento profesional de los colaboradores del departamento de laminado incremento por la continua practica de trabajo, para ellos los aspectos técnicos o capacitarse con lecturas es de poca aceptación.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

#### **4.2.2. Material de apoyo**

Se les otorgo material impreso, fotocopias seleccionadas con información sobre laminación, desbaste, tipos de fallas en guías de laminación, proceso de laminación, cultura organizacional, incorporación de 5's a la empresa.

#### **4.3. Resultados**

Dentro de los grupos que participaron en las capacitaciones se evidencio que el personal con mayor antigüedad poseía capacidades técnicas con mayor desarrollo, al tratar los temas de la capacitación no presentaron mayor interés por que ya conocían la mayoría de los temas que se les estaba compartiendo, la diferencia con el personal de reciente ingreso, que mostraron mayor interés al contenido académico y contenido informativo.

Los de mayor antigüedad no aceptaban las propuestas descritas para el mantenimiento de las guías, indicaron que por experiencia ellos trabajaban según las necesidades que se presentaban al estar produciendo los productos finales, así fue como se logró demostrar que el personal no presta atención a las capacitaciones previas a las que ya fueron asignados, la mayor discriminación por el grupo fue por el tiempo de experiencia en la empresa que según su comportamiento sus actividades empíricas proponen resultados óptimos que involucrar los aspectos bibliográficos señalados en la capacitación.

Tabla XX. **Resultados de evaluación de la teoría en el desarrollo de la capacitación**

<b>Teoría</b>					
Grupo I	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H1	65	68	64	70	78
H2	68	70	63	71	77
H3	70	73	61	78	75
H4	69	69	62	76	69
H5	66	66	60	80	68
Grupo II	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H6	78	64	68	85	70
H7	77	63	70	87	71
H8	75	61	73	90	78
H9	69	62	69	75	76
H10	68	60	66	90	80
Grupo III	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H11	70	78	95	68	64
H12	71	77	96	70	63
H13	78	75	98	73	61
H14	76	69	91	69	62
H15	80	68	93	66	60
Grupo IV	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H16	64	68	78	70	85
H17	63	70	77	71	87
H18	61	73	75	78	90
H19	62	69	69	76	75
H20	60	66	68	80	90

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

**Tabla XXI. Resultados de evaluación de las practicas realizadas en el proceso de capacitación**

<b>Practica</b>					
Grupo I	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H1	85	90	85	90	95
H2	87	96	87	95	96
H3	90	98	90	89	98
H4	75	95	75	87	91
H5	90	96	90	90	93
Grupo II	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H6	95	90	85	85	90
H7	96	96	87	87	95
H8	98	98	90	90	89
H9	91	95	75	75	87
H10	93	96	90	90	90
Grupo III	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H11	90	85	95	85	90
H12	95	87	96	87	96
H13	89	90	98	90	98
H14	87	75	91	75	95
H15	90	90	93	90	96
Grupo IV	Conceptos básicos	Laminación	Deformaciones	Mantenimiento	Guías
H16	90	90	85	95	85
H17	96	95	87	96	87
H18	98	89	90	98	90
H19	95	87	75	91	75
H20	96	90	90	93	90

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Los colaboradores que participaron en las capacitaciones demostraron tener mayores capacidades prácticas que teóricas, las evaluaciones se realizaron según las exigencias internas de control de calidad.

#### **4.3.1. Evaluación de aprendizaje**

Según los resultados de la tabla XX el personal deberá continuar siendo capacitado teóricamente, en la práctica demostraron desarrollarse positivamente con las nuevas actividades que deberán desarrollar, la criticidad radica en no incorporar el reforzamiento necesario, otro aspecto que se pudo percibir dentro de los cuatro grupos capacitados, fue que a mayor edad del operario, menores respuestas se obtuvieron, la mayoría de las mejores notas son por personas menores a 35 años, las personas de 35 hasta 60 años fueron decreciendo en su evaluación de aprendizaje.

## CONCLUSIONES

1. Se deben implementar los programas de capacitación. El personal que participo demostró deficiencias en aspectos técnicos a la hora de evaluar sus conocimientos sobre los programas de mantenimiento, clasificación de fallas y calibración de equipos; ellos indicaron que trabajan de forma empírica con el conocimiento adquirido en su trayectoria de labores en la empresa.
2. Los mantenimientos correctivos que se realizan a diario en el departamento de laminado provocan considerables retrasos. El último periodo evaluado según la tabla IV de control de fallas, se contabilizaron quinientos treinta y un minutos por seis fallas recurrentes en cada mes. Con el personal capacitado la probabilidad de falla debe reducirse.
3. El programa de mantenimiento que Corporación AG implementa es de tipo correctivo en todos sus departamentos. Los mecánicos demostraron que la falta de capacitación y del programa eficiente preventivo hacia el control y cuidado de las guías podría alargar su tiempo de vida útil.
4. Los equipos evaluados presentan fallas visibles, desgastes y fisuras. Las guías que forman parte del tren de laminado se encuentran en malas condiciones.



5. Con los datos de la tabla XX se logró demostrar que la capacitación teórica y capacitación practica es necesaria para los participantes. Los peores resultados obtenidos fueron con la evaluación teórica de aspectos considerablemente relevantes para sus atribuciones y funciones.

## RECOMENDACIONES

1. Incorporar a la rutina mensual, de los colaboradores, mecánicos y técnicos que interactúan en las tareas diarias de laminación, la capacitación propuesta en la tabla XVII con los puntos de capacitación necesarios que deberán ser reforzados.
2. Integrar los programas de mantenimiento para el tren de laminado, sus actividades y etapas que están descritas en la tabla V, tabla VI y tabla VII. Se consideró fortalecer las acciones hacia las guías en el tren de desbaste y en el tren acabador.
3. Estructurar por fases el nuevo programa de mantenimiento, de esa forma se pueden evaluar los alcances en mejoras inmediatas. para reducir la tasa de paros inesperados al incorporar las acciones descritas en el cronograma de capacitación. La capacitación y el nuevo programa de mantenimiento deberán trabajar paralelamente con sentido bidireccional entre los departamentos de laminado, taller de mantenimiento y el personal responsable del buen funcionamiento de los equipos.
4. Reemplazar las guías de entrada y las guías de salida del tren de laminado. Las que se encuentran presentes provocan paros considerables en el proceso y evitan que sean calibradas de correctamente.
5. Mejorar los conocimientos teóricos de los trabajadores. El reforzamiento planteado en el programa de capacitación está orientado a que sus

colaboradores comprendan cual es la necesidad de conocer la causa raíz de los problemas que provocan los paros no programados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABBONDLO, Vitari. *Maquinaria para enderezado de alambre: manual de instrucciones*. Italia: s.e., 1999. 523 p.
2. ACUÑA, José. *Control de calidad: un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: s.e., 2002. 250 p.
3. ASKELANDA, Donal. *Ciencia e ingeniería de materiales*. Estados Unidos: Cengage Learning, 2004. 1003 p.
4. BERCIANO, José. *Monografías sobre tecnología del acero parte IV*. Madrid, España: s.e., 2010. 116 p.
5. Corporación AG. *Quienes somos*. [en línea]. <<https://www.corporacionag.com/es/linea-de-historia>>. [Consulta: de 12 enero de 2019].
6. HOFF, Hubert. *Laminación*. España: dossat, 1957. 250 p.
7. MENDOZA BRIONES, Amado. *Importancia de la gestión administrativa para la innovación de las medianas empresas comerciales en la Ciudad de Manta*. [en línea]. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325898>>. [Consulta: de 12 enero de 2019].
8. ROSALER, Roberto. *Manual de mantenimiento industrial*. México: McGraw-Hill, 1993. 1 600 p.

