

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA**



**“Análisis de falla para optimizar horno recalentador y laminador
1 mediante una auditoria energética en la planta Siderperu SAA.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

AUTORES:

Bach. Melgarejo Torres, Paulo Cesar

Bach. Cisneros Flores, Giancarlo

ASESOR:

Mg. Pérez Pinedo, Oscar Fernando

Código ORCID:0000-0002-5780-6115

Nuevo Chimbote – Perú

2023-09-18

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA

**ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y
LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA
PLANTA SIDERPERU SAA.**

AUTORES : Bach. Melgarejo Torres Paulo Cesar

Bach. Cisneros Flores Giancarlo

Mg. OSCAR FERNANDO PEREZ PINEDO
32739412
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: “ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDERPERU SAA”; sustentada el día 15 de Setiembre del 2023.

Tiene la aprobación del jurado evaluador, quienes firmaron en señal de la conformidad.

Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
PRESIDENTE
DNI: 32806031
Código ORCID: 0000-0003-4897-7585

Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo
SECRETARIO
DNI: 32739412
Código ORCID: 0000-0002-5780-6115

Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano
INTEGRANTE
DNI: 42009679
Código ORCID: 0000-0002-6119-2072

Nuevo Chimbote – Perú
2023



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección E.P. de Ingeniería en Energía

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los 15 días del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, siendo las 11:00 de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la EPIE, el Jurado Evaluador designado mediante T/Resolución N° 474-2023-UNS-CFI de fecha 23.08.23, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores Presidente
- Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo Secretario
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano Integrante

Y según la T/Resolución Decanal N°656-2023-UNS-FI de fecha 11.09.23, se declara expedito a los bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDER PERÚ SAA**", perteneciente a los bachilleres: **MELGAREJO TORRES PAULO CESAR** con código de matrícula N° 0201011017 y **CISNEROS FLORES GIANCARLOS** con código de matrícula N°0201211012, teniendo como asesor al docente **Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo**, según Resolución Decanal N° 425-2022-UNS-FI de fecha 01.08.2022.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
MELGAREJO TORRES PAULO CESAR	Diecisiete (17)	Bueno

Siendo las 12:00 del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
PRESIDENTE


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE


Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo
SECRETARIO

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los 15 días del mes de setiembre del año dos mil veintitrés, siendo las 11:00 de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la EPIE, el Jurado Evaluador designado mediante T/Resolución N° 474-2023-UNS-CFI de fecha 23.08.23, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores Presidente
- Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo Secretario
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano Integrante

Y según la T/Resolución Decanal N°656-2023-UNS-FI de fecha 11.09.23, se declara expedito a los bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **“ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORÍA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDER PERÚ SAA”**, perteneciente a los bachilleres: **MELGAREJO TORRES PAULO CESAR** con código de matrícula N° 0201011017 y **CISNEROS FLORES GIANCARLOS** con código de matrícula N°0201211012, teniendo como asesor al docente **Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo**, según Resolución Decanal N° 425-2022-UNS-FI de fecha 01.08.2022.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
CISNEROS FLORES GIANCARLOS	DIECISIETE (17)	Bueno

Siendo las 12:00 del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
PRESIDENTE


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE


Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo
SECRETARIO

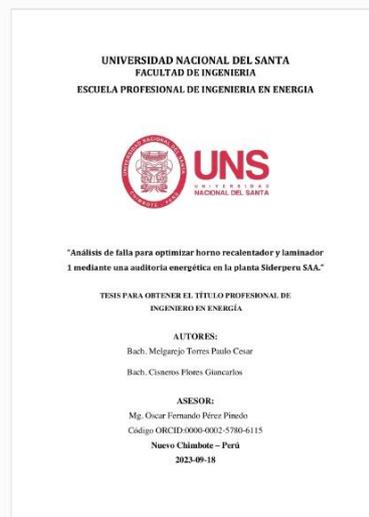


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

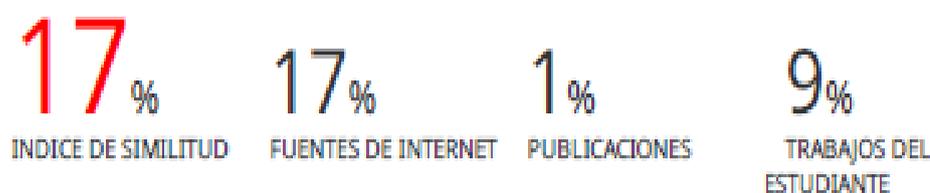
La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Paulo Cesar Melgarejo Torres
Título del ejercicio: ASESORADOS TESIS
Título de la entrega: "Análisis de falla para optimizar horno recalentador y lamin...
Nombre del archivo: TESIS_-_MELGAREJO_TORRES_-_CISNEROS_FLORES.docx
Tamaño del archivo: 14M
Total páginas: 117
Total de palabras: 15,298
Total de caracteres: 88,260
Fecha de entrega: 20-sept.-2023 11:35a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2171719022



"Análisis de falla para optimizar horno recalentador y laminador 1 mediante una auditoria energética en la planta Siderperu SAA."

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.miteco.gob.es Fuente de Internet	1%
6	ovacen.com Fuente de Internet	1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

Dedico mi investigación de tesis a mi familia, a mis padres Cesar Melgarejo y Alicia Torres, por estar a mi lado apoyándome en todo momento en mi carrera profesional, a mis hermanas Lady, Linda y Roció quienes fueron mi motivación para seguir adelante como profesional.

Le dedico esta tesis a mi gran amor y mi motivo de superación mi hija Amy Aylin quien es mi razón de logran grandes metas y a mi pareja Angela quien me apoyo en estos años de mi carrera profesional.

P.C.M.T.

DEDICATORIA

Dedico mi investigación de tesis a mi hija Ximena, mi esposa Milusca, a mis padres Nasario y Virginia que en todo momento me apoyaron en mi vida profesional, ellos fueron mi mayor motivación para salir adelante y culminar mi carrera profesional.

G.C.F.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por brindarme salud y cuidar mi camino, ser mi guía en mi carrera profesional y a mis seres queridos por confiar en mi

Agradezco a mis docentes por los conocimientos brindados y por los consejos en mi carrera profesional, en especial agradezco a mi asesor el Mg. Oscar Pérez Pinedo y al Mg Roberto Guevara Chinchayan, por su compromiso, confianza y conocimiento que permitieron desarrollar mi investigación,

Atentamente,

P.C.M.T

INDICE GENERAL

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4. HIPÓTESIS.....	8
1.5. OBJETIVOS.....	9
1.5.1. Objetivo general.....	9
1.5.2. Objetivos específicos.....	9
II. MARCO TEORICO.....	10
2.1. Horno eléctrico de acería.....	10
2.2. Horno de recalentamiento.....	11
2.2.1. Estructura del horno de recalentamiento.....	12
2.3. Análisis de fallas.....	13
2.3.1. Técnicas.....	14
2.3.2. Clasificación de fallas.....	15
a. Fallas por malos cálculos de diseño de equipo.....	15

b. Fallas por mal uso de los equipos.....	16
c. Fallas por envejecimiento del equipo.....	16
2.4. Mantenimiento preventivo.....	17
2.5. Mantenimiento predictivo.....	18
2.6. Indicadores de mantenimiento KPIs.....	18
a. MTBF (Tiempo medio entre fallos).....	18
b. MTTR (Tiempo medio para reparación)	19
c. Disponibilidad.....	19
d. Confiabilidad.....	19
e. Distribución de Weibull.....	20
2.6.1. Herramientas de confiabilidad.....	21
2.7. Auditoras energéticas.....	22
2.7.1. Tipos de auditoria energéticas.....	22
a. De nivel 1: auditoria preliminar.....	22
b. De nivel 2: auditoria detallada.....	23
c. De nivel 3: auditoria especial.....	23
2.7.2. Equipos necesarios para realizar una auditoria energética.....	23
2.7.3. Indicadores de desempeño energético (IDE).....	23
a. Indicador energético para una planta de producción.....	24
b. Indicador energético para una planta de servicio.....	24
III. MATERIAL Y METODOS.....	25
3.1. Materiales.....	25

3.1.1. Diagrama de bloque del horno de recalentamiento TOCHO y laminador 1.....	25
3.1.2. Clasificación de las fallas de los equipos.....	26
a. Fallas por malos cálculos de diseño de equipo.....	26
b. Fallas por mal uso de los equipos.....	27
c. Fallas por envejecimiento del equipo.....	29
3.1.3. Indicadores de desempeño energético (IDE).....	30
3.2. Métodos.....	33
3.2.1. Tipo de investigación.....	33
3.2.2. Diseño de la investigación.....	33
3.3. Metodología de cálculo.....	33
3.3.1. Indicadores de mantenimiento KPIs.....	33
3.3.2. Indicadores de mantenimiento KPIs condiciones actuales de la empresa.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
4.1. Situación actual del horno de recalentamiento TOCHO y laminador 1.....	35
4.1.1. Indicadores de mantenimiento KPIs.....	35
4.1.2. Fallas por malos cálculos de diseño de equipo: Falla en el palpador.....	35
a. MTBF (Tiempo medio entre fallos).....	35
b. MTTR (Tiempo medio para reparación).....	35
c. Disponibilidad.....	35
d. Confiabilidad.....	36
e. Distribución de Weibull.....	36
f. Graficas de los indicadores de mantenimiento KPIs.....	37

g. Distribución de Weibull: Datos de fallas y tiempo de reparación.....	39
h. Grafica de distribución de Weibull.....	40
4.1.3. Falla por mal uso de los equipos: Desalineamiento de largueros.....	40
a. Cálculo de indicadores de mantenimiento KPIs.....	40
b. Graficas de los indicadores de mantenimiento KPIs.....	41
c. Distribución de Weibull.....	42
d. Grafica de distribución de Weibull.....	43
4.1.4. Falla por mal uso de los equipos: Material con flecha fuera de estándar.....	44
a. Cálculo de indicadores de mantenimiento KPIs.....	44
b. Graficas de los indicadores de mantenimiento KPIs.....	44
c. Distribución de Weibull.....	45
d. Grafica de distribución de Weibull.....	47
4.1.5. Falla por envejecimiento del equipo: Falla del canal desgatado.....	47
a. Cálculo de indicadores de mantenimiento KPIs.....	47
b. Graficas de los indicadores de mantenimiento KPIs.....	48
c. Distribución de Weibull.....	49
d. Grafica de distribución de Weibull.....	50
4.1.6. Falla por envejecimiento del equipo: Falla desgaste de solera.....	50
a. Cálculo de indicadores de mantenimiento KPIs.....	50
b. Graficas de los indicadores de mantenimiento KPIs.....	51
c. Distribución de Weibull.....	52
d. Grafica de distribución de Weibull.....	53

4.2 Situación actual consumo energético del horno de recalentamiento TOCHO.....	54
4.2.1. Indicadores de desempeño energético (IDE), consumo de combustible.....	54
4.2.2. Indicadores de desempeño energético del consumo eléctrico.....	55
4.3. Discusión de resultados.....	56
V. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	61
VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA Y VIRTUALES.....	63
VII. ANEXOS.....	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. SiderPeru -Chimbote.....	10
Figura 2. Proceso de la producción de acero, SiderPeru Chimbote	11
Figura 3. Horno de recalentamiento TOCHO, SiderPeru Chimbote	12
Figura 4. Horno de recalentamiento TOCHO, SiderPeru Chimbote	12
Figura 5. Clasificarán las fallas en la planta siderúrgica SiderPeru Chimbote.....	17
Figura 6. Plan de Mantenimiento Preventivo.....	18
Figura 7. MTBF (tiempo medio entre fallos)Grafica de la bañera.....	19
Figura 8. MTTR (tiempo medio para reparación	19
Figura 9. Grafica de la bañera	21
Figura 10. Indicadores de desempeño energético.....,	24
Figura 11. Inventario de los equipos.....	25
Figura 12. Diagrama de cargas del horno TOCHOS.....	31
Figura 13. variable independiente X y la variable dependiente Y.....	33
Figura 14. Fallas en el equipo: Fallo en el palpador	37
Figura 15. Disponibilidad en el equipo: Fallo en el palpador.....	38
Figura 16. Confiabilidad en el equipo: Fallo en el palpador	38
Figura 17. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada.....	40
Figura 18. Fallas en el equipo: Desalineamiento de largueros	41
Figura 19. Disponibilidad en el equipo: Desalineamiento de largueros	41
Figura 20. Confiabilidad en el equipo: Desalineamiento de largueros	41
Figura 21. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada.....	43
Figura 22. Fallas en el equipo: Material flecha fuera de estándar	44
Figura 23. Disponibilidad en el equipo: Material flecha fuera de estándar	45

Figura 24. Confiabilidad en el equipo: Material flecha fuera de estándar.....	45
Figura 25. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada.....	47
Figura 26. Falla en el equipo: Canal desgatado	48
Figura 27. Disponibilidad en el equipo: Canal desgatado	48
Figura 28. Confiabilidad en el equipo: Canal desgatado	48
Figura 29. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada.....	50
Figura 30. Falla en el equipo: Desgaste de solera	51
Figura 31. Disponibilidad en el equipo: Desgaste de solera	51
Figura 32. Confiabilidad en el equipo: Desgaste de solera	51
Figura 33. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada.....	53
Figura 34. Matriz de Riesgo de los equipos.....	56
Figura 35. Nivel de Riesgo.....	56
Figura 36. Indicador de desempeño (IDE (Combustible GN)).....	58
Figura 37. Indicador de desempeño (IDE (Energía eléctrica)).....	59
Figura 38. Línea base energética	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de fallo en palpador.....	26
Tabla 2: Datos de fallo desalineamiento de largueros.....	27
Tabla 3: Datos de fallo material con flecha fuera de estándar.....	28
Tabla 4: Datos de fallo canal desgastado.....	29
Tabla 5: Datos de fallo desgaste de solera.....	30
Tabla 6: Datos del consumo de combustible del horno recalentamiento TOCHO.....	31
Tabla 7: Máxima demanda del horno recalentamiento TOCHO – Planta largos.....	32
Tabla 8: Consumo energía eléctrica – Canal, flecha, solera, largueros y palpador.....	32
Tabla 9: Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - falla en el palpador.....	37
Tabla 10: Datos de fallo del palpador.....	39
Tabla 11: Calculo de la distribución Weibull.....	39
Tabla 12: Cálculo de indicadores de mantenimiento - desalineamiento de largueros....	40
Tabla 13: Datos de desalineamiento de largueros.....	42
Tabla 14: Calculo de la distribución de Weibull.....	43
Tabla 15: Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - material fuera de estándar...	44
Tabla 16: Datos de material fuera de estándar.....	45
Tabla 17: Calculo de la distribución Weibull.....	46
Tabla 18: Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - falla canal desgastado.....	47
Tabla 19: Datos de fallo del canal desgastado.....	49
Tabla 20: Calculo de la distribución Weibull.....	49
Tabla 21: Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - falla desgaste de solera.....	50
Tabla 22: Datos de fallo de desgaste de solera.....	52

Tabla 23: Calculo de la distribución Weibull.....	52
Tablas 24: Cálculo de la Indicadores de desempeño del consumo combustible GN.....	54
Tabla 25: Cálculo de la Indicadores de desempeño del consumo eléctrico.....	55
Tabla 26: Análisis de los indicadores de mantenimiento – KPIs.....	57
Tabla 27: Análisis de los indicadores de desempeño técnico – IDE.....	58
Tabla 28: Análisis de línea base energética.....	59
Tabla 29: Plan de mantenimiento preventivo.....	62

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar las fallas que se presentan en el proceso de laminación en caliente en el laminador 1 ubicado en laminación largos, para ello se evaluó el horno de recalentamiento de tochos y todo el laminador 1, mediante una auditoria energética.

Se hizo un análisis de las fallas del año pasado y los primeros meses del presente año, para tener estudio, para así poder llevar a cabo dicha auditoria empezamos haciendo el inventario de máquinas y equipos de la línea de laminación 1, información sobre producción de planta, sistemas de consumo de energía, recolección de datos como numero de fallos, tiempos muertos, información técnica para analizar las variables en estudio mediante indicadores de desempeño energéticos (IDEs) e indicadores de desempeño (KPIs)

Posteriormente, se realizó una mejora en el plan de mantenimiento preventivo en el horno de recalentamiento de tochos y el laminador 1, de esta manera se garantizará la continuidad del proceso productivo optimizando la operatividad de los equipos, se mejorará su vida útil y posibles riesgos de falla evitando un mayor consumo en recursos económicos y humanos en la empresa.

Palabras claves: Horno de recalentamiento, laminación, análisis de fallas, optimización proceso.

ABSTRACT

The objective of this research work is to analyze the failures that occur in the hot rolling process in rolling mill 1 located in long rolling, for which the billet reheating furnace and the entire rolling mill 1 were evaluated through an energy audit.

An analysis of the failures of last year and the first months of this year was made, to have a study, in order to carry out said audit we began by making the inventory of machines and equipment of the lamination line 1, information on plant production, energy consumption systems, data collection such as number of failures, downtime, technical information to analyze the variables under study through energy performance indicators (IDEs) and performance indicators (KPIs).

Subsequently, an improvement was made in the preventive maintenance plan in the billet reheating furnace and laminator 1, in this way the continuity of the production process will be guaranteed, optimizing the operation of the equipment, its useful life and possible risks of it fails avoiding a greater consumption of economic and human resources in the company.

Keywords: Reheating oven, lamination, failure analysis, process optimization.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

Actualmente las empresas siderúrgicas muestran fallos en sus equipos de producción, una de las más comunes se da en los hornos, con la no uniformidad de temperatura, como también en la regulación aire/combustión durante el proceso de combustión. Otros fallos también se tienen en la línea de producción de acero: motores, horno, quemador, equipos que pertenecen a la línea de producción de acero. Estos fallos, ocasiona que algunas horas de operación de la producción de laminación sea vea interrumpida, paralizando las actividades de máquinas, reduciendo la duración de los equipos y genera un incremento en los gastos de la planta.

En la planta siderúrgica SiderPeru SAA. - Chimbote, se reporta en los últimos años y en estos últimos meses fallos en el horno Tocho, línea de producción de laminación, algunas de estas son fallo en palpador, bobina en mal estado, fallo sensor inductivo, desgaste de solera, falsa señal/ tiempo de vida, falta de refrigeración, bajo aislamiento en bobinado, falla en cilindro hidráulico, rotura del sensor, desprendimientos de refractarios de bóveda, puerta deteriorada, desalineamiento de largueros, falta de limpieza, temperatura baja para laminación, rotura de termocupla entre otros fallos.

Esto produce parada por horas, en el mayor de los casos días dejando de producir en planta de laminación largos, que debería operar de manera continua todo el año, para ello será necesario contar con un plan de mantenimiento que permita trabajar en óptimas condiciones las máquinas y equipos, así mismo evitar daños prematuros en estos, manteniendo siempre monitorizados todos los parámetros y solucionar cualquier desperfecto que pueda presentar de manera imprevista durante operación.

Mediante una auditoria energética que comprende desde el ingreso de las barras al horno recalentador hasta el producto terminado, analizando los fallos que se presentan en equipos, asimismo analizar los flujos de energía para obtener indicadores de desempeño y mejorar el plan de mantenimiento con la finalidad de optimizar el proceso de laminación.

1.2 Antecedentes

Benites, M & Peralta, D. (2019). Análisis de Modo y Efecto de fallas: línea mercantil 2 para incrementar la productividad. Empresa SIDERPERU S.A.A. Chimbote, 2019.

La tesis planteada concluyo que la gestión del mantenimiento en la planta de laminación largos se aplica de manera correcta al haber obtenido un índice de conformidad de 58.41% en la auditoría realizada, sin embargo, se lograron identificar puntos donde se debían mejorar. Permitiendo concluir que el laminador II presenta menor índice de productividad respecto a los valores del laminador I: 22.74% menos en la producción, 2.05% menos en rendimiento metálico, 0.79% menos en disponibilidad y un costo de materia prima 0.55% mayor.

Castillo, E. (2017). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en la empresa Fabrication Techonology Company S.A.C. Para la mejora de la productividad.

La presente investigación permite conocer el estado actual del área de producción y el área de mantenimiento, mostrando las causas principales del problema en la disminución de la producción, esto se debe al tiempo empleado en el mantenimiento por falla de las maquinas, la propuesta en el costo de mantenimiento lograra reducir en un 62% en el ahorro mensual.

El plan de mantenimiento preventivo resulto ser favorable, logrando reducir los tiempos de falla y aumentando la disponibilidad de la maquinaria. Con esto lograra un incremento en un 15% la producción mensual en el periodo analizado, asimismo en un 21% la producción al mes, una disponibilidad antes de un 78% y con la propuesta en un incremento a 96% produciendo al mes.

Gonzales, W. (2018). Análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la empresa concretos supermix s.a. mediante un programa de mantenimiento productivo.

Su objetivo general es realizar el análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A. mediante un programa de mantenimiento productivo.

Se obtuvo mejoras en el plan de mantenimiento, reduciendo el costo global de mantenimiento, asimismo evitando fallas inesperadas que pueden incurrir en costos por pérdida de producción. Además, la propuesta del plan de mantenimiento basado en el AMEF y causas y soluciones para la faja transportadora BETONMAC de tipo STACKER 36"x35.5 m, permitirá evitar fallas inesperadas del equipo y mejoras en el mantenimiento.

Holguín, J. (2018). Propuesta de un modelo de gestión de inventarios de materiales para la empresa siderúrgica del Perú S.A.A. – SIDERPERU.

De acuerdo a los tesis la investigación propone un modelo de inventario de materiales para la empresa siderúrgica del Perú S.A.A. – SiderPeru. Se clasifico los materiales, dando a conocer que existen 902 materiales con un consumo irregular y 231 materiales con consumo regular. 101 materiales (9%) representan el 75% (S/. 6,205,802.42) del valor de consumo anual, 203 materiales (18%) representan el 20% (S/. 1, 664,460.21) del valor de consumo anual, 829 materiales (73%) representan el 5% (S/. 425,099.63) del valor de consumo anual. Además 452 materiales son de uso no importante, 220 materiales de importancia media y 441 materiales de importancia vital. Del valor total inventariado muestra como resultado los indicadores claves de desempeño utilizado para evaluar el modelo de inventario, logrando determinar la importancia de su utilización. Con lo propuesto se logró mejorar el servicio a todo usuario de materiales de mantenimiento, reparación y operación.

Huaynalaya, G. (2021). Propuesta de mejora para la reducción de las paradas de producción en la zona de acabados de la planta Acero Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing.

El estudio logra identificar el problema que viene pasando la planta de Acero Arequipa en los últimos años, que dichos productos son de mala calidad, esto se debe a las excesivas paradas de producción en la zona de acabados, con las propuestas de mejora planteadas en el proyecto, busca reducir en 40% el tiempo de paradas de producción por fallas en el proceso; lo cual va generar una mayor capacidad de producción y beneficios económicos a la corporación.

Los tesis concluyen que el desarrollo del proyecto lograra reducción en 2 minutos las paradas de producción en un ciclo del proceso continuo que dura

cerca de 15 minutos; y por ese motivo aumentaría el tiempo de producción de acero en la zona de acabados. Esta reducirá en el ciclo de producción continuo logrará un aumento en tiempo de producción en 80 minutos para cada turno (10 horas); esto logrará una mayor productividad (3 paquetes de acero adicionales) en dicha área.

Janampa, R. (2019). Mejora de la confiabilidad de la excavadora 320D, empleando el análisis de fallas funcionales en la compañía minera Raura.

La presente tesis tiene por objetivo mejorar la confiabilidad, empleando la técnica del análisis de fallas funcionales en la Compañía Minera Raura. De acuerdo a la investigación se logró mejorar la confiabilidad y la disponibilidad en un inicio 0,014 de confiabilidad a un valor de 0,0094 después de realizado el mantenimiento, seguido del incremento en la disponibilidad que alcanzaba el 83 % logrando llegar a una disponibilidad del 86 %, dando como resultado lo propuesto.

León, M. & Murcia, M. (2017). Diseño del programa de mantenimiento preventivo para las cajas laminadoras del tren 3 de laminación en la empresa Gerdau Diaco – Planta Tuta.

Su objetivo general es diseñar el Programa de mantenimiento preventivo para las Cajas laminadoras, incluyendo la caja de desbaste del Tren 3 de laminación en la empresa Gerdau Diaco - Planta Tuta, mediante la creación de una metodología adecuada con el fin de disminuir las fallas presentadas en las cajas por falta de planeación de actividades de mantenimiento.

De acuerdo con los tesisistas la ausencia de documentación de mantenimiento a lo largo del tiempo ha impedido realizar en cada uno de los equipos, un seguimiento en las reparaciones y los cambios en cada máquina, lo que provoca un tiempo de inactividad no planificado que puede causar retrasos significativos en el proceso de producción. El diagnóstico preliminar en esta propuesta es necesario porque revela las falencias, necesidades y falta de organización del tren de laminación, ya que se basa en el mantenimiento correctivo, para lo cual se han propuesto varios métodos.

Morales, F & Gonzales, G. (2018). Aplicación de estrategia de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del manipulador de materiales, empresa SiderPeru S.A.A. Chimbote.

El objetivo de la tesis es reducir el número de paradas, es decir minimizar la inoperatividad de las maquinas empleadas y por lo que consiguiente un aumento en la disponibilidad de la empresa SiderPeru S.A.A. Chimbote.

Concluyen con planteamiento de un auditoria de mantenimiento, el cual aplicando lograron una disponibilidad de los materiales 90,60%. En las muestras (manipuladores de materiales), se obtuvo un porcentaje de optimización global que bordea los 93% en cumplimiento de mantenimiento requerido y planeado de materiales de la empresa SiderPeru S.A.A. Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo logro mejorar en un 7,02%, logrando una disponibilidad de 97,62%.

Muñoz, M. (2020). Propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejor la disponibilidad de equipo de una empresa constructora.

El objetivo de la tesis es la mejora de la disponibilidad de los equipos de la constructora, esto se pudo corroborar por que se mejoró la disponibilidad de los equipos de 81,40 a 92%. Se identificaron fallas en el proceso de mantenimiento preventivo lo provocaba perdidas en la empresa.

Concluyen que con la aplicación logran mejorar el tiempo promedio por falla de 5 a 3,4; mejorar el tiempo promedio para reparar de un 68,30% a 70%. Con evaluación económica y financiera la empresa gasto de S/. 117,253.00 frente a la nueva propuesta de S/. 64,003.00.

Muso, C. & Otavalo, A. (2018). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el tren de laminación de productos pequeños (LPP) de la empresa NOVACERO SA Planta Lasso.

La tesis plantea una elaboración de un plan de mantenimiento preventivo, para reducir las paras por fallos, averías y mal funcionamiento en el proceso productivo del tren Lpp en la Empresa NOVACERO S.A. planta Lasso.

La tesis concluye que la implementación del plan de mantenimiento aportó a la reducción de paras mecánicas considerablemente mediante la evaluación del

promedio de enero - abril del año 2018 en comparación al promedio de septiembre - diciembre del año 2017.

Quintana, S. (2016). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo de equipo pesado mediante el análisis de fallas, para incrementar la disponibilidad en el proyecto shahuindo de stracon gym

Tesis que planteó es diseñar un programa de mantenimiento preventivo de equipo pesado, para incrementar la disponibilidad en el proyecto Shahuindo de Stracon GYM.

Se concluye que implementado un adecuado programa de mantenimiento se pudo incrementar la disponibilidad mecánica en 7% y alcanzando un 92% de promedio final en la perforadora; en 8.5% y alcanzando 97% de promedio en las excavadoras; en 8% y alcanzando un 93% promedio en la flota de Acarreo; en 7% y alcanzando un 97% promedio en los tractores y por último en 8% y alcanzando un 96% de disponibilidad promedio en la flota de mantenimiento de vías, estas disponibilidades tuvieron incidencia en la productividad.

Quispe, A. & Sánchez, P. (2019). Aplicación de la programación lineal para maximizar la eficiencia en hornos de recalentamiento, empresa siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. Investigación que tuvo como objetivo general realizar un diagnóstico situacional para maximizar la eficiencia en los hornos de recalentamiento de la empresa siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote 2018.

Por esta razón, aplicando la programación lineal maximizamos la eficiencia económica de los hornos de recalentamiento en 0,18. en el pretest se obtuvo 1,27 (por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de 0,27 centavos de dólar) y el post test 1,45 (por cada dólar invertido obtenemos una ganancia de 0,45 centavos de dólar). Así mismo aplicando la programación lineal obtuvo ratios optimizados de la relación oxígeno - aire, logrando de esta forma reducir el consumo energético en 17 Kwt/tn, asimismo en el pretest se logró obtener 357 Kwt/tn y en el post test 374 Kwt/tn, logrando de esta forma maximizar la eficiencia energética de los hornos de recalentamiento, resultados que son

validados por la prueba estadística de diferencia de hipótesis, al 95% de confianza utilizando el software xlstat.

Radas, A. & Urcia, E. (2022). Efecto de un sistema de precalentamiento de carga en los indicadores energéticos del horno de palanquillas de la empresa SIDERPERU. Tiene como objetivo general determinar la influencia del sistema de precalentamiento de carga en los indicadores de desempeño energético del horno de palanquillas de SIDERPERU.

De acuerdo con la tesis los indicadores de desempeño energético (IDEs) para el horno sin precalentamiento de carga son: (IDEs) T es de 34,54 m³ de gas natural consumido/Tonelada de acero calentado, (IDEs) A igual a 62,90 kg de CO₂ emitido/Tonelada de acero calentado y (IDEs) E igual a 10,17 U\$ facturados por consumo de gas natural/tonelada de acero calentado.

Ulloa, L. & Mariano F. (2018). Mejora de métodos para incrementar la productividad en el área de laminación planos y derivados, empresa SIDERPERU-GERDAU.

La presente tesis, identifiqué fallas en la línea de producción, así como la falta de mejora para realizar el set up con menos tiempo de parada para iniciar el inicio de la productividad. También era evidente la falta de mantenimiento de los equipos, máquinas.

Concluyen que se alcanzó incrementar la productividad mediante la aplicación de métodos en las líneas propuestas en un 29,3%., dicho diagnóstico fue aplicado en 3 líneas de producción que son muy importantes para dicho proceso. Tales resultados obtenidos al aplicar en el área de laminación planos y derivados se obtuvo ganancia en la producción de tubos de 731,07 toneladas, con crecimiento 18,3%, entre otras líneas de producción de estudio.

1.3 Justificación

En la planta siderúrgica SiderPeru – Chimbote, se muestra reportes encontrados a lo largo del mes de setiembre 2022 a febrero 2023, se encontraron fallos que ocurren en el horno recalentador y laminador 1, el cual nos genera interrumpir el proceso de la producción.

La presente investigación solo se encargará del análisis de fallas del horno recalentador y laminador 1 (esta línea abarca desde la entrada del horno tochos hasta la entrada de la caja danielli 1), el cual comprende los equipos, motores entre otros instrumentos. Asimismo, no se manipulará lo equipos de la empresa, solo se tomarán datos de operación, reportes de fallos, consumo energético entre otros datos del horno recalentador y laminador 1.

Esto permitirá realizar un estudio identificando los fallos en los equipos mecánicos – eléctrico.

El estudio de análisis de falla lograra obtener variables que permitirán realizar la auditoria energética.

La auditoría comprende los objetivos que consistirá en obtener los indicadores de mantenimiento KPIs, este será el inicio que permitirá llevar un análisis de fallas con los KPIs de disponibilidad, confiabilidad, probabilidad de falla (distribución Weibull) de los equipos del horno recalentador y laminador 1. Seguido de obtener los indicadores de desempeño energético, se analizará el consumo de combustible del horno recalentador y el consumo de energía eléctrica de los equipos.

La presente investigación nos formulamos la siguiente pregunta:

¿De qué manera un análisis de falla optimizará la operatividad continua en el horno recalentador y laminador 1 de la planta siderúrgica SIDERPERU SAA?

1.4 Hipótesis

Un análisis de falla en el horno recalentador y laminador 1 mediante una auditoria energética en la planta SiderPeru SAA, permitirá conocer el estado actual de estos equipos en la línea de producción de laminación de acero, y con ello completar un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de optimizar la operatividad de equipos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar un análisis de fallas mediante una auditoria energética para optimizar el proceso del horno recalentador y laminador 1 de la planta siderúrgica SiderPeru S.A.A.

1.5.2 Objetivo específicos

- Inventario de los equipos en la línea de producción de laminación dentro de planta laminación largos.
- Hallar los indicadores de desempeño energético (IDEs) para el proceso de laminación dentro de planta laminación largos.
- Obtener indicadores de desempeño de mantenimiento (KPIs) para proceso de laminación dentro de planta laminación largos.
- Mejorar el plan de mantenimiento preventivo para optimizar el proceso de laminación disminuyendo las paradas repentinas.

II. Marco Teórico

En la actualidad existen diferentes plantas siderúrgicas en el Perú, que se encargan de producir acero con el reciclado de chatarra, ayudando con sostenibilidad del medio ambiente. En el proceso de fabricación de acero utilizan como materia prima la chatarra fundiéndolas en un horno eléctrico para obtener de ello un semiproducto denominados palanquillas, después las palanquillas son trasladadas a la planta laminación largos donde ingresa al horno de recalentamiento para continuar con el proceso de laminado en caliente para así obtener el producto terminado: las varillas de acero.

Figura 1. SiderPeru - Chimbote



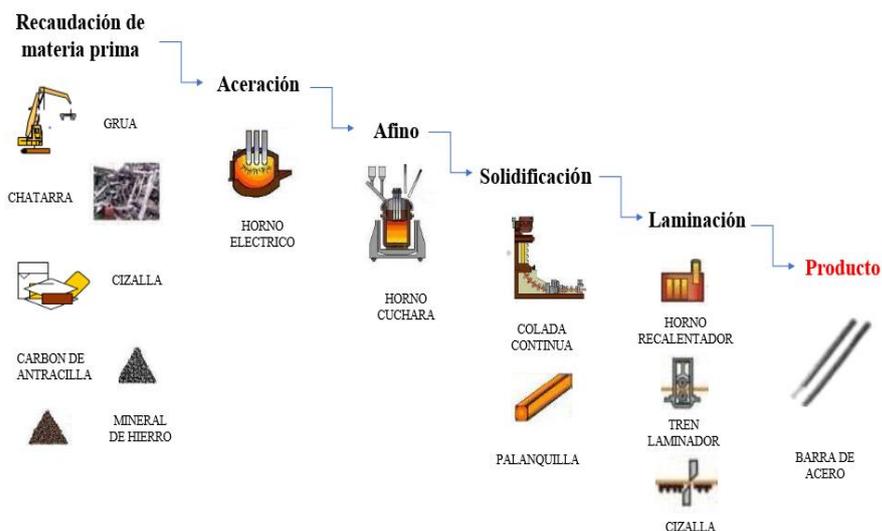
Fuente: SiderPeru – Chimbote

2.1. Horno eléctrico de acería

El horno de arco eléctrico emplea energía eléctrica para fundir la chatarra de acero. Entre la materia prima y los electrodos se genera un arco eléctrico cuyo calor desprendido funde la chatarra. El horno se compone de tres partes (solera, cuba y bóveda) y puede inclinarse hidráulicamente. Estas tres partes están revestidas en su interior de material refractario. Además, los muros exteriores de la solera, la cuba y la bóveda poseen una estructura de acero que normalmente está refrigerada por agua. Justo al lado del horno de arco eléctrico

se sitúa un transformador especial de potencia, por lo general refrigerado por aceite y alojado en una carcasa para su protección. El conjunto se completa con una unidad hidráulica para el movimiento de los electrodos y el mecanismo de elevación de la bóveda, un sistema de refrigeración de agua, uno de aire comprimido, otro de extracción de los gases resultantes y un carro de transporte de cucharas. (Hornos eléctricos de acerías, 2018).

Figura 2. Proceso de la producción de acero, SiderPeru Chimbote



2.2. Horno de recalentamiento

Antes del laminado en caliente, es necesario recalentar homogéneamente las palanquillas a una temperatura entre 1.100°C y 1.250°C. Esto se logra en un horno de recalentamiento especializado en trabajar tanto con material caliente como frío, como producto de entrada.

El horno está constituido por las siguientes áreas:

- Elementos estructurales portantes
- Revestimientos refractarios
- Vía de rodillos de carga y descarga
- Equipamiento térmico
- Equipamiento eléctrico
- Equipamiento neumático. (Hornos de recalentamiento, s.f.)

2.2.1. Estructura del horno de recalentamiento

La estructura portante del horno se encuentra construida con vigas que constituyen el bastidor de soporte de las chapas de blindaje y de los materiales refractarios.

- **La bóveda:** está formada por paneles de material refractario, fijados mediante unos dispositivos que los mantienen suspendidos de las vigas superiores. Para acceder a la bóveda se utiliza una escalera de peldaños.
- **Las paredes:** están hechas de paneles modulares con material refractario, convenientemente fijados en su posición mediante dispositivos de sujeción.
- **La solera:** está hecha de paneles modulares que sirven de anclaje al revestimiento refractario. (Gandul, 2019)

Figura 3. Horno de recalentamiento TOCHO, SiderPeru Chimbote



Figura 4. Horno de recalentamiento TOCHO, SiderPeru Chimbote



2.3. Análisis de Fallas

En la presente investigación del análisis de fallas de la planta siderúrgica SiderPeru - Chimbote, se lograron identificar fallas que se viene encontrados a lo largo del presente año, tales se vienen dando en el área donde se ubica el horno tocho y la línea de producción de laminación.

El análisis de falla se refiere a la identificación de las causas de fallas en los equipos o procesos para tomar medidas correctivas y para evitar fallas futuras en las empresas. En este estudio se busca optimizar el horno recalentador y laminador. (Predictiva, 2021)

En trabajos relacionados con este análisis técnico - económico de mejoras tecnológicas del horno, el siguiente análisis es plan de mantenimiento para equipos del horno recalentamiento, y la optimización de costos en una planta siderúrgica.

Estos son fallas frecuentes que se muestran en este periodo del año.

- Material con flecha fuera de estándar
- Desgaste De Solera
- Desalineamiento De Largueros
- Falla en palpador
- Falla canal desgastado
- Presencia De Jibá

El análisis de falla es el examen de una pieza dañada que incluye diversas técnicas y determinaciones con el fin de establecer la causa raíz de fallo y usar esta información para mejorar la confiabilidad del componente. Cuando se produce la rotura en una pieza antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estos fallos pueden causar pérdidas de vidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación.

2.3.1. Técnicas

Análisis fractográfico: determinar los mecanismos de rotura e interpretar el desarrollo de los mismos mediante: examen macroscópico, documentación fotográfica, microscopía electrónica.

Ensayos No Destructivos: Líquidos penetrantes, partículas magnetizables, radiografía, ultrasonido, etc.

- Estudio metalográfico.
- Determinaciones de composición química.
- Ensayos mecánicos.
- Utilización de normas y códigos (ASM, ASME, ASTM, DIN, etc.). (Codepixer, s.f.)

Causas comunes de fallo del horno recalentador TOCHO y línea laminador 1.

- Ajuste de luz del cilindro
- Brazo girado
- Bajo aislamiento
- Base desgastada
- Canal desgastado
- Canal liso y sin agarre
- Desgaste de solera
- Desalineamiento de largueros
- Desgaste de alojamiento para eje
- Desgaste de chaveta
- Desgaste en encaje de pines
- Desgaste en zona superior
- Desprendimiento de refractario de bóveda
- Eslabones con desgaste
- Estructura desnivelada, deteriorada
- Fallo por alineamiento, falla en cilindro hidráulico
- Fallo en palpador
- Fallo sensor inductivo kick off
- Falsa señal por mala conexión, tiempo de vida útil
- Falso contacto en conexiones

- Falta de limpieza, de alimentación de aire, de refrigeración
- Giro y deformación
- Guarda desgastada
- Guía mal montada, mal alineado
- Guiado desgastado, flojo, fuera de estándar, mal alineado.
- Mal direccionada, operación
- Material con flecha fuera de estándar, por encima de longitud estándar, presenta exceso de escoria en el extremo de corte
- Perno flojo, de fijación para tapas flojos
- Pista con demasiado desgaste
- Presencia de jibá
- Recalentamiento, recalentamiento de bomba
- Regulación fuera de estándar, inadecuada de ganancia
- Rodillos trabados
- Rotura de pasadores, de pernos de unión, de soldadura de estructura
- Rotura de termocupla, del sensor
- Sobre corriente
- Somier desalineado
- Tina llena
- Zapata rota

2.3.2. Clasificación de las Fallas

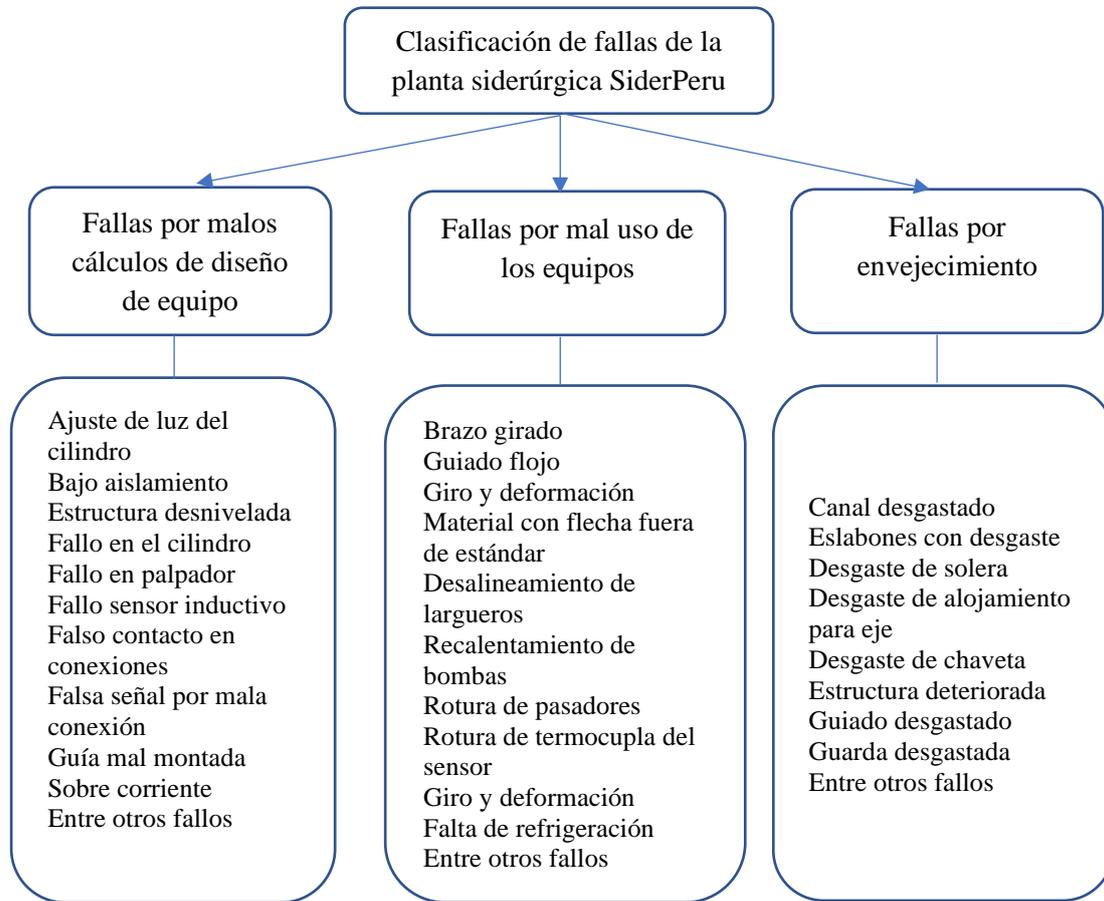
Las fallas se clasifican de acuerdo como afectan al producto y su entorno. En oportunidades encontramos averías que tienen combinación de las dos. Por su origen, se clasifican:

- a. **Fallas por malos cálculos de diseño de equipo:** En ocasiones los diseñadores no conocen en qué condiciones trabajaran las maquinas que diseñaron y resulta muy complicado darle solución a menos que se hagan modificaciones en el diseño inicial. Este es un tipo de fallo que presenta SiderPeru en sus equipos:

- **Fallo en el palpador:** El palpador es un equipo de medición, tiene como objetivo medir la posición lineal o desplazamiento lineal, son usados en las industrias
- b. Fallas por mal uso de los equipos:** Estas fallas representan alrededor de un 39% de las fallas en los equipos. Por lo general un desconocimiento en el equipo hace que estos sean operados fuera de los parámetros diseñados por el fabricante. Este es un tipo de fallo que presenta SiderPeru en sus equipos:
- **Desalineamiento de largueros:** Es la parte del horno que sirve para calentar el hierro, acero este comprende la formación de los alargados situados paralelo al eje longitudinal del horno de recalentamiento.
 - **Material flecha fuera de estándar:** En la siderurgia es conocido como flecha o eje a todo objeto asimétrico diseñado para transmitir potencia. Este conjunto de maquina es una parte importante de las transmisiones mecánicas.
- c. Fallas por envejecimiento del equipo:** Este tipo de fallas son los más conocidos como desgastes, fatiga, corrosión. Este tipo de fallas están alrededor de un 11% del total. Este es un tipo de fallo que presenta SiderPeru en sus equipos:
- **Canal de ingreso al horno:** Son equipos térmicos encargados enfriar y acondicionar la temperatura del hierro o acero, es distribuido en la zona de trabajo.
 - **Desgaste en solera:** Es un componente importante del horno de recalentamiento donde se disponen los materiales al momento de calentamiento del acero, soporta la erosión del acero a elevadas temperaturas.

Se clasifica las fallas que presentan la planta siderúrgica SiderPeru.

Figura 5. Clasificarán las fallas en la planta siderúrgica SiderPeru Chimbote



2.4. Mantenimiento Preventivo

Hoy en día la mayoría de empresas aplica el mantenimiento preventivo, destinado a proteger, prevenir daños en las instalaciones, equipos, maquinarias por medio de revisiones periódica, y esto permite que se mantenga operativo el proceso.

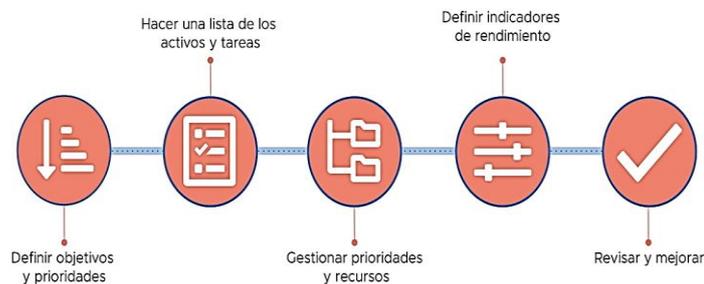
El mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos estén inoperativos debido a las mismas.

Existen tipos de mantenimientos preventivos programados y no programados ellos forman un plan de mantenimiento; el cuál es indispensable para realizar una labor de mantenimiento de calidad y profesional.

Estos son tipos principales de mantenimiento preventivo:

- **Mantenimiento programado:** Este tipo de mantenimiento se realiza cada tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
- **Mantenimiento no programado:** Se realiza tras fallos inesperados que necesita reparación, pero cuenta con un plan de prevenir los tipos de fallo, aunque no se sabe cuándo ocurrirá. (Vidal, 2023)

Figura 6. Plan de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Plan de plan de mantenimiento 5 pasos

2.5. Mantenimiento predictivo

El desarrollo del mantenimiento predictivo, se logra mediante un análisis y medición de los parámetros de cada equipo en la empresa. Pero requeriría de un costo elevado, ya que emplea más herramientas para las mediciones.

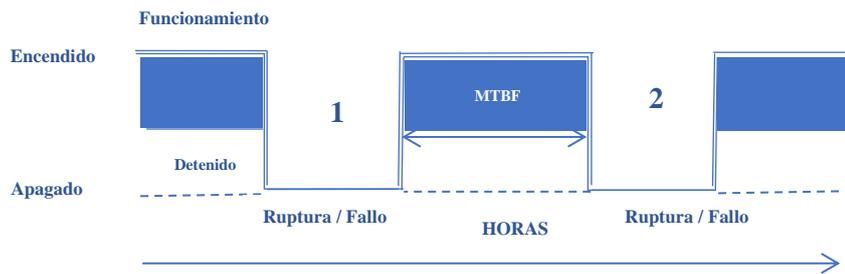
De modo que el mantenimiento predictivo, es un método de medición y diseños para analizar el estado del equipo y anticipar posibles fallos.

2.6. Indicadores de mantenimiento KPIs

Los indicadores nos permitirán realizar un análisis de la situación actual de manera rápida y objetiva además que aportan un valor numérico, que pueden ser de diferentes tipos: puntual y acumulado. Estos son los indicadores de mantenimiento que se utilizan:

- a. **MTBF (Tiempo medio entre fallos):** Permite medir el tiempo total de funcionamiento entre fallos del equipo reparable.

Figura 7. MTBF (tiempo medio entre fallos)



Fuente: TRACTIAN.

$$MTBF = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Numero de averias para el mantenimiento correctivo}}$$

- b. **MTTR (Tiempo medio para reparación):** Indica cual es el tiempo medio para reparación.

Figura 8. MTTR (tiempo medio para reparación)



Fuente: TRACTIAN.

$$MTTR = \frac{\text{suma de los tiempos de reparacion}}{\text{Numero de intervenciones realizadas}}$$

- c. **Disponibilidad:** Es el indicador más importante en mantenimiento y es la capacidad de que un equipo se encuentre operando cuando se requiera.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

- d. **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre operativo cuando se requiera su uso. (8 indicadores de mantenimiento para la gestión de activos – TRACTIAN, s.f.)

$$\text{Confiabilidad} = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$$

Donde t : tiempo

- e. **Distribución de Weibull:** La presente formula permitirá presentar una tasa de fallos. (Reliabilityweb.com, 2021)

$$f(t) = \frac{\beta(t - \delta)^{\beta-1}}{\theta^\beta} \exp \left[- \left(\frac{t - \delta}{\theta} \right)^\beta \right], t \geq \delta$$

- Fórmula de media aritmética: $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(ti)}{n}$
- Fórmula para la varianza: $S^2 = \frac{1}{(n-1)(\sum \ln(ti)-x)^2}$

- Fórmula para la variación estándar: $S = \sqrt{S^2}$

- Fórmulas de los parámetros

$$\beta = \frac{\pi}{S\sqrt{6}} \quad \alpha = \exp(e) \quad e = x + \left(\frac{0.5772}{\beta} \right)$$

Donde t : Variable aleatoria, representa tiempo entre fallas

β : Parámetro de forma ($0 < \beta < \infty$)

θ : Parámetro de escala ($0 < \theta < \infty$)

δ : Parámetro de localización ($-\infty < \delta < \infty$)

La función distribución acumulativa de Weibull F(t):

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{\left[- \left(\frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^{1/\beta} \right]}$$

- De acuerdo con la NORMA ISO 14224, análisis de la toma de datos de mantenimiento y confiabilidad. Los indicadores de gestión (KPI) para mantenibilidad y confiabilidad, nos indica el porcentaje requerido de la confiabilidad. (Reliabilityweb.com, 2021)

Indicadores técnicos desempeño KPI:

Confiabilidad > 98%

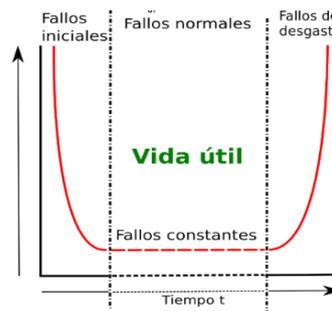
Disponibilidad > 97%

2.6.1. Herramientas de la confiabilidad

Curva de la bañera

La gráfica muestra los fallos que se presentan a lo largo de la vida útil del equipo. El nombre que se le atribuye es porque tiene forma de una bañera cortada en forma transversal y se divide en tres etapas.

Figura 9. Grafica de la bañera



Fuente: Álvarez ,2013

Fase I: En la siguiente fase ocurren fallos “infantiles”. Pueden ser por:

- Errores de diseño.
- Errores de fabricación.
- Errores de montaje.
- Selección de material.

Conforme pasa el tiempo, la tasa de fallos va disminuyendo considerablemente, hasta volverse una tasa de fallos constante.

Fase II: En esta fase la tasa de fallos se mantiene constante. Esto se debe a que ahora sólo presenta fallos aleatorios, propios del proceso, que no tienen relación alguna con los fallos de la primera fase. Esta fase es conocida como vida útil.

Fase III: En esta última fase se aprecia cómo la tasa de fallos va en aumento. Esto ocurre al término de la vida útil del sistema en la mayoría de los casos. A esta etapa también se le llama desgaste.

2.7. Auditorías energéticas

Una auditoría energética es un análisis que proporciona información relevante sobre el consumo de energía actual y las oportunidades de ahorro a través de auditoría energética, analiza los flujos de energía y determina las estrategias o medidas óptimas de ahorro y eficiencia energética. Esto requiere que los profesionales responsables de realizar estas tareas estén familiarizados con los procesos físicos y los equipos utilizados en la industria, así como con las técnicas de prueba específicas actualmente en uso. Estas auditorías se pueden realizar por área, proceso o planta completa.

La complejidad variará en función de las instalaciones, necesidades, expectativas y recursos específicos de cada usuario, pudiendo oscilar entre semanas y meses con la intervención de especialistas en diversas disciplinas. La auditoría energética es una parte importante de cualquier programa de gestión de energía para una empresa quiere controlar los costos de energía.

2.7.1. Tipos de auditorías energéticas

Existen diferentes tipos de auditorías energéticas, con un alcance variable en función de factores como el número de áreas analizadas, el tipo y uso de los servicios energéticos y los procesos analizados, estos se dividen en tres niveles:

a. De nivel 1: auditoria preliminar

Este tipo de auditoria es más simple o básico, ya que realizará por un lado una un diagnóstico visual del edificio, recopilación de datos básicos y una entrevista mínima, no detalla sobre las facturaciones de los servicios energéticos, así como mediante la obtención de otros datos sobre su mantenimiento y explotación obteniéndose un diagnóstico menos exhaustivo de los ahorros y mejora de la eficiencia energética, de manera que su costo suele ser más bien bajo.

b. De nivel 2: auditoria detallada

En el siguiente caso, se basa en obtener gran cantidad de información preliminar sobre los sistemas y equipos de construcción (planos, informes de proyectos, presupuestos y otros documentos). Una serie de pruebas o validaciones mediante equipos técnicos de medición para obtener información más realista sobre el estado del edificio. Puede abarcar todos los recursos energéticos de una empresa o centro de trabajo o un único recurso o servicio, por lo que su coste puede ser muy superior en función de los parámetros que definen su alcance.

c. De nivel 3: auditoria especial

En este caso hablamos de una auditoria de nivel 2, pero realizada con mayor detalle, en la cual además la toma de datos con equipos de medida se detalla hasta el punto de realizarse un registro del consumo por aparatos, ampliándose las mediciones a otros parámetros de manera que se van a necesitar equipos más complejos de medida y su coste será todavía más elevado.

2.7.2. Equipos necesarios para realizar una auditoria energética

La auditoría energética que se llevará a cabo en el siguiente trabajo de investigación será de nivel 1, para el cual utilizaremos datos de los equipos, entrevistas a los trabajadores sobre el estado de los equipos, registro de fallas y tiempo de parada, mantenimiento de los equipos, facturación de los equipos sobre el consumo energético, así como también softwares informáticos.

2.7.3. Indicadores de desempeño energético (IDE)

SEGÚN NORMA ISO 50001: Un indicador de desempeño energético (IDE) o indicador clave de desempeño (KPI), son usados para monitorear el rendimiento de la energía y reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo. Es un valor cuantitativo que pretende medir y aportar información sobre el desempeño energético de una organización.

Figura 10. Indicadores de desempeño energético



- **Variantes del numerador: Consumo energético**

Variando el numerador se puede establecer diferentes indicadores.

Consumo total/cantidad de producto fabricado, si partimos de la energía total consumida en la organización.

Consumo eléctrico/ cantidad de producto fabricado, consumo de energía térmica/ cantidad de producto fabricado

- **Variantes del denominador: Cantidad de producto fabrica**

En cuanto al denominador la expresión del indicador será diferente dependiendo del producto del que estemos hablando.

Consumo energético/cantidad de producto final fabricado, si nos fijamos exclusivamente en el producto final.

a. Indicador energético para una planta de producción: Se realizará para la planta siderúrgica de productora acero.

$$IE = \frac{\text{Galones de GN/mes}}{\text{Toneladas de acero empleada/mes}}$$

b. Indicador energético para una planta de servicio: En planta siderúrgica del sector privado.

$$IE = \frac{\text{kWh de Energia Activa/mes}}{\text{Nº de solicitudes atendidas/mes}}$$

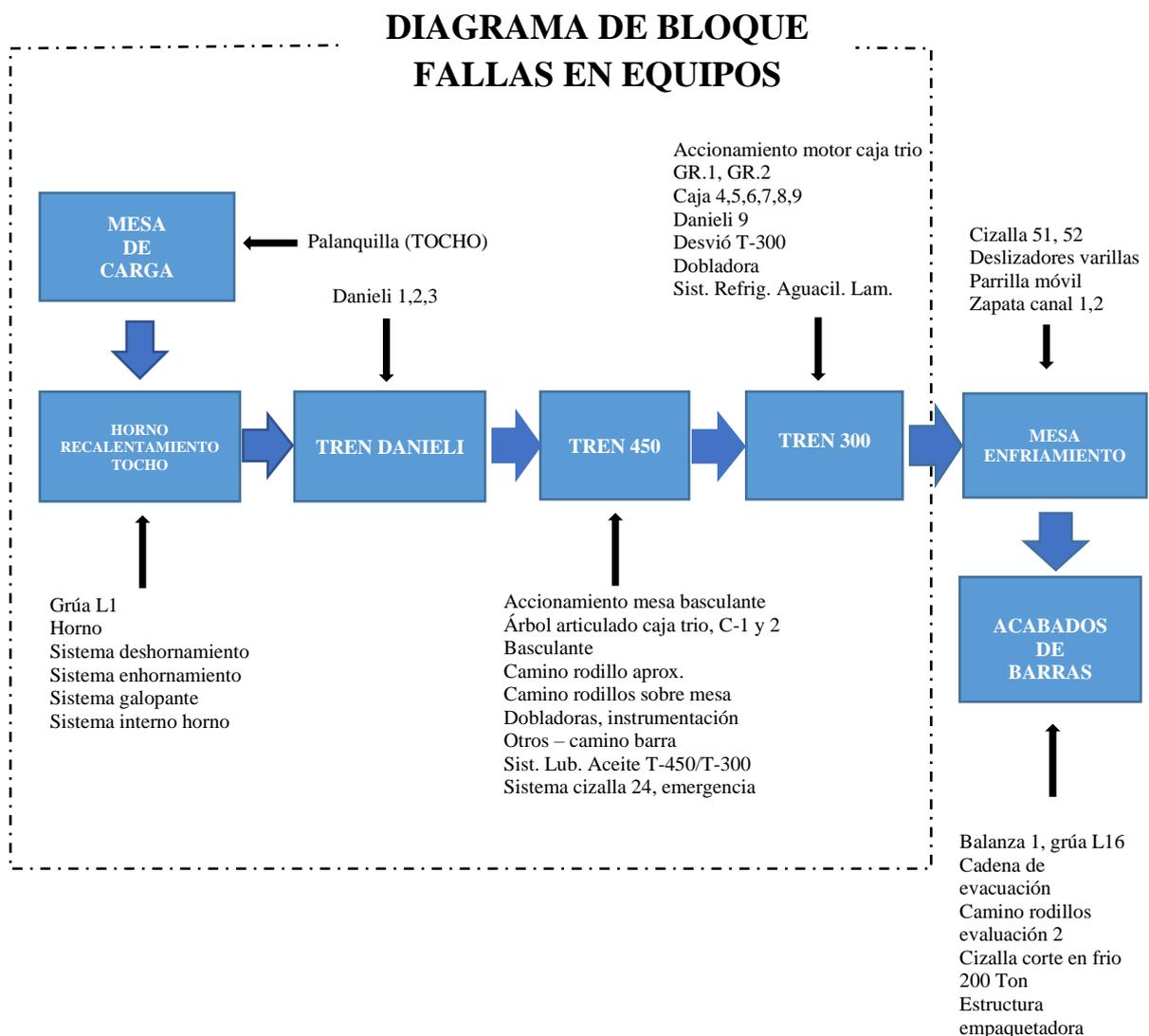
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Diagrama de bloque del horno de recalentamiento TOCHO y laminador 1.

- El estudio de los sistemas comprende el inventario de los equipos.

Figura 11. Inventario de los equipos.



- Con el inventario de los equipos mediante el diagrama de bloque se hará el análisis de las zonas donde se presentan los fallos, meses de Setiembre 2022 a febrero de 2023.

3.1.2. Clasificación de las fallas de los equipos

Este tipo de fallas se clasificarán de la siguiente manera:

a. Fallas por malos cálculos de diseño de equipo:

Tabla 1

Datos de fallo en palpador

Falla en palpador				
Año 2022 –2023 Mes	Equipo	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Origen de fallo (Causa)
Setiembre	Sistema Deshornamiento	139	1.11	Fallo palpador
Octubre	Sistema Deshornamiento	38	1.15	Fallo palpador
Noviembre	Sistema Deshornamiento	15	0.14	Fallo palpador
Diciembre	Sistema Deshornamiento	68	0.72	Solera desnivelada, Palanquillas con flecha y calentamiento después de paradas largas.
Enero	Sistema Deshornamiento	45	0.42	Trabamiento del palpador
Febrero	Sistema Deshornamiento	45	0.58	Trabamiento de palpador kick off

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

b. Fallas por mal uso de los equipos:

Tabla 2

Datos de fallo desalineamiento de largueros

Fallo desalineamiento de largueros				
Año 2022 –2023 Mes	Equipo	Cantidad de fallos (Unid.)	Tiempo de Parada (Horas)	Origen de fallo (Causa)
Setiembre	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	57	0.59	Carga desalineada, larguero desalineado
Octubre	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	24	1.07	cadena de la mesa de carga con mucha holgura
Noviembre	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	16	0.7	Larguero desalineado
Diciembre	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	167	1.32	Larguero desalineado
Enero	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	990	11.32	Larguero desalineado
Febrero	Sistema Deshornamiento Sistema galopante	1330	10.08	Larguero desalineado

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

- **Fallas por mal uso de los equipos:**

Tabla 3

Datos de fallo material con flecha fuera de estándar

Fallo material con flecha fuera de estándar				
Año 2022 –2023 Mes	Equipo	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Origen de fallo (Causa)
Setiembre	Sistema Deshornamiento	154	1.46	Material con fecha fuera de estándar
Octubre	Sistema Deshornamiento	351	5.54	Palanquilla con exceso de flecha
Noviembre	Sistema Deshornamiento	105	0.7	Palanquilla pandeada dentro del horno exceso de flecha de la palanquilla
Diciembre	Sistema Deshornamiento	582	5.13	Material con fecha fuera de estándar
Enero	Sistema Deshornamiento	46	0.33	Material con fecha fuera de estándar
Febrero	Sistema Deshornamiento	57	0.63	Material con fecha fuera de estándar

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

c. **Fallas por envejecimiento del equipo:**

Tabla 4

Datos de fallo canal desgastado

Fallo canal desgastado				
Año 2022 –2023 Mes	Equipo	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Origen de fallo (Causas)
Setiembre	No presento falla	0	0	No presento fallo
Octubre	Caja 1,2,4,6 y 8 Danieli 9	61	21.42	Canal desgastado
Noviembre	Caja 1,2,4,6,8 Danieli 2 y 9	51	31.38	Agotamiento de canal
Diciembre	Caja 1,2,4,6 y 8 Danieli 2 y 9	60	21.66	Canal desgastado
Enero	Caja 1,2,8 Danieli 3 y 8	73	54.53	Mantenimiento de rutina
Febrero	Caja 2,8 Danieli 9	41	25.43	Restricción de energía, se realiza trabajos programados

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

- **Fallas por envejecimiento del equipo:**

Tabla 5

Datos de fallo desgaste en solera

Fallo desgaste en solera				
Año 2022 –2023 Mes	Equipo	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Origen de fallo (Causa)
Setiembre	Sistema interno horno	2	0.69	Palanquilla con flecha golpea a barra que esta posesionada y lo pega a la pared
Octubre	Sistema interno horno Horno	3	0.29	Se trabaja en modo manual y se destraba ventana
Noviembre	No presento falla	0	0	No presento fallo
Diciembre	Sistema interno horno Horno	3	0.32	Palanquillas llegan ladeadas y kick off no coge barra hay q deshornar en manual
Enero	Sistema interno horno	1	0.14	Carga ladeada en interior de horno
Febrero	Sistema interno horno Horno	4	0.71	Solera dañada y en mal estado hace que palanquilla se caiga a los rodillos

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

3.1.3. Indicadores de desempeño energético (IDE)

Para los cálculos de los indicadores de desempeño energético (KPI), se necesita datos de consumo de combustible y energía eléctrica que se mostrara en las siguientes tablas.

En la siguiente tabla se muestra la producción y consumo energético de combustible.

Tabla 6

Datos del consumo de combustible del horno recalentamiento TOCHO

	Producción de acero	Consumo Combustible
Año	Producción mensual	Combustible mensual
Mes	(Ton. de acero/mes)	(GN.m ³ /mes)
Setiembre	23229.37	755734
Octubre	24599.3	763068
Noviembre	19880.13	632879
Diciembre	27179.57	853439
Enero	28690.3	860709
Febrero	13871.47	415811

Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

A continuación, se muestra el diagrama de cargas de hornos de recalentamiento TOCHO y laminado 1. Se detalla máxima demanda de carga de los equipos

Figura 12. Diagrama de cargas del horno TOCHOS.



Se detalla máxima demanda de carga de los equipos.

Tabla 7*Máxima demanda del horno recalentamiento TOCHO – Planta largos*

HORNO TOCHOS - PLANTA LARGOS					
Cuadro de Cargas					
Descripción	Cantidad	Potencia Unitaria	Carga Instalada (Kw)	Factor de Demanda	Máxima Demanda (Kw)
Tablero QF-01	1	833.200	833.2	1	833.2
Tablero QF-02	1	160000	160	1	160
Tablero QF-03	1	30000	30	1	30
Tablero QF-04	1			1	21.5
MAXIMA DEMANDA TOTAL					1044.7

*Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.***Tabla 8***Consumo energía eléctrica – Canal, flecha, solera, largueros y palpador.*

Año 2022 –2023 Mes	Producción de acero (Ton de acero/mes)	Consumo de energía eléctrica mensual (kW/mes)
Setiembre	23229.371	151823.80
Octubre	24599.298	151480.36
Noviembre	19880.133	145660.96
Diciembre	27179.572	151548.20
Enero	28690.295	143579.12
Febrero	13831.741	134528.84

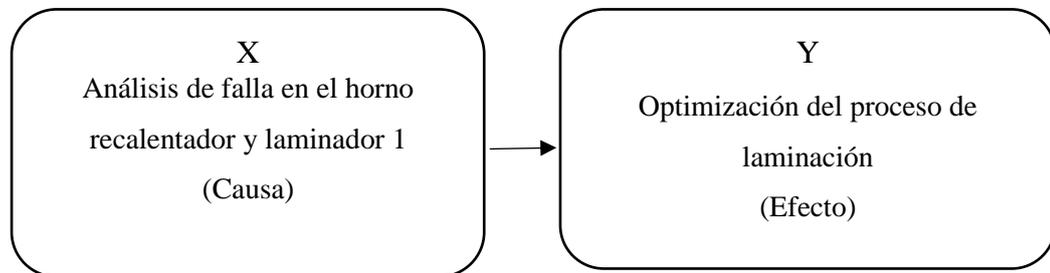
Fuente: Oficina de Planta de Largos de SIDERPERU - CHIMBOTE.

3.2. Métodos

3.2.1. El presente trabajo de investigación es del tipo no experimental, cuantitativa.

3.2.2. La siguiente investigación es no experimental, cuantitativa se utiliza para establecer una relación de causa y el efecto de una situación. Recopilación de datos, se describirán y explicarán las relaciones entre variables en momento dado.

Figura 13. Se muestra la variable independiente X y su relación causa-efecto con la variable dependiente Y.



3.3 Metodología de calculo

Se realizó el análisis de fallas para optimizar el proceso del horno recalentador y laminador 1, de acuerdo a los datos e información recopilado de la planta SiderPeru, se realizó una auditoria energética de tipo nivel 1: auditoria preliminar, de manera que procedió a realizar el inventario de equipos donde se determinó realizar el análisis de fallas y consumo energético del horno recalentador y la línea de laminación 1, fallos frecuentes: canal desgastado, desalineamiento de largueros, fallo en el palpador, desgate de solera y material flecha fuera de estándar.

Para determinar los resultados de los indicadores de mantenimiento se presentará a continuación:

3.3.1 Indicadores de mantenimiento KPIs

- Cálculo del MTBF (Tiempo medio entre fallo), numero de fallos y tiempo de parada del horno de recalentamiento tocho y laminador 1.

- Hallar MTTR (tiempo medio para reparación), el tiempo en que se demora en reparar el equipo.
- Se evaluará la disponibilidad del equipo cuando esté operando y requiera su funcionamiento.
- Se determinará la confiabilidad del equipo cuando se encuentre operativo y cuando lo requiera.
- Se determinará la distribución de Weibull, esto indicará la tasa de fallo.

3.3.2 Indicadores de mantenimiento KPIs condiciones actuales de la empresa

Los indicadores de mantenimiento nos permitirán analizar la situación en la que se encuentra los equipos del horno de recalentamiento tocho y laminador 1 de la planta siderúrgica SiderPeru S.A.A. esto seguirá el siguiente desarrollo:

Para ello se medirá el número de fallos de los equipos cuales son las causas que provocan dichos acontecimientos, para ello se analizará los datos de fallos, tiempo de parada para la reparación de la maquinaria de meses atrás con la finalidad de encontrar las fallas frecuentes que afecten la producción en la planta siderúrgica.

Se realizará la medición como tiempo entre fallo, reparación, disponibilidad, confiabilidad con la finalidad de anticipar acontecimiento que afecten la operatividad de los equipos esto nos llevara analizar en que tiempo es recomendable el mantenimiento preventivo en los equipos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Situación actual del horno de recalentamiento TOCHO y laminador 1.

4.1.1 Indicadores de mantenimiento KPIs

4.1.2 Fallas por malos cálculos de diseño de equipo: Fallo en el palpador

Para los indicadores de mantenimiento se analizará las condiciones actuales del horno de recalentamiento TOCHO y equipos de las tablas 1,2,3,4 y 5.

- **Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs**

Para el cálculo se tomarán los datos de la tabla 1, fallo en el palpador.

- a. **MTBF (tiempo medio entre fallos):**

Para el primero cálculo se determinará el tiempo medio entre fallos (Tabla 1).

$$MTBF_{SET} = \frac{(30 \text{ dias} \times 24 \text{ h}) - 1.10 \text{ h}}{139}$$

$$MTBF_{SET} = 5.17 \text{ h}$$

- b. **MTTR (tiempo medio para reparación):**

Se determina el tiempo de reparación de fallo en palpador.

$$MTTR_{SET} = \frac{1.10 \text{ h}}{139}$$

$$MTTR_{SET} = 0.01 \text{ h}$$

- c. **Disponibilidad:**

Se determinará la disponibilidad en el palpador y cuando se requiere su uso.

$$Disponibilidad_{SET} = \frac{5.17}{5.17 + 0.01} \times 100\%$$

$$Disponibilidad_{SET} = 99.85 \%$$

d. Confiabilidad:

Se analizará la probabilidad del sistema como se encuentre operativo cuando se requiera su uso.

$$\text{Confiabilidad}_{SET} = e^{-\left(\frac{1.10}{5.17}\right)}$$

$$\text{Confiabilidad}_{SET} = 81 \%$$

e. Distribución de Weibull:

Se evaluará la tasa de fallos de falla en el palpador: $n = 6$

- Fórmula de media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\text{Ln}(0.14) + \text{Ln}(0.42) + \text{Ln}(0.58) + \text{Ln}(0.72) + \text{Ln}(1.10) + \text{Ln}(1.15)}{6}$$

$$\bar{X} = -0.58$$

- Fórmula para la varianza:

$$S^2 = \frac{1}{(6-1)(\sum \text{Ln}(0.14) - (3.47))^2}$$

$$S^2 = 0.03$$

- Fórmula para la variación estándar:

$$S = \sqrt{0.03}$$

$$S = 0.26$$

- Fórmulas de los parámetros

$$\beta = \frac{\pi}{0.26 \times \sqrt{6}} = 9.09$$

$$e = -0.58 + \left(\frac{0.5772}{9.09}\right) = -0.52$$

$$\alpha = \exp(-0.52) = 0.6$$

La función distribución acumulativa de Weibull $F(t)$: $t = 0.14$

$$F(0.14) \times 100\% = 1 - e^{\left[-\left(\frac{0.14-0}{0.6}\right)^{\frac{1}{9.09}}\right]} \times 100\% = 57\%$$

- Se realizará el cálculo de los indicadores de mantenimiento KPIs del equipo palpador.

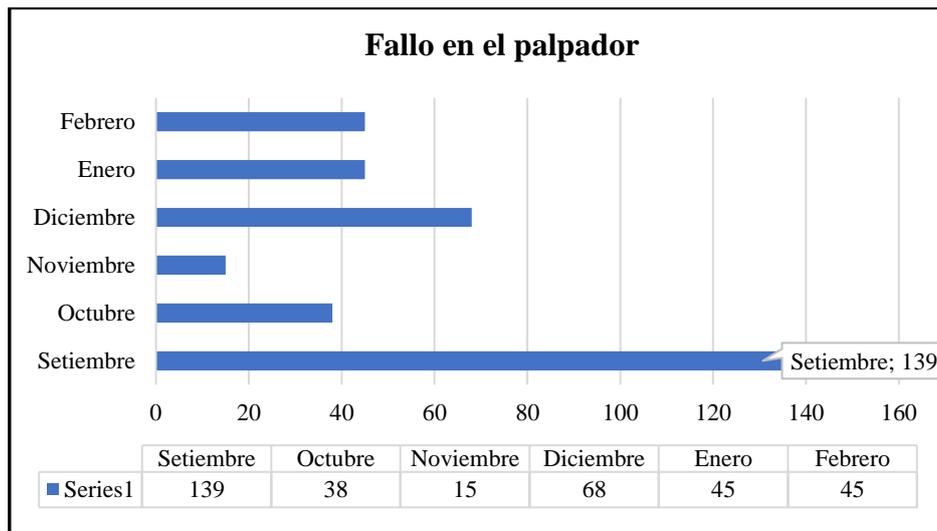
Tabla 9

Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - fallo en el palpador

Año 2022 –2023 Mes	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiabilidad
Setiembre	139	1.10	5.17	0.01	99.85%	81%
Octubre	38	1.15	19.55	0.03	99.85%	94%
Noviembre	15	0.14	47.99	0.01	99.98%	99.8%
Diciembre	68	0.72	10.93	0.01	99.90%	94%
Enero	45	0.42	15.99	0.01	99.94%	97%
Febrero	45	0.58	14.92	0.01	99.91%	96%

f. Gráficos de los indicadores de mantenimiento KPIs:

Figura 14. Fallos en el equipo: Fallo en el palpador



- En el mes de diciembre se reportaron 139 fallos en el palpador.

Figura 15. Disponibilidad en el equipo: Fallo en el palpador

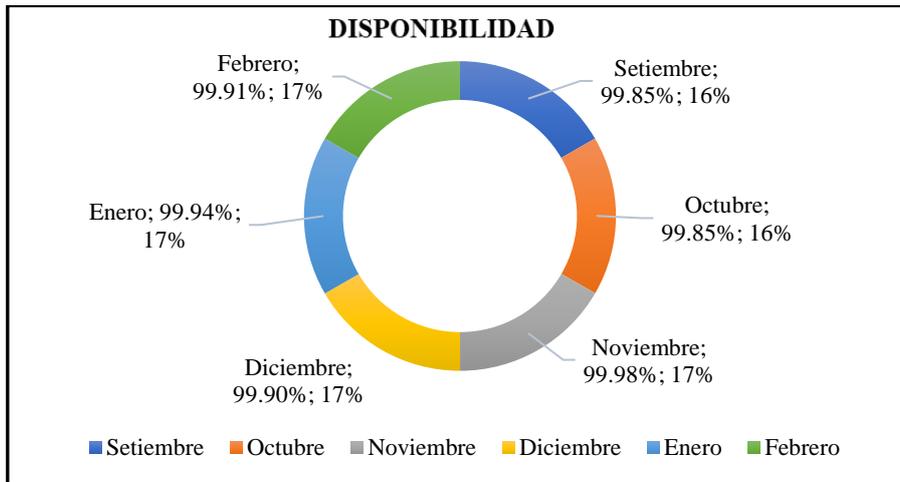
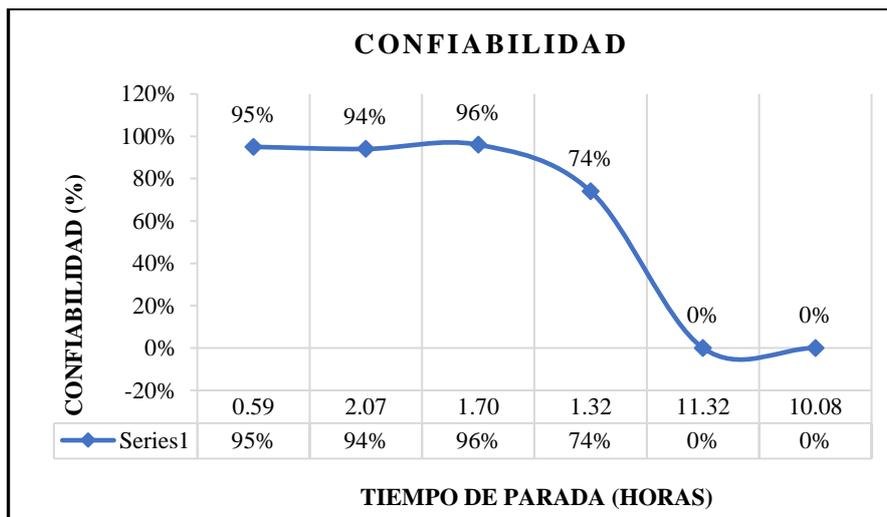


Figura 16. Confiabilidad en el equipo: Fallo en el palpador



- Analizando los fallos en los meses, resulta en setiembre la confiabilidad es menor 81%.

g. Distribución de Weibull: Datos de fallos y tiempo de reparación

Tabla 10

Datos de fallo en el palpador

	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	$\ln(x_i)$	$(\ln(x_i)-x^2)$
1	15	0.14	-1.97	1.93
2	45	0.42	-0.87	0.08
3	45	0.58	-0.54	0.00
4	68	0.72	-0.33	0.06
5	139	1.10	0.10	0.45
6	38	1.15	0.14	0.52
Total			-3.47	3.04

Asimismo, se reemplazar el tiempo de reparación (t) en la función de distribución de Weibull.

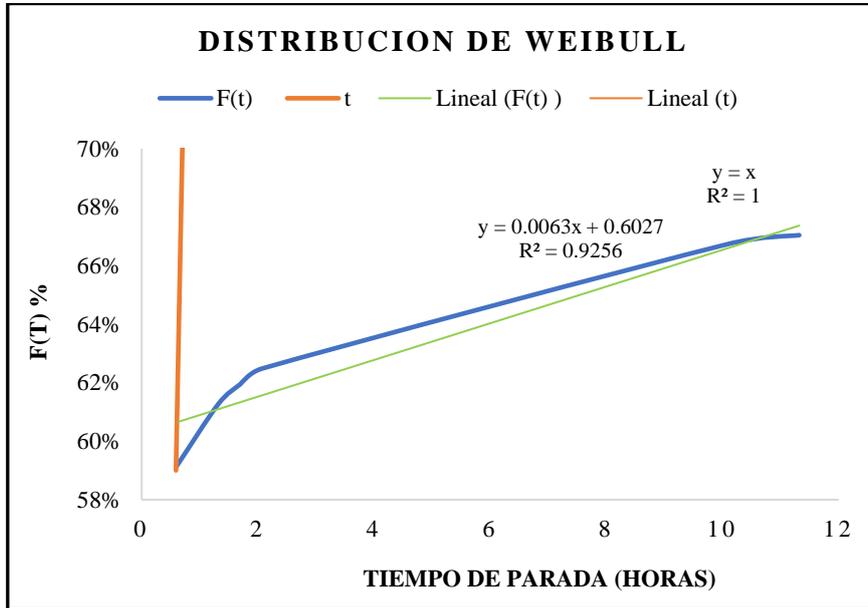
Tabla 11

Cálculo de la distribución Weibull

t (Horas)	R(t)	F(t)	F(t) x 100%
0.14	0.43	0.57	57%
0.42	0.38	0.62	62%
0.58	0.37	0.63	63%
0.72	0.36	0.64	64%
1.10	0.34	0.66	66%
1.15	0.34	0.66	66%

h. Gráfico de distribución de Weibull F(t)%:

Figura 17. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada



4.1.3 Fallas por mal uso de los equipos: Desalineamiento de largueros

a. Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs

Tabla 12

Cálculo de indicadores de mantenimiento KPIs - desalineamiento de largueros

Año 2022–2023 Mes	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiability
Setiembre	57	0.59	12.62	0.01	99.92%	95%
Octubre	24	2.07	30.91	0.09	99.72%	94%
Noviembre	16	1.70	44.89	0.11	99.76%	96%
Diciembre	167	1.32	4.45	0.01	99.82%	74%
Enero	990	11.32	0.72	0.01	98.43%	0%
Febrero	1330	10.08	0.50	0.01	98.50%	0%

b. Gráficos de indicadores de mantenimiento KPIs

Figura 18. Fallos en el equipo: Desalineamiento de largueros

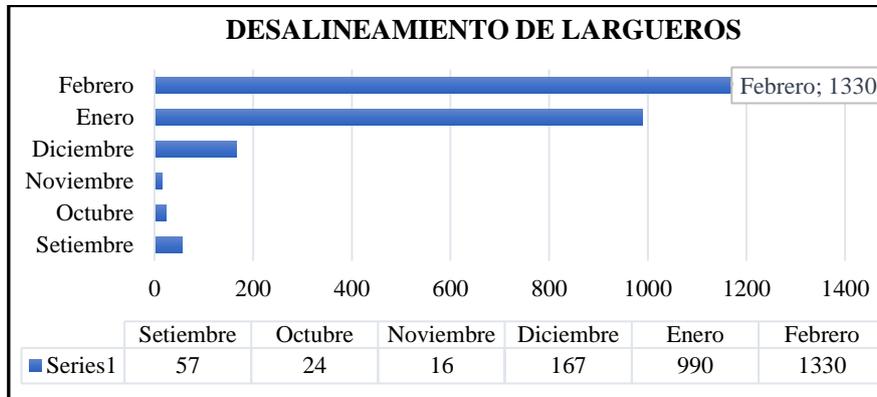


Figura 19. Disponibilidad en el equipo: Desalineamiento de largueros

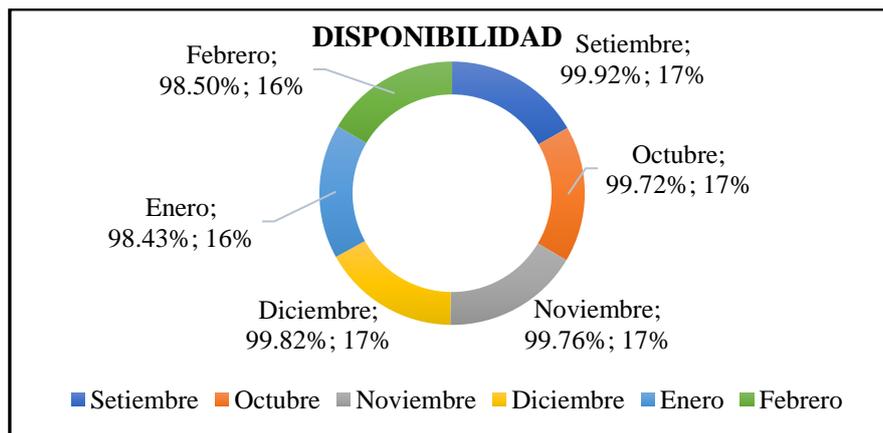
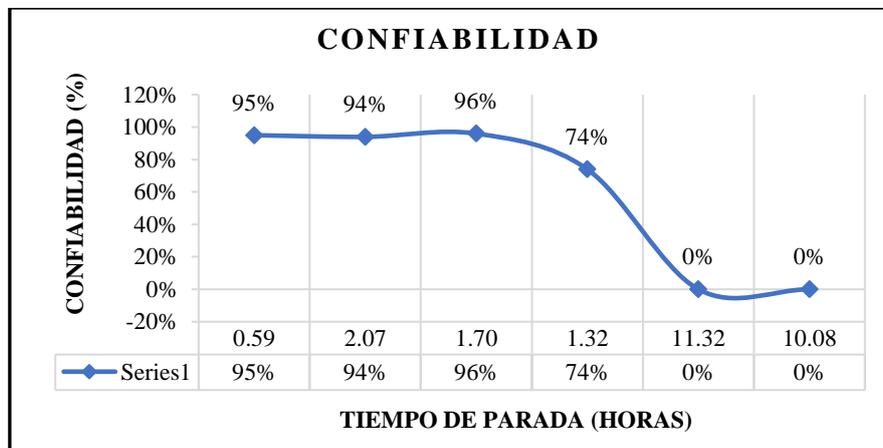


Figura 20. Confiabilidad en el equipo: Desalineamiento de largueros



- Analizando los fallos en los meses, la confiabilidad en el mes de enero y febrero son del 0%.

c. Distribución de Weibull: Datos de fallos y tiempo de reparación

Tabla 13

Datos de desalineamiento de largueros

	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	$\text{Ln}(x_i)$	$(\text{Ln}(x_i)-x^2)$
1	16	0.59	-0.53	2.21
2	167	1.32	0.28	0.46
3	16	1.70	0.53	0.18
4	24	2.07	0.73	0.05
5	1330	10.08	2.31	1.83
6	990	11.32	2.43	2.16
Total			5.75	6.89

De esta manera se calculará los valores de: β , γ , α .

Con datos: $n = 6$ y $e = 1.0$

Media X	0.96	β : 13.68
Varianza S^2	0.03	α : 2.72
Desviación S	0.17	γ : 0.00

Asimismo, se reemplazar el tiempo de reparación (t) en la función de distribución de Weibull.

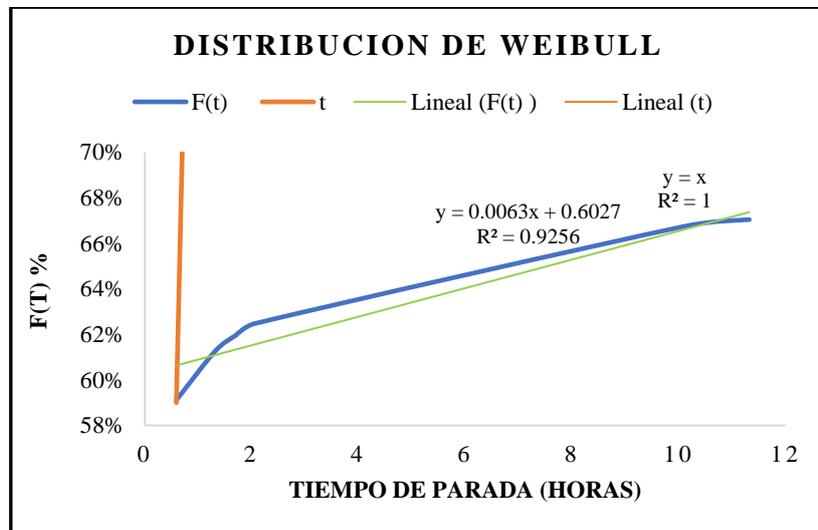
Tabla 14

Cálculo de la distribución Weibull

t (Horas)	R(t)	F(t)	F(t) x 100%
0.59	0.41	0.59	59%
1.32	0.39	0.61	61%
1.70	0.38	0.62	62%
2.07	0.38	0.62	62%
10.08	0.33	0.67	67%
11.3	0.33	0.67	67%

d. Gráfico de distribución de Weibull F(t)%:

Figura 21. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada



4.1.4 Fallas por mal uso de los equipos: Material con flecha fuera de estándar

a. Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs

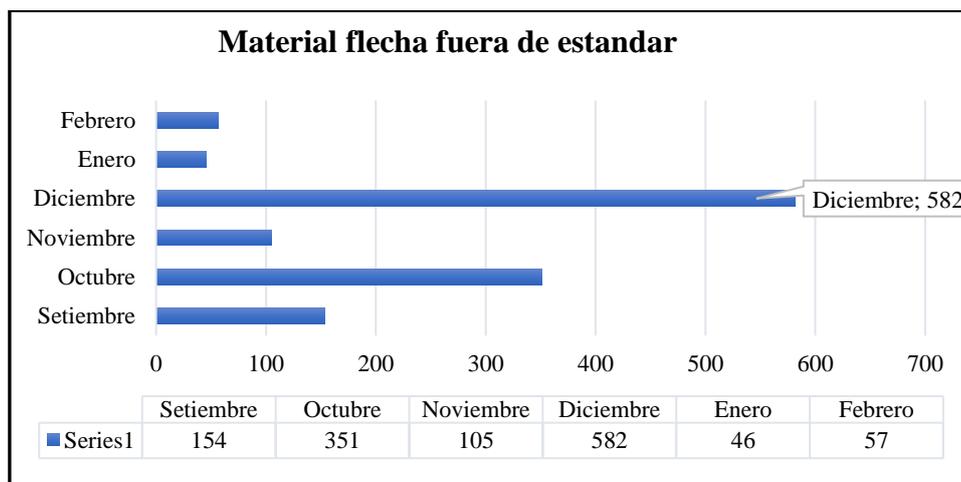
Tabla 15

Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - material flecha fuera de estándar

Año 2022 –2023 Mes	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiabilidad
Setiembre	154	1.46	4.67	0.01	99.80%	73%
Octubre	351	5.54	2.10	0.02	99.26%	7%
Noviembre	105	0.71	6.85	0.01	99.90%	90%
Diciembre	582	5.13	1.27	0.01	99.31%	2%
Enero	46	0.33	15.65	0.01	99.95%	98%
Febrero	57	0.63	11.78	0.01	99.91%	95%

b. Gráficos de los indicadores de mantenimiento KPIs

Figura 22. Fallo en el equipo: Material flecha fuera de estándar



- Se reporta en el mes de diciembre 582 fallos.

Figura 23. Disponibilidad en el equipo: Material flecha fuera de estándar

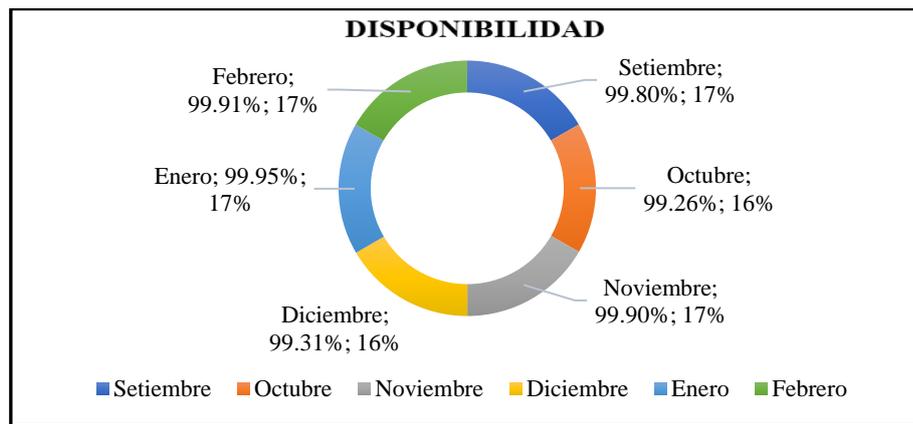
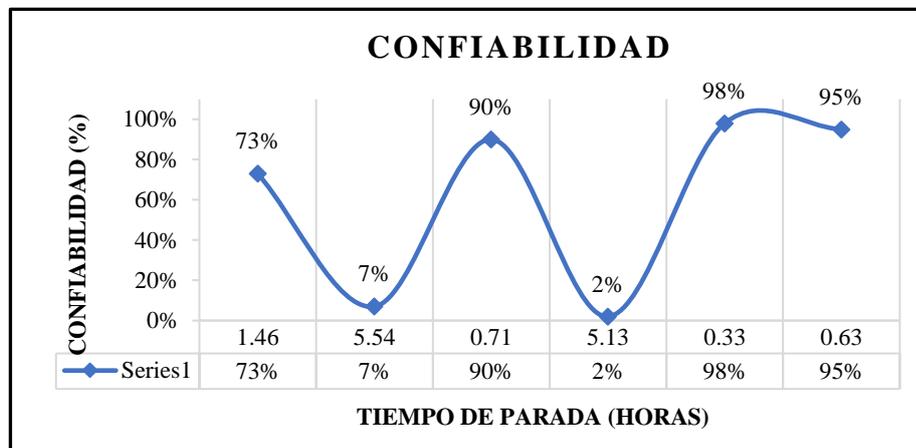


Figura 24. Confiabilidad en el equipo: Material flecha fuera de estándar



- Confiabilidad de menor porcentaje es diciembre 2% y octubre 7%.

c. **Distribución de Weibull:** Datos de fallos y tiempo de reparación

Tabla 16

Datos de material fuera de estándar

	Cantidad	Tiempo	$\ln(x_i)$	$(\ln(x_i)-x^2)$
Nº de fallos (Und.)		de Parada (Horas)		
1	46	0.33	-1.11	1.99
2	57	0.63	-0.46	0.58
3	105	0.71	-0.34	0.42

4	154	1.46	0.38	0.01
5	582	5.13	1.64	1.78
6	351	5.54	1.71	1.99
Total			1.81	6.76

De esta manera se calculará los valores de: β , γ , α .

Con datos: $n = 6$ y $e = 0.34$

Media X	0.30	β : 13.55
Varianza S^2	0.03	α : 1.41
Desviación S	0.17	γ : 0.00

Asimismo, se reemplazar el tiempo de reparación (t) en la función de distribución de Weibull.

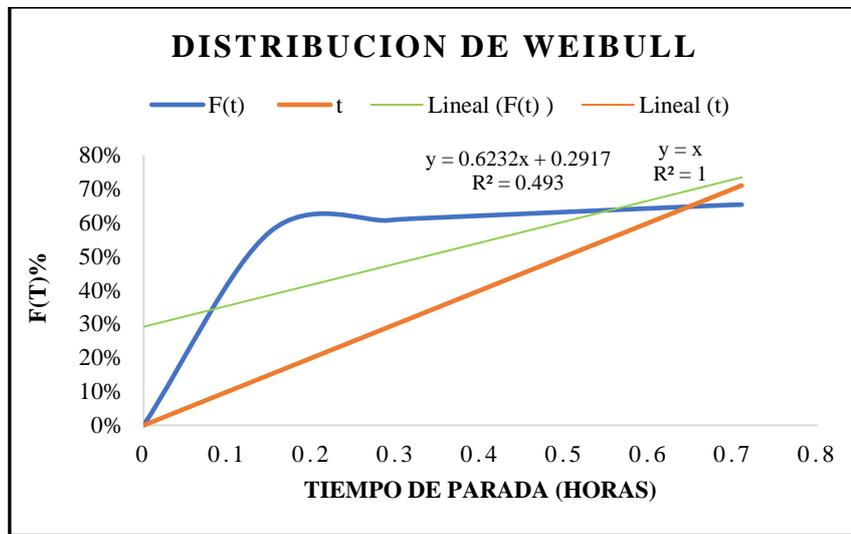
Tabla 17

Cálculo de la distribución Weibull

t (Horas)	R(t)	F(t)	F(t) x 100%
0.33	0.41	0.59	59%
0.63	0.39	0.61	61%
0.71	0.39	0.61	61%
1.46	0.37	0.63	63%
5.13	0.33	0.67	67%
5.54	0.33	0.67	67%

d. Gráfico de distribución de Weibull F(t):

Figura 25. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada



4.1.5 Fallas por envejecimiento del equipo: Fallo del canal desgastado

a. Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs

Tabla 18

Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - fallo canal desgastado

Año 2022 –2023 Mes	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiabilidad
Setiembre	0	0	0	0	0	0
Octubre	61	21.42	11.85	0.35	97.12%	16%
Noviembre	51	31.38	13.50	0.62	95.64%	10%
Diciembre	60	21.66	12.04	0.36	97.09%	17%
Enero	73	54.53	9.12	0.75	92.43%	0%
Febrero	41	25.43	15.77	0.62	96.22%	20%

b. Gráficos de fallo canal desgastado

Figura 26. Fallo en el equipo: Canal desgastado

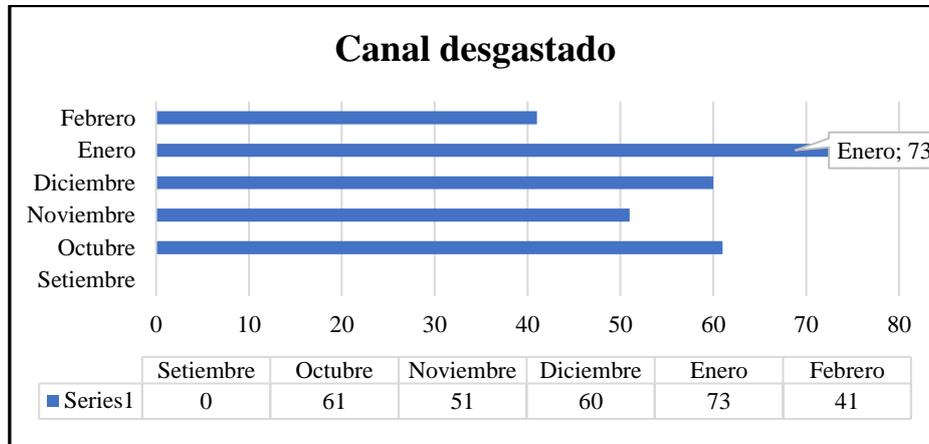


Figura 27. Disponibilidad en el equipo: Canal desgastado

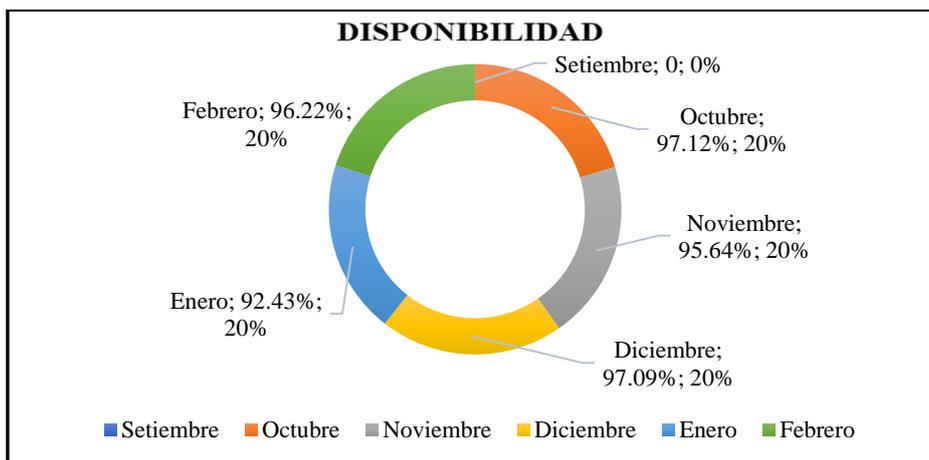
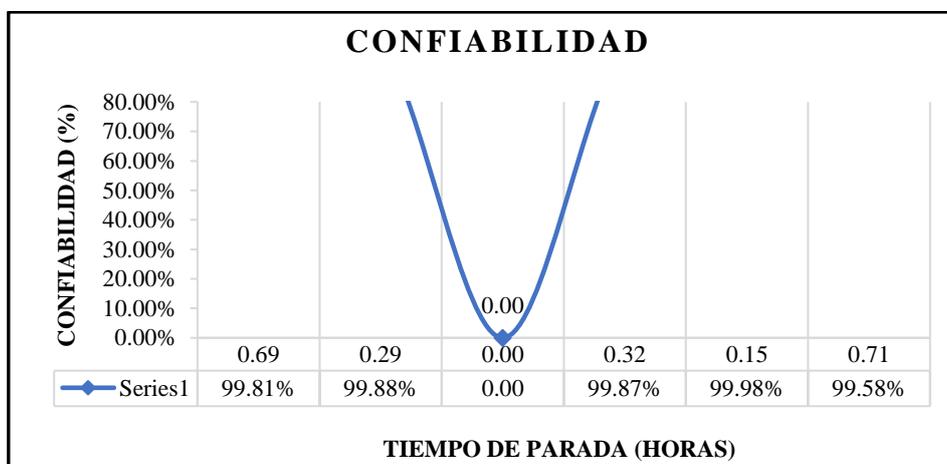


Figura 28. Confiabilidad en el equipo: Canal desgastado



c. **Distribución de Weibull:** Datos de fallos y tiempo de reparación

Tabla 19

Datos de falla del canal desgatado

N°	Cantidad de fallas (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Ln(x _i)	(Ln(x _i)-x ²)
1	0	0	0	0
2	61	21.42	3.06	0.07
3	60	21.66	3.08	0.07
4	41	25.43	3.24	0.19
5	51	31.38	3.45	0.41
6	73	54.53	4.00	1.43
Total			16.82	2.17

De esta manera se calculará los valores de: β , γ , α . $n = 6$ y $e = 2.88$

Media X	2.80	β : 7.68
Varianza S ²	0.09	α : 17.79
Desviación S	0.30	γ : 0.00

Reemplazar el tiempo de reparación (t) en la función de distribución de Weibull.

Tabla 20

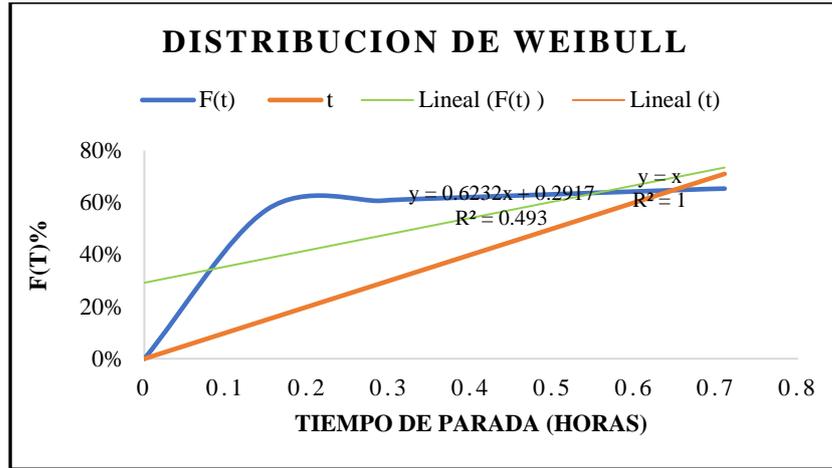
Cálculo de la distribución Weibull

t (Horas)	R(t)	F(t)	F(t) x 100%
0	1	0	0%
21.4	0.36	0.64	64%
21.7	0.36	0.64	64%

25.4	0.35	0.65	65%
31.38	0.34	0.66	66%
54.53	0.31	0.69	69%

d. Gráfico de distribución de Weibull F(t):

Figura 29. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada



4.1.6 Fallas por envejecimiento del equipo: Fallo desgaste de solera

a. Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs

Tabla 21

Cálculo de indicador de mantenimiento KPIs - fallo desgaste de solera

Año 2022 –2023 Mes	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (h)	MTBF (h)	MTTR (h)	Disponibilidad	Confiabilidad
Setiembre	2	0.69	359.66	0.35	99.90%	99.81%
Octubre	3	0.29	247.90	0.10	99.96%	99.88%
Noviembre	0	0	0	0	0	0
Diciembre	3	0.32	247.89	0.11	99.96%	99.87%
Enero	1	0.15	719.85	0.15	99.98%	99.98%
Febrero	4	0.71	167.82	0.18	99.89%	99.58%

b. Gráficos de los indicadores de mantenimiento KPIs

Figura 30. Fallo en el equipo: Desgaste de solera

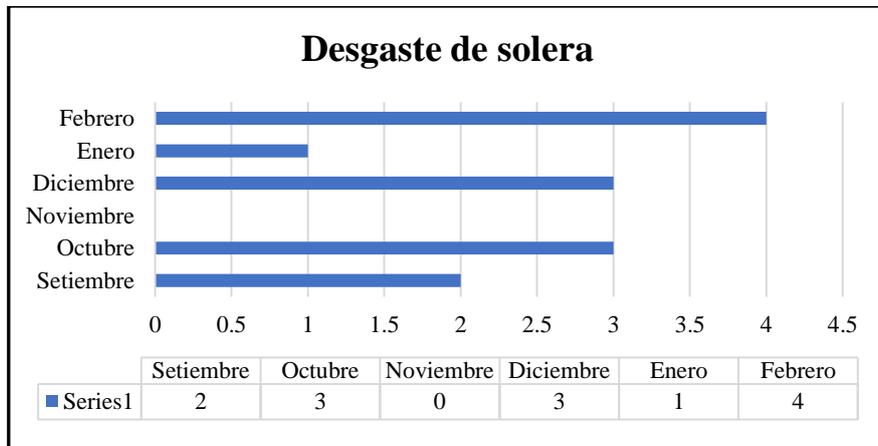


Figura 31. Disponibilidad en el equipo: Desgaste de solera.

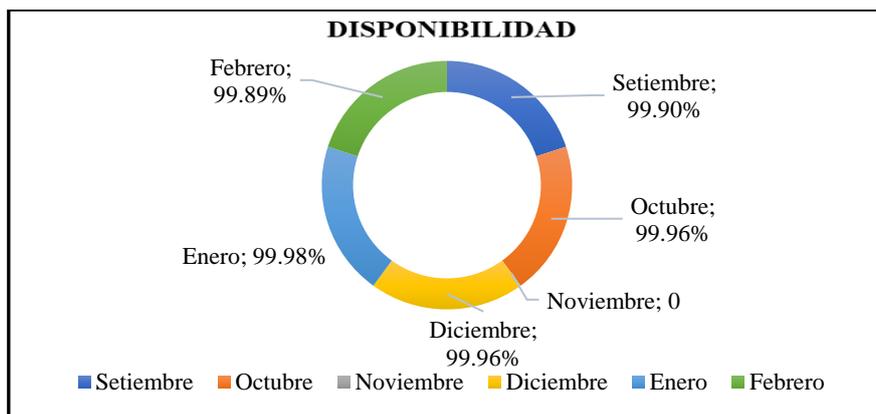
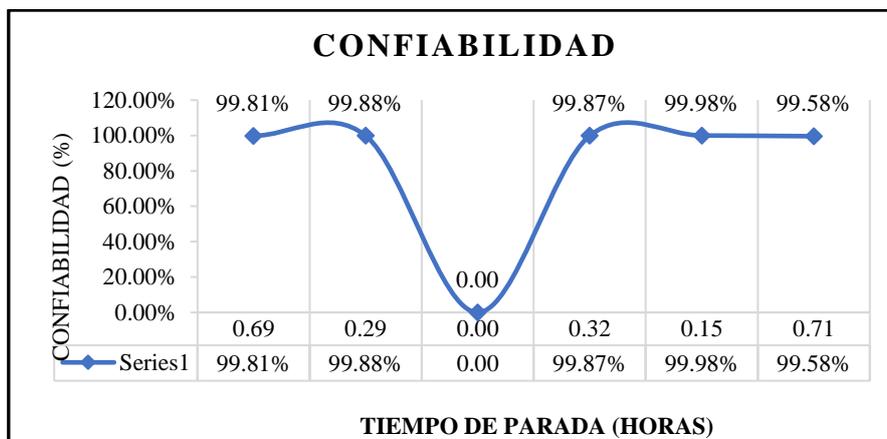


Figura 32. Confiabilidad en el equipo: Desgaste de solera



c. **Distribución de Weibull:** Datos de fallos y tiempo de reparación

Tabla 22

Datos de fallo de desgaste de solera

Nº	Cantidad de fallos (Und.)	Tiempo de Parada (Horas)	Ln(x _i)	(Ln(x _i)-x ²)
1	0	0	0	0
2	1	0.15	-1.90	1.14
3	3	0.29	-1.24	0.17
4	3	0.32	-1.14	0.09
5	2	0.69	-0.37	0.21
6	4	0.71	-0.34	0.24
Total			-4.99	1.85

De esta manera se calculará los valores de: β , γ , α . $n = 6$ y $e = -0.75$

Media X	-0.83	β : 7.08
Varianza S ²	0.11	α : 0.47
Desviación S	0.33	γ : 0.00

Asimismo, se reemplazar el tiempo de reparación (t) en la función de distribución de Weibull.

Tabla 23

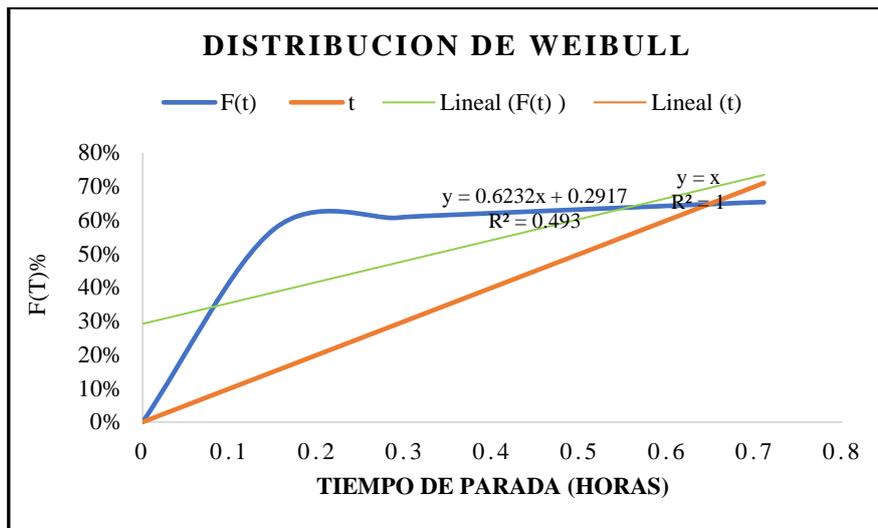
Cálculo de la distribución Weibull

t (Horas)	R(t)	F(t)	F(t) x 100%
0	1	0	0
0.15	0.43	0.57	57%
0.29	0.39	0.61	61%

0.32	0.39	0.61	61%
0.69	0.35	0.65	65%
0.71	0.35	0.65	65%

d. Gráfico de distribución de Weibull F(t):

Figura 33. Distribución de Weibull vs Tiempo de parada



- Con los resultados obtenidos a los equipos quienes presenta elevadas horas de paradas de reparación, se realizó el análisis de fallas mediante los cálculos de indicadores de mantenimiento (KPIs), esquemas encontramos que los equipos: canal, flecha, solera, largueros y palpador presentan confiabilidad, disponibilidad menor a la requerida, mostrando que no están en óptimas condiciones para la producción de la planta siderúrgica SiderPeru - Chimbote.

4.2 Situación actual consumo energético del horno de recalentamiento TOCHO.

4.2.1 Indicadores de desempeño energéticos (IDE), consumo de combustible gas natural (GN).

- Indicador de desempeño energético del consumo de combustible (GN), mes de setiembre 2022.

$$IDE\ Tecnico = \left(\frac{Consumo\ combustible}{Produccion\ de\ acero} \right)$$

$$IDE\ Tecnico = \left(\frac{1512823.80\ m^3\ combustible/mes}{23229.371\ Ton\ de\ acero/mes} \right)$$

$$IDE\ Tecnico = 32.5\ m^3\ combustible/Ton.\ de\ acero$$

- Indicador de desempeño energético del consumo de combustible gas natural (GN), de setiembre 2022 a febrero 2023.

Tabla 24

Cálculo de la Indicadores de desempeño del consumo combustible GN.

INDICADORES DE DESEMPEÑO			
Año 2022 –2023	Producción de acero	Consumo Combustible	IDE _(combustible)
Mes	(Ton.de acero/mes)	(GN.m ³ /mes)	(GN.m ³ /Ton de acero)
Setiembre	23229.37	755734	32.53
Octubre	24599.3	763068	31.02
Noviembre	19880.13	632879	31.83
Diciembre	27179.57	853439	31.40
Enero	28690.3	860709	30.00
Febrero	13871.47	415811	29.98

4.2.2 Indicadores de desempeño energéticos del consumo de eléctrico.

Cálculo de los meses de setiembre del 2022 a febrero del 2023.

Tabla 25

Cálculo de la Indicadores de desempeño del consumo eléctrico

INDICADORES DE DESEMPEÑO			
Año 2022 –2023	Producción de acero	Consumo Eléctrico	IDE _(eléctrico)
Mes	(Ton.de acero/mes)	(Kwh/mes)	(Kwh/Ton de acero)
Setiembre	23229.37	151823.8	6.54
Octubre	24599.3	151480.36	6.16
Noviembre	19880.13	145660.96	7.33
Diciembre	27179.57	151548.2	5.58
Enero	28690.3	143579.12	5.00
Febrero	13871.47	134528.84	9.70

- Con los resultados del consumo energético de los equipos, el horno recalentador tocho presenta elevado mayor consumo de combustible en el mes setiembre esto se debería a las horas de paradas de reparación, ya que el horno sigue encendido sin apagarse. Asimismo, se realizó el análisis del consumo eléctrico de los equipos quienes presentan elevado consumo energético en el mes de febrero.

4.3 Discusión de resultados

- Se encontró equipos con disponibilidad de 92.43% menor a la disponibilidad del 97% de lo estándar, lo cual al mejorar el plan de mantenimiento tendrá que ser reemplazado estos equipos, de forma que se acepta la hipótesis planteada en el cual se busca optimizar el proceso.
- Se realizó una matriz de riesgo de los equipos de la planta laminación largos, para analizar la probabilidad y consecuencia, en los cuales se encontraron los equipos.

Figura 34. Matriz de Riesgo de los equipos

		MATRIZ DE RIESGO				
		CONSECUENCIA				
		Mínimo	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
PROBABILIDAD		20%	40%	60%	80%	100%
Muy Alta	5	1	2	3	4	5
Alta	4	0.8	1.6	2.4	3.2	4
Media	3	0.6	1.2	1.8	2.4	3
Baja	2	0.4	0.8	1.2	1.6	2
Muy baja	1	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Figura 35. Nivel de Riesgo

Nivel de Riesgo	COLOR
Riesgo Alto	$3 \leq y \leq 5$
Riesgo Medio Alto	$2 \leq y \leq 4$
Riesgo Medio Bajo	$1 \leq y < 1.8$
Riesgo Bajo	≤ 0.8

- De forma similar Castillo, E. (2017). encontró que al elaborar un plan de mantenimiento preventivo resulto ser favorable, logrando reducir los tiempos de falla y aumentando la disponibilidad de la maquinaria. Con esto lograra un incremento en un 15% la producción mensual en el periodo analizado, asimismo en un 21% la producción al mes, una disponibilidad antes de un 78% y con la propuesta en un incremento a 96% produciendo al mes.

- De los resultados obtenidos en la confiabilidad y disponibilidad del análisis de fallas, se puede aplicar el plan de mantenimiento para los equipos, de esta manera optimizar las paradas repentinas y mejorando la confiabilidad y disponibilidad. Janampa, R. (2019). encontró que la confiabilidad y la disponibilidad en un inicio 0,014 de confiabilidad a un valor de 0,0094 luego de aplicar el mantenimiento, esto mostro incremento en la disponibilidad que alcanzaba el 83 % logrando llegar a una disponibilidad del 86 %.
- De acuerdo con Huaynalaya, G. (2021). En la planta siderúrgica se encontró que viene pasando la planta de Acero Arequipa en los últimos años, que dichos productos son de mala calidad, esto se debe a las excesivas paradas de producción en la zona de acabados, con las propuestas de mejora planteadas en el proyecto, busca reducir en 40%. Asimismo, sucede en la planta siderúrgica SiderPeru – Chimbote, con elevadas horas de paradas repentinas, lo que afectando en la producción.

Tabla 26

Análisis de los Indicadores de mantenimiento - KPIs

INDICADORES DE MANTENIMIENTO – KPIs						
Confiabilidad						
EQUIPOS	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Disponibilidad (%)	Confiabilidad (%)	Probabilidad de falla F(t) (%)	Criticidad
Canal	9.12	0.75	92.43% < 97%	0% < 98%	66%	3.30
Flecha	1.27	0.01	99.31% > 97%	2% < 98%	63%	3.15
Largueros	0.5	0.01	98.50% > 97%	0% < 98%	67%	3.35
Palpador	5.17	0.01	99.85% > 97%	81% < 98%	57%	2.85
Solera	167.82	0.18	99.89% > 97%	99.58% > 98%	65%	3.25

- Mediante el análisis de indicadores de desempeño (KPIs), del horno de recalentamiento tocho, se evaluó el consumo energético de combustible encontrando exceso de consumo en los meses setiembre, noviembre y diciembre. De acuerdo al promedio 31.14 GNm³/Ton de acero. Afectando considerablemente la producción en la planta.

Figura 36. Indicador de desempeño (IDE (Combustible GN))

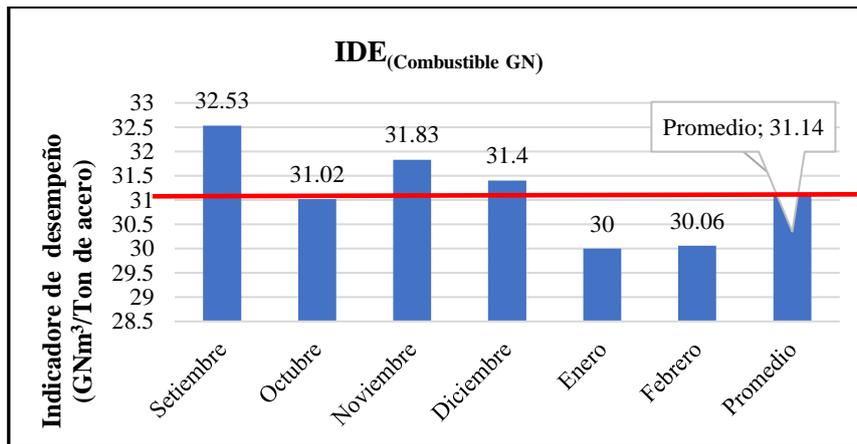


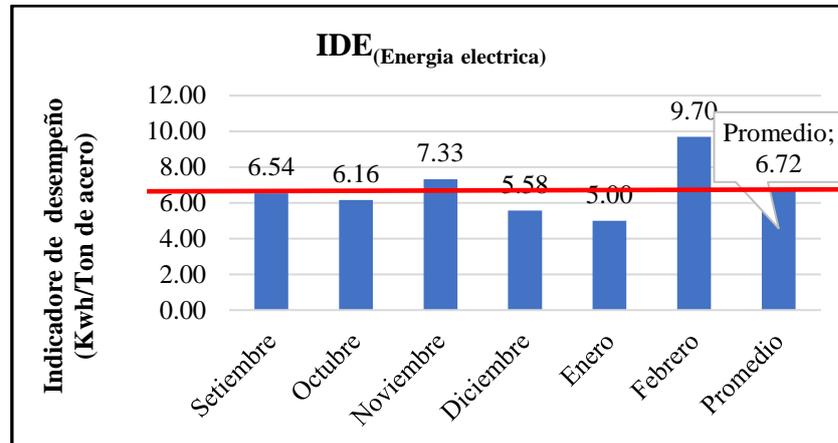
Tabla 27

Análisis de la Indicadores de desempeño técnico -IDE

INDICADORES DE DESEMPEÑO TECNICO – IDE				
Año 2022 –2023 Mes	IDE(Combustible)	IDE(Eléctrico)	Análisis de IDE	
	(GNm ³ /Ton de acero)	(Kwh/Ton de acero)	Exceso de combustible GNm ³ /mes	Exceso de eléctrico (Kwh/mes)
Setiembre	32.53	6.54	32288.83	
Octubre	31.02	6.16		
Noviembre	31.83	7.33	13717.29	12129.448
Diciembre	31.4	5.58	7066.69	
Enero	30	5.00		
Febrero	30.06	9.70		41261.6
Promedio	31.14	6.72		
SEMESTRAL			53072.81	53391.047

- El siguiente análisis de indicadores de desempeño (IDE), en los equipos se evaluó el consumo de energía eléctrica encontrando en los meses noviembre y febrero elevado consumo de energía eléctrica al promedio 6.72 Kwh/Ton de acero.

Figura 37. Indicador de desempeño (IDE (Energía eléctrica))



- Se realizó el análisis de la línea base energética en el horno de recalentamiento TOCHO para contrastar los excesos encontrados, lo que permitirá con la ecuación mostrada reemplazar los datos de producción en la variable x dando como resultado la variable y, dicho resultado no deberá pasar la línea base energética ya que habría exceso de consumo combustible GN.

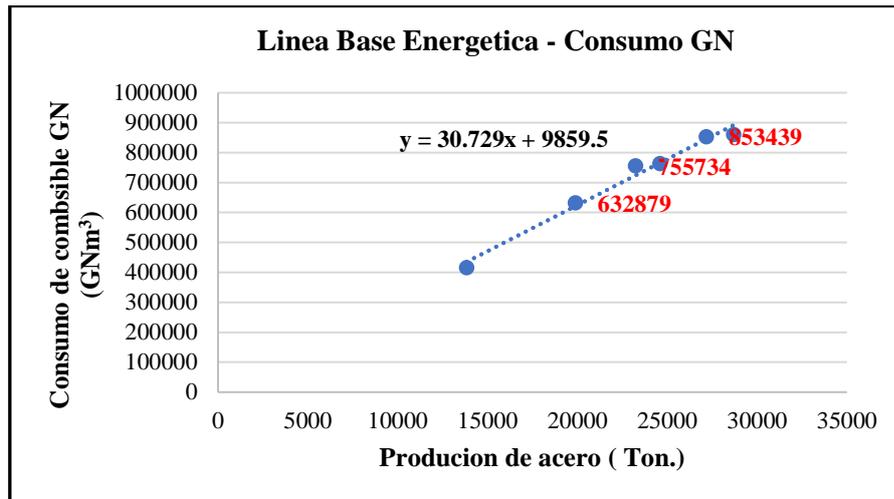
Tabla 28

Análisis de Línea base energética

Año 2022 –2023 Mes	Producción de acero	Consumo combustible	Consumo energía eléctrica	Línea Base Energética	
	(Ton de acero/mes)	(GNm ³ /mes)	(Kwh/mes)	Consumo GN.m ³ /mes	Exceso de GN.m ³ /mes
Setiembre	23229.37	755734	151823.80	723674.8	32059.16
Octubre	24599.30	763068	151480.36	765771.3	
Noviembre	19880.13	632879	145660.96	620756.1	12122.89

Diciembre	27179.57	853439	151548.20	845060.6	8378.43
Enero	28690.30	860709	143579.12	891483.6	
Febrero	13831.47	415811	134528.84	434886.7	
SEMESTRAL					52560.48

Figura 38. Línea Base Energética



V. CONCLUSION Y RECOMENDACIÓN

5.1. CONCLUSION

- Se realizó el inventario de los equipos del horno recalentador tocho y laminación 1 para el estudio, de esta forma se logró identificar las causas de fallas que presenta los equipos y cuáles de ellos presentan de menor a mayor hora de paradas y reparación de esta manera se realizó el análisis de fallas para optimizar el proceso del horno recalentador y laminación 1.
- Se realizó el estudio de indicadores de mantenimiento KPIs, resultando un MTBF (Tiempo medio de fallos) promedio 36.78 horas, MTTR (Tiempo medio para reparación) promedio 0.192 horas y una probabilidad de falla $F(t)$ 64%, esto se resulta de la cantidad de paradas y horas que se encuentra inoperativo la planta siderúrgica.
- Se evaluó los indicadores de desempeño energético (IDE), mostrando exceso de consumo energético en los meses, esto se evaluó con los $IDE_{(combustible)}$ promedio 31.14 GN m³/Ton. presentan exceso en los meses de setiembre 32.53 GN m³/ Ton. de acero, noviembre 31.83 GN m³/ Ton. de acero y diciembre 31.40 GN m³/ Ton. Asimismo en los $IDE_{(eléctrico)}$ promedio 6.72 Kwh/ Ton. de acero en los meses noviembre 7.33 Kwh/ Ton. de acero y febrero 9.70 Kwh/ Ton.
- Se encontró que unos de los equipos (canal de entrada al horno), presenta una disponibilidad de 92.43% menor a la disponibilidad del 97% de lo estándar, lo cual se puede concluir que el equipo debería ser reemplazado, posiblemente sea por desgaste del equipo.
- Se analizó la confiabilidad de los equipos, obteniendo una confiabilidad promedio de 36.52% menor al estándar que de 98%, esto permite concluir que existe baja probabilidad que los equipos deje de operar durante horas

5.2. RECOMENDACION

- Se recomienda realizar un mejoramiento en el plan de mantenimiento preventivo de la planta siderúrgica SiderPeru SAA. Como se muestra a continuación:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tabla 29

Plan de mantenimiento preventivo

EQUIPOS	MTBF	Actividad 1	Actividad 2
	(Horas)		
Canal	9.12	Realizar el mantenimiento antes de llegar a 9.12 horas/operación para evitar la inoperatividad del equipo	Se recomienda cambiar la pieza dañada para evitar horas de inoperatividad
Flecha	1.27	Realizar un cambio de la pieza del equipo antes de 1.27 horas/operatividad	Cambiar la parte dañada para evitar horas de paradas innecesarias
Largueros	0.5	Intervenir antes de las 0.5 horas/ operación	Reparar el equipo dañado antes de lo planificado
Palpador	5.17	Actuar antes de 5.17 horas/operatividad para poder mantenerlo operativo	Realizar el mantenimiento al equipo dañado
Solera	167.82	Intervenir antes de las 167.82 horas/ operación	-

- La confiabilidad hallada es de 36.52% demostrando que el plan de mantenimiento de la planta siderúrgica se encuentra desfasado por lo que se recomienda actualizar dicho plan de acuerdo al análisis que se realizó y de esta manera garantizar su operatividad del proceso.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA Y VIRTUALES

Álvarez, A. (2013). *Análisis de falla de una maquina extrusora de electrodos*. Universidad de Piura.

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1740/ING_528.pdf?sequence=1

Benites, M & Peralta, D. (2019). *Análisis de Modo y Efecto de fallas: línea mercantil 2 para incrementar la productividad. Empresa SIDERPERU S.A.A. Chimbote, 2019*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39805>

Castillo, E. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en la empresa Fabrication Techonology Company S.A.C. Para la mejora de la productividad*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/915>

Euroinnova Formacion. (2022). *Que es una auditoria energética*. Euroinnova International online education.

<https://www.euroinnova.pe/blog/que-es-una-auditoria-energetica>

Gandul, J. (2019). *Análisis de la combustión y mantenimiento de un horno de recalentamiento siderúrgico*. Universidad de Sevilla

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/99623/TFG%202228%20Gandul%20Fern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gonzales, W. (2018). *Análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la empresa concretos supermix s.a. mediante un programa de mantenimiento productivo*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64432/Encarnaci%F3n_CJC-Salas_GAL-SD.pdf?sequence=4

Guevara, R (2019). Diagnósticos energéticos y manejo de la carga. Universidad Nacional del Santa.

<https://es.scribd.com/document/444924463/manual-AUDITORIAS-ENERGETICAS>

Holguín, J. (2018). *Propuesta de un modelo de gestión de inventarios de materiales para la empresa siderúrgica del Perú S.A.A. – SIDERPERU*. Universidad Nacional de Piura.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1153>

Hornos de recalentamiento. (s.f.). Ingeteam Power Technology S.A.

https://www.ingeteam.com/es-es/sistemasindustriales/siderurgia/pc38_58_496_495/hornos-de-recalentamiento.asp

Hornos eléctricos de las acerías. (2018). Sistema español de inventario de emisiones metodologías de estimación de emisiones.

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040207-hornos-electr-acerias_tcm30-502317.pdf

Huaynalaya, G. (2021). *Propuesta de mejora para la reducción de las paradas de producción en la zona de acabados de la planta Acero Arequipa aplicando herramientas Lean Manufacturing*. Universidad Peruana de ciencias aplicadas.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655757>

Janampa, R. (2019). *Mejora de la confiabilidad de la excavadora 320D, empleando el análisis de fallas funcionales en la compañía minera Raura* Universidad nacional del centro del Perú.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5768>

León, M. y Murcia, M. (2017). *Diseño del programa de mantenimiento preventivo para las cajas laminadoras del tren 3 de laminación en la empresa Gerdau Diaco – Planta Tuta*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2226/1/TGT-759.pdf>

Miteco. (2019). *Hornos eléctricos de acería - Sistema Español de inventario de emisiones metodologías de estimación de emisiones*. Ministerio para transición ecológica y el reto demográfico.

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040207-hornos-electr-acerias_tcm30-502317.pdf

Morales, F & Gonzales, G. (2018). *Aplicación de estrategia de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del manipulador de materiales, empresa SiderPeru S.A.A. Chimbote*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27585>

Muñoz, M. (2020). *Propuesta de aplicación de indicadores de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipo de una empresa constructora*. Universidad privada del norte

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26199>

Muso, C. & Otavalo, A. (2018). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el tren de laminación de productos pequeños (LPP) de la empresa NOVACERO SA Planta Lasso*. Universidad Técnica de Cotopaxi.

<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5561>

Predictiva. (2021). *Estrategias metacognitivas para el análisis de falla en la unidad curricular optimización del mantenimiento del proyecto ingeniería de mantenimiento mecánico de la UNERMB*.

<https://predictiva21.com/analisis-falla-optimizacion-mantenimiento/>

Ovacen. (2022). *Auditoria energéticas. Definición, ámbito de actuación y normativa*. OVACEN.

<https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/>

Quintana, S. (2016). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo de equipo pesado mediante el análisis de fallas, para incrementar la disponibilidad en el proyecto shahuindo de stracon gym*. Universidad nacional del centro del Perú.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1577>

Quispe, A. y Sánchez, P. (2019). *Aplicación de la programación lineal para maximizar la eficiencia en hornos de recalentamiento, empresa siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote*. Universidad Cesar Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34868/Quispe_SAA%20-%20Sanchez_SPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Radas, A. y Urcia, E. (2022). *Efecto de un sistema de precalentamiento de carga en los indicadores energéticos del horno de palanquillas de la empresa SiderPeru*. Universidad Nacional del Santa.

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3850/52377.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reliabilityweb.com. (2021). *Cálculo de los parámetros de la distribución de Weibull. Confiabilidadweb*.

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull>

Reliabilityweb.com. (2021). *Análisis ISO 14224/OREDA*.

<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/analisis-iso-14224-oreda>

Ulloa, L. & Mariano F. (2018). *Mejora de métodos para incrementar la productividad en el área de laminación planos y derivados, empresa SIDERPERU-GERDAU*. Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27591>

Vidal, F. (2023). *Mantenimiento preventivo. Que es, tipo y cómo hacerlo eficazmente*. Stel order.

<https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>

Villarroel (2014). *Clasifican los tipos las fallas en mantenimiento*. Valbor Soluciones.

<https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/como-se-clasifican-las-fallas/>

Codepixer. (s.f.). *Análisis de fallas*. Instituto Argentino de siderúrgica.

<https://www.siderurgia.org.ar/lab-fallas.php>

8 indicadores de mantenimiento para la gestión de activos – TRACTIAN. (s.f.). Dakota del norte.

<https://tractian.com/es/blog/8-indicadores-indispensables-para-la-gestion-del-mantenimiento>

VI. Anexos

Anexo N° 1: Delimitación del horno recalentador y laminador 1.

Anexo N° 2: Reporte de fallas de setiembre 2022 a febrero 2023

Anexo N° 3: Reporte de consumo de combustible GN del horno TOCHO

Anexo N° 4: Cuadro de carga de los equipos del horno TOCHOS

Anexo N° 5: Fotografías del horno recalentador TOCHO y laminador 1.

Anexo N° 2: Reporte de fallas de setiembre 2022 a febrero 2023

ID	Inicio	Terminó	Disciplina	Sub Tipo Periodo	Línea	Zona	Equipo	Sub Equipo	Componente Componente	Falla	BP	Procedimiento	Lote	¿Del Pro?¿	¿Señales que indican para reparar? Pregunta Respon	Fecha	Material	¿Del Pro?¿	Material	Procedimiento	Material	Procedimiento
1	218333	30/09/2022 21:54:40	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544100	0209544100	0	0209544100	30/09/2022 09:01:33	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	137	QUEBRERA RITMO			
2	218333	30/09/2022 21:54:40	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544100	0209544100	0	0209544100	30/09/2022 21:54:40	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	167	PROGRAMADA			
3	218341	30/09/2022 23:06:40	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 23:06:48	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	6,63	PROGRAMADA			
4	218334	30/09/2022 22:42:42	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 450	CAJA 1				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 22:42:28	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	2,27	PROGRAMADA			
5	218334	30/09/2022 22:45:43	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 450	CAJA 2				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 22:45:03	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	5,17	PROGRAMADA			
6	218338	30/09/2022 22:07:41	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 22:07:40	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	4,32	PROGRAMADA			
7	218336	30/09/2022 22:36:42	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 22:36:34	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	2,20	PROGRAMADA			
8	218341	30/09/2022 21:55:55	OPERACIONAL INTERRUPTOR	OPERACIONAL INTERRUPTOR	LMI	TREN 450	CAJA 2	PASE 2	CUMPRO LAMINADO AJUSTE DE LI		0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 22:03:18	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	1,37	INTERUPCION			
9	218333	30/09/2022 21:55:55	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN DANIEL 3					0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 21:54:50	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	3,38	PROGRAMADA			
10	218330	30/09/2022 21:46:42	OPERACIONAL INTERRUPTOR	OPERACIONAL INTERRUPTOR	LMI	TREN 300	CAJA 8	PASE 1	CUMPRO LAMINADO AJUSTE DE LI		0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 21:45:51	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	3,65	INTERUPCION			
11	218338	30/09/2022 21:53:48	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209544030	0209544030	0	0209544030	30/09/2022 21:53:04	10000281-BARRA CONCTR SP 34"	3,27	PROGRAMADA			
12	218335	30/09/2022 21:21:33	OPERACIONAL INTERRUPTOR	OPERACIONAL INTERRUPTOR	LMI	TREN 450	CAJA 2	PASE 2	CUMPRO LAMINADO AJUSTE DE LI		0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:34:41	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	7,10	INTERUPCION			
13	218330	30/09/2022 21:24:46	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	OPERACIONAL CALIBRACION Y MUESTREO	LMI	TREN 300	CAJA 8				0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:24:31	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	3,75	PROGRAMADA			
14	218330	30/09/2022 21:05:32	TALLER DE CUI INTERRUPTOR	TALLER DE CUI INTERRUPTOR	LMI	TREN 450	CAJA 1	PASE 3	CUMPRO LAMINADO CANAL USO		0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:24:40	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	12,13	INTERUPCION			
15	218273	30/09/2022 20:06:04	OPERACIONAL CAMBIO DE FASE	OPERACIONAL CAMBIO DE FASE	LMI	TREN 300	DANIEL 3	PASE 1	CUMPRO LAMINADO CANAL USO		0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:06:25	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	184,35	PROGRAMADA			
16	218273	30/09/2022 21:33:07	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:33:20	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,22	QUEBRERA RITMO			
17	218271	30/09/2022 21:35:54	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:37:16	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,37	QUEBRERA RITMO			
18	218285	30/09/2022 21:25:28	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 21:25:35	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,12	QUEBRERA RITMO			
19	218242	30/09/2022 16:20:33	OPERACIONAL INTERRUPTOR	OPERACIONAL INTERRUPTOR	LMI	TREN 450	SISTEMA GCALAE 24	SISTEMA GCALAE 24			0	0209533700	0209533700	0	0209533700	30/09/2022 16:30:33	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	3,30	INTERUPCION			
20	218231	30/09/2022 16:19:22	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533700	0209533700	0	0209533700	30/09/2022 16:19:27	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,08	QUEBRERA RITMO			
21	218187	30/09/2022 14:45:43	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 14:50:21	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,38	QUEBRERA RITMO			
22	218183	30/09/2022 14:19:05	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533400	0209533400	0	0209533400	30/09/2022 14:19:51	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,77	QUEBRERA RITMO			
23	218187	30/09/2022 13:06:33	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 13:06:15	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,67	QUEBRERA RITMO			
24	218186	30/09/2022 12:06:06	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533300	0209533300	0	0209533300	30/09/2022 12:06:19	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,22	QUEBRERA RITMO			
25	218182	30/09/2022 11:53:41	INTERUPCION	INTERUPCION	LMI	TREN 450	MEJA BASCULANTE	BASTOR	ESTRUCTURA	FATIGA EN SI	0	0209533700	0209533700	0	0209533700	30/09/2022 12:10:10	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	7,40	INTERUPCION			
26	218182	30/09/2022 11:31:12	QUEBRERA RITMO	QUEBRERA RITMO	LMI	HORN 700	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF			0	0209533000	0209533000	0	0209533000	30/09/2022 11:31:50	10000271-BARRA CONCTR SP 30"	0,65	QUEBRERA RITMO			

Figura A1: Reporte de fallas de los equipos de la planta de largos – Setiembre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte de falla de setiembre 2022

Nombre de la falla	Nº de fallas	Horas de fallas
Bobina bajo aislamiento	1	00:03:17
Bobina en mal estado	1	00:30:32
Desalineamiento de Largueros	57	00:35:14
Desgaste de Solera	2	00:41:38
Desprendimiento de refractario de bóveda	1	00:08:06
Falla en cilindro hidráulico	1	08:00:00
Falla en Palpador	139	01:06:22
Falla sensor inductivo kick off	1	00:10:55
Falsa señal/ tiempo de vida útil	2	00:04:28
Falta de limpieza	1	00:02:46
Material con flecha fuera de estándar	154	01:27:48
Puerta deteriorada	1	00:34:15
Transferencia fuera de posición	1	00:06:55

Tabla A1: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos – Setiembre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

ID	Inicio	Final	Total	Disciplina	Sub Tipo Parada	Linea	Zona	Equipo	Sub Equipo	Componente	Falla	BP	Berra Scalficci	Lots	¿Quié Pasa?	¿dónde que hizo para reportar? Registro: Respuesta	Fin	Materia
2	202871	31/10/2022 22:32:40	00:03:42	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		HORNOS SISTEMA CALORPANTE	LARGUEOS LARGUEO LADO ENTRADA	DESALINIA			0	0	201093900	Se detiene el proceso	codear de la 12 de salida code y febrero	31/10/2022 22:43:22	1000276- BARRA CONCTR SP
3	202884	31/10/2022 22:22:35	00:02:29	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		HORNOS SISTEMA CALORPANTE	LARGUEOS LARGUEO LADO ENTRADA	DESALINIA			0	0	201093900	mecanico	mecanico y febrero	31/10/2022 22:25:24	1000276- BARRA CONCTR SP
4	202896	31/10/2022 22:14:50	00:01:42	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 6					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 22:16:32	1000276- BARRA CONCTR SP
5	202846	31/10/2022 21:29:09	00:28:48	OPERACIONAL	INTERRUPCION LUMI		CAJA 3		PASE1	GUIA DE ENTRADA CANAL 2	GUARDA NF	0	0	201093900	despues del cambio de canal 2	el cambio dos retirar evento	31/10/2022 21:56:56	1000276- BARRA CONCTR SP
6	202802	31/10/2022 18:41:11	02:44:46	OPERACIONAL	CAMBIO DE CA LUMI		DAMEL13		PASE1	CUMDRO LUMINADOR	CANAL DESO	0	0	201093900	MANUTENIMIENTO DE ROTINA	MANUTENIMIENTO	31/10/2022 21:25:59	1000276- BARRA CONCTR SP
7	202809	31/10/2022 18:24:28	00:02:15	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 1					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 18:26:43	1000276- BARRA CONCTR SP
8	202790	31/10/2022 17:25:39	00:55:39	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		MEZA DE EN ZAPATAS CANAL 2	ESQUADRA			ENCAJE DE F	0	0	201093900	berra impreso en el punto de la 12	se encuentra a se cordas con el agua	31/10/2022 18:22:17	1000276- BARRA CONCTR SP
9	202785	31/10/2022 17:10:36	00:02:36	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		MEZA DE EN ZAPATAS CANAL 2	ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		ESTRUCTUR	0	0	201093900	para de la berra no llega a ser	llega en la 2a se bloques esp jilcaza	31/10/2022 17:23:32	1000276- BARRA CONCTR SP
10	202775	31/10/2022 16:42:26	00:25:59	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		MEZA DE EN ZAPATAS CANAL 2	ESTRUCTURA			ROTURA DE	0	0	201093900	para de la berra no llega a ser	llega en la 2a se bloques esp jilcaza	31/10/2022 17:09:24	1000276- BARRA CONCTR SP
11	202764	31/10/2022 16:05:00	00:02:20	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300		PASE1	CUMDRO LUMINADOR	CANAL DESO	0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 16:07:20	1000276- BARRA CONCTR SP
12	202755	31/10/2022 15:45:53	00:02:39	OPERACIONAL	CAMBIO DE CA LUMI		TREN 300					0	0	201093900	cambio de canal	cambio de car cambio de car jilcaza	31/10/2022 16:02:51	1000276- BARRA CONCTR SP
13	202755	31/10/2022 15:41:20	00:03:05	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 15:44:25	1000276- BARRA CONCTR SP
14	202723	31/10/2022 14:14:47	02:25:55	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		TREN 300	FLUADOR AXIAL CUMDRO SUPERIOR				0	0	201093900	Se detiene el proceso por avers	Laminadores a se avers bor jilcaza	31/10/2022 15:31:42	1000276- BARRA CONCTR SP
15	202722	31/10/2022 14:08:23	00:06:14	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 14:08:37	1000276- BARRA CONCTR SP
16	202716	31/10/2022 13:41:56	00:25:40	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		TREN 300	REGULADOR AXIAL DER CUMINFER				0	0	201093900	cables doblados en ambos con reguladores	Cambio de gr jilcaza	31/10/2022 14:07:16	1000276- BARRA CONCTR SP
17	202712	31/10/2022 13:31:27	00:02:32	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 13:33:59	1000276- BARRA CONCTR SP
18	202705	31/10/2022 13:24:05	00:05:15	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 6					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 13:29:20	1000276- BARRA CONCTR SP
19	202705	31/10/2022 13:19:05	00:02:49	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 1					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 13:21:54	1000276- BARRA CONCTR SP
20	202666	31/10/2022 12:27:28	00:45:27	MECANICA	INTERRUPCION LUMI		MEZA DE EN ZAPATAS CANAL 2	JUEGO ZAPATAS			DESASTEE	0	0	201093900	Berra no con apiladas comp	Desgaste de la 12 de ser de car jilcaza	31/10/2022 13:16:55	1000276- BARRA CONCTR SP
21	202674	31/10/2022 11:53:53	00:01:50	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093700	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 11:57:43	1000276- BARRA CONCTR SP
22	202663	31/10/2022 11:43:25	00:07:59	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093700	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 11:51:23	1000276- BARRA CONCTR SP
23	202665	31/10/2022 11:54:44	00:00:10	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 3					0	0	201093600	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 11:55:54	1000276- BARRA CONCTR SP
24	202635	31/10/2022 10:21:45	00:00:10	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 10:26:55	1000276- BARRA CONCTR SP
25	202623	31/10/2022 09:46:24	00:38:09	TALLES DE CUMI	INTERRUPCION LUMI		TREN 300	PASE1	GUIA DE SALIDA CANAL 1	GUARDO DES		0	0	201093900	cables doblados de ambos con	fallo de repa 2a prepare gr jilcaza	31/10/2022 10:25:33	1000276- BARRA CONCTR SP
26	202618	31/10/2022 09:40:47	00:00:21	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		TREN 300					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 09:41:09	1000276- BARRA CONCTR SP
27	202615	31/10/2022 09:28:42	00:01:02	OPERACIONAL	CALIBRACION LUMI		CAJA 3					0	0	201093900	CALIBRACION Y MUESTREO	CALIBRACION CALIBRACION	31/10/2022 09:28:44	1000276- BARRA CONCTR SP
28	202605	31/10/2022 09:06:26	00:20:06	TALLES DE CUMI	INTERRUPCION LUMI		TREN 300	PASE1	GUIA DE SALIDA CANAL 2	GUARDO DES		0	0	201093900	cambio de espaldas de salida del	fallo de ser 2a cambio de gr jilcaza	31/10/2022 09:26:32	1000276- BARRA CONCTR SP

Figura A2: Reporte de fallas de los equipos de la planta de largos – octubre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte de falla de octubre 2022

Nombre de la falla	N° de fallas	Horas de fallas
Ajuste de luz del cilindro	7	02:39:20
Baja presión	1	01:21:27
Bajo aislamiento en bobinado	2	00:24:02
Bajo nivel de aceite	1	00:10:23
Bajo desgastada	2	00:28:07
Bobina en mal estado	1	00:12:00
Brazo deformado	1	02:50:55
Cables abiertos	1	01:08:22
Calibración fuera de estándar	1	00:34:41
Canal desgastado	61	21:25:04
Canal liso y sin agarre	6	03:37:27
Canaleta con material	1	01:23:51
Canaleta desalineada	3	03:31:36
Cilindro cruzado	2	00:33:32
Cilindro desalineado	1	00:13:49
Conexiones defectuosas	1	00:28:22
Desalineamiento de Largueros	24	01:04:06
Desgaste de alojamiento para eje	4	02:56:28
Desgaste de alojamiento para perno unión	1	00:26:13
Desgaste de Solera	3	00:17:25
Desgaste de chaveta	5	01:38:18
Desgaste en encaje de pines	2	01:06:05
Desgaste en zona superior	2	00:50:07
Desprendimiento de refractario de bóveda	2	00:19:58
Ducha mal montada	1	00:46:00
Eslabones con desgaste	3	02:54:08
Estructura desnivelada	8	03:31:23
Estructura deteriorada	7	01:07:27
Falla en cilindro hidráulico	2	00:28:22
Falla en Palpador	38	01:08:53
Falla por alineamiento	2	05:33:49
Falla sensor inductivo kick off	2	00:12:49
Falsa señal por mala conexión	3	00:24:40
Falso contacto en conexiones	2	00:41:31
Falta de limpieza	2	00:16:13
Falta refrigeración	6	00:01:51
Guía mal montada	2	01:49:25
Guiado desgastado	11	06:39:17
Guiado flojo	3	01:56:24

Tabla A2: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos – octubre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

ID	Inicio	Total	Disciplina	Sub Tipo Probd	Linea	Zona	Equipo	Sub Equipo	Componentes	Sub Componentes	Falla	BP	Barra Sacrifici	Lote	¿Qué pasó?	Responsable	Fecha	Materia
2144564	30/11/2022 23:07:23	00:01:23	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 5					0	0	201163400	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	JOSE RICAR	30/11/2022 23:14:53	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144533	30/11/2022 23:55:54	00:00:23	OPERACIONAL	INTERRUPCION	LMI	TREN 450	CAJA 2	FASE 1	CLINDRO LAMINADOR	LUZ ENTRE C		1	0	201163400	Barra se quedó a mitad de canal	JOSE NUMBI	30/11/2022 23:57:23	10300637-BAARRA CONTSR SP 3I
2144533	30/11/2022 23:57:23	00:00:16	ELECTRICA ELEC	INTERRUPCION	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	PUERTA DE SEGURIDAD	TRANSPARENC			0	0	2011637000	se para proceso para verificar si posible falla	DAVID ELIENE	30/11/2022 23:58:33	10300637-BAARRA CONTSR SP 3I
2144534	30/11/2022 20:23:00	00:01:53	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 5					0	0	201163301	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	HECTOR JUL	30/11/2022 20:24:53	10300637-BAARRA CONTSR SP 3I
2144533	30/11/2022 20:15:51	00:01:23	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN/DAME DANIEL3						0	0	201163301	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	HECTOR JUL	30/11/2022 20:16:40	10300637-BAARRA CONTSR SP 3I
2144532	30/11/2022 18:53:12	00:01:51	OPERACIONAL	MANUTENIMEN	LMI	TREN 450	CAJA 2	FASE 1	CLINDRO LAMINADOR	CANAL DEBX		0	0	201163300	zorra escoba del 2do pas con 4 escobas	JOSE NUMBI	30/11/2022 20:13:03	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144533	30/11/2022 18:40:12	01:15:00	OPERACIONAL	MANUTENIMEN	LMI	TREN 300	DANIEL3	FASE 1	CLINDRO LAMINADOR	CANAL DEBX		0	0	201163300	mantenimiento de retina	MIC VILMUE	30/11/2022 18:55:12	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144533	30/11/2022 17:33:12	00:01:00	MECANICA	INTERRUPCION	LMI	TREN 450	CAJA 1	GIRA OVALC RODILLO		PERNOS DE		0	0	201163300	Se extra training del tercer pase	CARLOS ALE	30/11/2022 18:40:12	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144529	30/11/2022 16:08:37	00:03:49	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN/DAME DANIEL3						0	0	201163400	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	HECTOR JUL	30/11/2022 16:12:26	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144535	30/11/2022 15:16:03	00:28:02	LIBRE	REUNIONES	LMI	ACHARADO C BALANZA 1		CESTA 1				0	0	201163300	zorra de foto laminador 1	HECTOR JUL	30/11/2022 15:44:05	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144532	30/11/2022 15:03:49	00:03:16	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 4					0	0	201163300	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	ROGER DAN	30/11/2022 15:07:05	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144735	30/11/2022 14:28:03	00:00:33	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF		FALLA ENVA		0	0	201163300	KICK OFF NO DETECTA PEZA		30/11/2022 14:28:36	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144734	30/11/2022 14:07:33	00:05:14	ELECTRICA ELEC	INTERRUPCION	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF	KICK OFF 2.2	FALLA SENS		0	0	201163300	se siempre descomponiendo	JUAN VICTO	30/11/2022 14:24:47	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144733	30/11/2022 14:04:19	00:00:23	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF		MATERIAL C		0	0	201163300	KICK OFF NO DETECTA PEZA		30/11/2022 14:04:42	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144733	30/11/2022 13:53:05	00:00:34	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF		FALLA ENVA		0	0	201163300	KICK OFF NO DETECTA PEZA		30/11/2022 13:53:33	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144751	30/11/2022 12:22:06	00:03:23	ELECTRICA ELEC	INTERRUPCION	LMI	HORNOTOC	SISTEMA ENHORNAMIENTO	PUERTA DE SISTEMA EL SENSOR INDUC FALSA SENA		FALSA SENA		0	0	201163500	se siempre proceso	DAVID ELIENE	30/11/2022 12:25:29	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144749	30/11/2022 12:16:28	00:03:26	ELECTRICA ELEC	INTERRUPCION	LMI	HORNOTOC	SISTEMA ENHORNAMIENTO	PUERTA DE SISTEMA EL SENSOR INDUC FALSA SENA		FALSA SENA		0	0	201163500	se siempre calcomaniento	DAVID ELIENE	30/11/2022 12:19:54	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144745	30/11/2022 12:12:07	00:00:33	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF		MATERIAL C		0	0	201163500	KICK OFF NO DETECTA PEZA		30/11/2022 12:12:40	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144734	30/11/2022 10:58:30	00:00:46	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 3					0	0	201163300	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	JUANI CARL	30/11/2022 10:59:16	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144735	30/11/2022 04:42:02	00:00:22	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN/DAME DANIEL3						0	0	201163300	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	JUANI CARL	30/11/2022 04:42:24	10300636-BC SP EX 34"Y38M AS
2144813	30/11/2022 00:10:10	00:38:40	TALLER DE CLIM	INTERRUPCION	LMI	TREN 300	DANIEL3	FASE 1	GUIA DE ENTRADA CANAL 1	GUADO FUE		0	0	201163300	Barra se quedó en la entrada de	ALFREDO K	30/11/2022 10:33:50	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144700	30/11/2022 03:44:10	00:01:00	MECANICA	PROBES Y TME	LMI							0	0	201163200	se escoba producto terminado	JUANI CARL	30/11/2022 10:01:10	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144634	30/11/2022 03:34:22	00:00:43	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 450	CAJA 2					0	0	201163300	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	JUANI CARL	30/11/2022 03:35:05	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144634	30/11/2022 03:02:24	00:01:24	MECANICA	INTERRUPCION	LMI	ACHARADO C CABERA DE EVACUACION	CABERA	GRUPO DE C CABERA 1		ROTURA DE		0	0	201163300	Caldera del lagarrot M1 y 2 TR	CESSAR ABE	30/11/2022 03:15:59	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144673	30/11/2022 03:33:05	00:00:51	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 3					0	0	201163300	CALEBRACIÓN Y MUESTREO	JUANI CARL	30/11/2022 03:33:56	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144643	30/11/2022 01:14:42	00:53:04	OPERACIONAL	INTERRUPCION	LMI	TREN 300	DANIEL3	FASE 1	CLINDRO LAMINADOR	AJUSTE DEL		0	0	201163200	Barra se quedó en la salida cpi	JUANI CARL	30/11/2022 01:10:46	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS
2144647	30/11/2022 01:05:33	00:00:16	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESHORNAMIENTO	KICK OFF		MATERIAL C		0	0	201163200	KICK OFF NO DETECTA PEZA		30/11/2022 01:05:49	10300637-BC SP EX 34"Y38M AS

Figura A3: Reporte de fallas de los equipos de la planta de largos – noviembre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte fallas de noviembre 2022

Nombre de la falla	Nº de fallas	Horas de fallas
Ajuste de luz del cilindro	8	05:44:02
Brazo girado	4	04:55:28
Cadena de sujeción rota	2	00:27:21
Canal desgastado	51	07:22:36
Desalineamiento de Largueros	16	00:42:10
Desgaste	3	00:21:38
Desgaste de chaveta	2	01:28:28
Desgaste en encaje de pines	2	01:09:27
Falla en Palpador	15	00:08:16
Falla realineamiento de velocidad (Fallo taco)	4	00:26:05
Falsa señal por mala conexión	2	00:06:49
Falta de alimentación de aire	2	00:05:57
Giro y deformación	2	03:20:26
Guiado desgastado	18	07:04:15
Guarda desgastada	2	00:14:22
Guiado flojo	5	01:27:25
Guiado fuera de estándar	2	01:46:44
Guiado mal alineado	8	05:45:19
Luz entre cilindro fuera de estándar	3	02:16:19
Material con flecha fuera de estándar	105	00:42:10
Muesca fuera de estándar	2	01:11:57
Pernos de fijación para tapas flojos	5	02:16:55
Pernos flojos	3	00:36:15
Posicionamiento incorrecto de los brazos de la cizalla	2	00:36:28
Presencia de jibá	6	00:12:52
Regulación fuera de estándar	2	00:40:35
Regulador fuera de estándar	4	00:49:23
Rodillos trabados	2	00:44:55
Rotura de pasadores	2	01:20:18
Rotura de pernos de unión	4	01:28:13
Sobre corriente	3	02:25:21
Tina llena	11	01:59:41
Zapata rota	2	00:39:19
Otras (no registrada)	51	34:56:30

Tabla A3: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos – noviembre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte de falla de diciembre 2022

Nombre de la falla	Nº de fallas	Horas de fallas
Ajuste de luz del cilindro	8	03:10:54
Bajo aislamiento en bobinado	2	00:31:22
Bajo caudal de aceite	1	01:22:38
Cables abiertos	1	00:25:00
Calibración fuera de estándar	1	00:34:41
Canal desgastado	60	45:39:31
Canal liso y sin agarre	7	03:18:24
Canaleta mal alineada	1	01:52:49
Canaleta desalineada	2	01:52:59
Cilindro cruzado	5	00:53:30
Cilindro agrietado	1	00:20:10
Conexión desgastada	2	01:02:51
Desalineamiento de Largueros	167	01:19:57
Desgaste de alojamiento para eje	1	01:16:52
Desgaste de Solera	3	00:18:58
Desgaste de chaveta	3	01:08:50
Desgaste en encaje de pines	1	00:10:58
Desgaste en zona superior	1	00:09:19
Desprendimiento de refractario de bóveda	1	00:05:54
Ducha mal montada	1	00:07:01
Eslabones con desgaste	1	00:28:45
Estructura desnivelada	6	02:07:09
Estructura deteriorada	3	02:19:57
Falla en Palpador	68	00:43:04
Falla sensor inductivo kick off	2	00:07:58
Falsa señal por mala conexión	1	00:25:05
Falso contacto en conexiones	2	00:56:54
Falta de limpieza	1	00:01:49
Falta refrigeración	3	01:46:50
Guiado desgastado	6	03:06:54
Guiado flojo	8	03:35:48
Guiado fuera de estándar	1	01:07:13
Guiado mal alineado	5	00:03:01
Mal operación	1	00:13:46
Material con flecha fuera de estándar	582	05:08:02
Presencia de jibá	89	01:18:34
Perno flojo	3	01:06:00
Regulación fuera de estándar	1	00:23:35

Tabla A4: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos – diciembre 2022

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte de fallas de enero 2023

Nombre de la falla	N° de fallas	Horas de fallas
Ajuste de luz del cilindro	2	00:20:59
Brazo girado	1	01:09:24
Canal desgastado	73	54:31:51
Desalineamiento de Largueros	990	11:19:06
Desgaste solera	1	00:08:19
Falla en Palpador	45	00:25:27
Falla realineamiento de velocidad (Fallo taco)	2	00:41:19
Falsa señal por mala conexión	2	00:09:22
Guiado desgastado	1	00:09:22
Guarda desgastada	3	01:30:42
Guiado flojo	8	03:30:56
Guiado fuera de estándar	1	01:13:18
Luz entre cilindro fuera de estándar	1	01:29:16
Material con flecha fuera de estándar	46	00:19:50
Pernos flojos	2	01:50:00
Posicionamiento incorrecto de los brazos de la cizalla	3	00:43:58
Presencia de jibá	30	00:02:49
Rotura de pasadores	1	00:04:27
Sobre corriente	1	00:06:47
Tina llena	2	00:15:52
Otras (no registrada)	83	34:55:59

Tabla A5: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos – enero 2023

Fuente: Oficina de Planta de largos

ID	Inicio	Total	Disciplinas	Sub-Tipo Parada	Línea	Zona	Equipo	Sub Equipo	Componente Sub Componente	Falla	BP	Sum. Sacrifici	Lote	¿Solo Pico?	¿aldea que hizo para reportar caso? Rogar alabro Response	Fin	Materia
218226	28/02/2023 23:59:20	00:03:11	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 300	CAJA 5				0	0	20144500	CALEBRACION Y MUESTREO	CALEBRACION CALIBRACION	28/02/2023 00:02:31	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218227	28/02/2023 23:45:02	00:00:58	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:46:00	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218228	28/02/2023 23:39:20	00:00:30	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:39:50	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218229	28/02/2023 23:33:24	00:00:41	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:34:05	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218230	28/02/2023 23:31:44	00:00:10	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:31:54	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218231	28/02/2023 23:26:35	00:00:04	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:26:53	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218232	28/02/2023 23:19:22	00:00:05	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:19:27	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218233	28/02/2023 23:10:11	00:00:01	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:10:12	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218234	28/02/2023 23:06:17	00:00:05	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO	KICK OFF		DESALINEAR	0	0	20144500	KICK OFF NO DETECTA PEZA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 23:06:22	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218235	28/02/2023 22:48:32	00:00:05	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 22:48:37	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218236	28/02/2023 22:41:25	00:00:32	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 22:41:51	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218237	28/02/2023 22:40:00	00:00:21	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 22:40:21	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218238	28/02/2023 22:18:30	00:00:18	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 22:18:48	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218239	28/02/2023 22:04:32	00:07:38	TALLER DE CULMI	INTERUPCION	LMI	TREN DAME DANIEL 3	SISTEMA RETUBER Y ACCES PARA AGUA REFRI				0	0	20144600	28/02/2023 22:04:32	ANUEL MEL	28/02/2023 22:12:10	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218240	28/02/2023 21:53:16	00:00:10	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:53:26	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218241	28/02/2023 21:56:00	00:00:07	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:57:07	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218242	28/02/2023 21:41:29	00:00:27	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:41:55	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218243	28/02/2023 21:45:31	00:07:31	MECANICA	INTERUPCION	LMI	HORNOTOC	SISTEMA ENORNORNAMIENTO	MESA DE VIGAS FIJAS			0	0	20144600	28/02/2023 21:45:31	JUAN JOSE	28/02/2023 21:53:22	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218244	28/02/2023 21:43:45	00:00:06	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:43:51	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218245	28/02/2023 21:42:37	00:00:02	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:42:39	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218246	28/02/2023 21:33:31	00:00:03	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 21:33:34	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218247	28/02/2023 21:26:11	00:03:10	OPERACIONAL	CALEBRACION	LMI	TREN 450	CAJA 1				0	0	20144600	CALEBRACION Y MUESTREO	CALEBRACION CALIBRACION	28/02/2023 21:26:51	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218415	28/02/2023 20:30:04	00:04:53	OPERACIONAL	CAMBIO DE CA	LMI	TREN 450	CAJA 1	CILINDRO LAMIN INTERMEDIO			0	0	20144600	retiro	retiro	28/02/2023 21:03:57	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218248	28/02/2023 19:00:04	01:30:00	OPERACIONAL	REFRICCION	LMI	TREN 450	CAJA 2	PASE 1	CILINDRO LAMINADOR	CAJA DEX	0	0	20144600	restriccion de energia se realiza	restriccion de restriccion de	28/02/2023 20:30:04	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218249	28/02/2023 18:48:04	00:12:00	ELECTRICA ELEC	INTERUPCION	LMI	TREN 300	ACCIONAMIENTO MOTOR C	MOTOR A1 - ESTATOR		RECALENTA	0	0	20144600	barras se quedo en zona de tras	posible variacion de	28/02/2023 19:00:04	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218247	28/02/2023 18:33:31	00:00:02	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144600	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 18:33:33	10000276-BARRA CONSTR SP VE
218248	28/02/2023 18:33:38	00:00:02	QUEBERRA RITMO	QUEBERRA RITM	LMI	HORNOTOC	SISTEMA DESORNORNAMIENTO			DESALINEAR	0	0	20144400	CARGA LA DEADA	LARGUERO OPERACION	28/02/2023 18:34:00	10000276-BARRA CONSTR SP VE

Figura A6: Reporte de fallas de los equipos de la planta de largos –febrero 2023

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de reporte de fallas de febrero 2023

Nombre de la falla	N° de fallas	Horas de fallas
Ajuste de luz del cilindro	12	07:34:51
Brazo girado	1	00:33:00
Cadena de sujeción rota	1	00:15:33
Canal desgastado	41	01:25:30
Desalineamiento de Largueros	1330	10:04:33
Desgaste solera	4	00:00:42
Desgaste	1	00:29:28
Desgaste en encaje de rodamiento	2	00:57:03
Falla en Palpador	45	00:34:49
Falla realineamiento de velocidad (Fallo taco)	1	00:02:37
Falsa señal	17	03:54:22
Guiado desgastado	5	02:14:42
Guiado flojo	9	03:59:17
Guiado mal alineado	1	00:19:31
Mal direccionada	4	00:04:21
Material con flecha fuera de estándar	57	00:37:57
Muesca fuera de estándar	2	06:37:47
Pernos de fijación sueltos	2	00:58:57
Presencia de jibá	9	00:03:19
Regulación fuera de estándar	1	00.10:51
Regulador fuera de estándar	11	01.45:57
Rodillos desalineados	4	00:09:37
Rotura de pasadores	2	01:00:42
Rotura de pernos de unión	2	00:40:24
Sobre corriente	3	00:21:38
Tina llena	8	01.20:14
Zapata con desgaste en la zona superior	2	01:03:31
Otras (no registrada)	41	24:15:44

Tabla A6: Resumen de fallas de los equipos de la planta de largos –febrero 2023

Fuente: Oficina de Planta de largos

Resumen de consumo de combustible GN. y producción de acero

Meses	Producción de acero			Consumo de combustible
	Prom. de Producción (Ton. de acero/mes)	Max. Lote Diario (Und.)	Min Lote Diario (Und.)	Prom. de Producción (GN.Nm ³)
2022 - 2023				
Setiembre	23229.37	132	4	755734
Octubre	24599.30	328	4	763068
Noviembre	19880.13	328	4	632879
Diciembre	27179.57	330	4	853439
Enero	28690.30	330	4	860709
Febrero	138761.47	358	8	415811

Tabla A1: Resumen de consumo de combustible GN. y producción de acero

Fuente: Oficina de Planta de largos

Anexo N° 4: Cuadro de carga de los equipos del horno TOCHOS

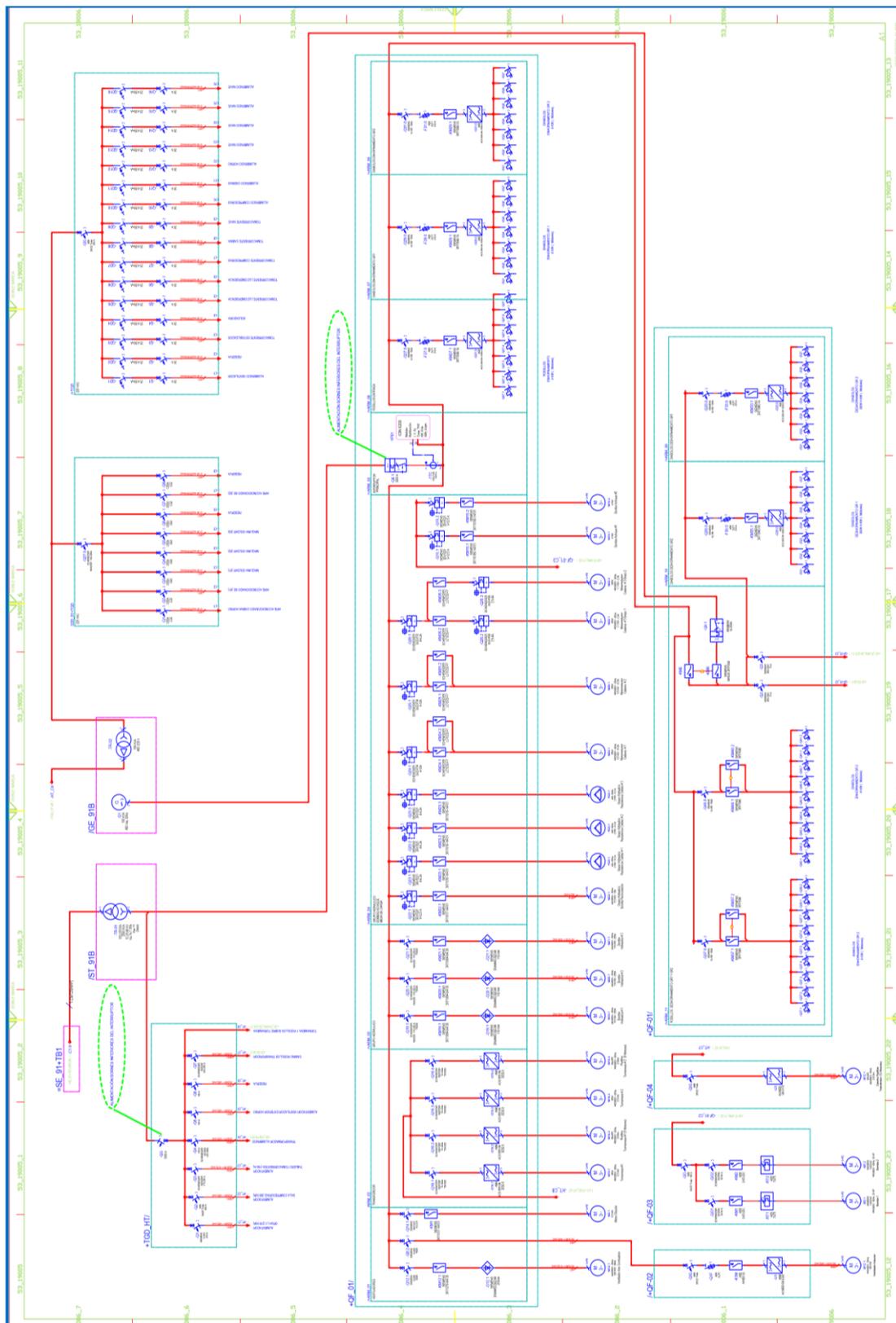


Figura A1: Cuadro de cargas de equipos del horno recalentador TOCHO – Plantas largas

Fuente: Oficina de Planta de largos

Horno TOCHOS - Planta Largos
CUADRO DE CARGAS TABLERO QF- 01

DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Bomba achique n°01 M15.1	1	4000	4	1	4
Bomba achique n°02 M15.2	1	4000	4	1	4
Bomba hidráulica n° 01 M19.1	1	110000	110	1	110
Bomba hidráulica n° 02 M20.1	1	110000	110	1	110
Bomba hidráulica n° 03 M21.1	1	110000	110	1	110
Diabulos deshornamiento GR1 2Q1	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q2	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q3	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q4	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q5	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q6	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR1 2Q7	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q1	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q2	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q3	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q4	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q5	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q6	1	4000	4	1	4
Diabulos deshornamiento GR2 2Q7	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.3	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.4	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.5	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.6	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q37.7	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q38.1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q38.2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.3	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.4	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.5	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.6	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q40.7	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q41.1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR 2 Q41.2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q3	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q4	1	4000	4	1	4

Horno TOCHOS - Planta Largos
CUADRO DE CARGAS TABLERO QF- 01

DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Diabulos enhornamiento GR1 2Q5	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q6	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR1 2Q7	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q1	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q2	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q3	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q4	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q5	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q6	1	4000	4	1	4
Diabulos enhornamiento GR2 2Q7	1	4000	4	1	4
Grupo hidráulico bomba de recirculación M22.1	1	5500	5.5	1	5.5
Grupo hidráulico resistencia caldeo nº01 R23.1	1	2000	2	1	2
Grupo hidráulico resistencia caldeo nº02 R23.1	1	2000	2	1	2
Grupo hidráulico resistencia caldeo nº03 R23.1	1	2000	2	1	2
Motor dilución M3.1	1	5500	5.5	1	5.5
Motorreductor cadena nº01 M24.1	1	5500	5.5	1	5.5
Motorreductor cadena nº02 M25.1	1	5500	5.5	1	5.5
Motorreductor cadena nº03 brazo 1 M22.1	1	1100	1.1	1	1.1
Motorreductor cadena nº03 brazo 2 M22.2	1	1100	1.1	1	1.1
Rodillos enhornamiento 27.1	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.2	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.3	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.4	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.5	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.6	1	4000	4	1	4
Rodillos enhornamiento 27.7	1	4000	4	1	4
Rodillos tornamesa nº01 M16.2	5	21000	21	1	21
Rodillos tornamesa nº02 M16.4	4	21000	21	1	21
Tornamesa nº01 M16.1	1	5500	5.5	1	5.5
Tornamesa nº02 M16.3	1	5500	5.5	1	5.5
Ventilador aire combustión M 12.1	1	200000	200	1	200
TOTAL (KW)					833.2

Tabla A1: Cuadro de carga tablero QF – 01, Planta largos

Fuente: Oficina de Planta de largos

Horno Tochos - Planta Largos					
CUADRO DE CARGAS TABLERO QF-02					
DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Ventilador inductor M12.1	1	160000	160	1	160
TOTAL (KW)					160

Tabla A2: Cuadro de carga tablero QF – 02, Planta largos

Fuente: Oficina de Planta de largos

Horno Tochos - Planta Largos					
CUADRO DE CARGAS TABLERO QF-03					
DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Bomba n° 01	1	15000	15	1	15
Bomba n° 02	1	15000	15	1	15
TOTAL (KW)					30

Tabla A3: Cuadro de carga tablero QF – 03, Planta largos

Fuente: Oficina de Planta de largos

Horno Tochos - Planta Largos					
CUADRO DE CARGAS TABLERO QF-04					
DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Camino rodillos transferidores M12.1	12	21500	21,5Nm	1	21.5

Tabla A4: Cuadro de carga tablero QF – 04, Planta largos

Fuente: Oficina de Planta de largos

Horno Tochos - Planta Largos					
CUADRO DE CARGAS GENERAL DEL HORNO Y LAMINADOR 1					
DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA	CARGA INSTALADA (KW)	FACTOR DE DEMANDA	MAXIMA DEMANDA (KW)
Tablero QF-01	1	791200	791.2	1	833.2
Tablero QF-02	1	160000	160	1	160
Tablero QF-03	1	30000	30	1	30
Tablero QF-04	1			1	21.5
MAXIMA DEMANDA TOTAL					1044.7

Tabla A5: Cuadro de carga tablero general del horno y planta largos

Fuente: Oficina de Planta de largos

Anexo N° 5: Fotografías del horno recalentador TOCHO y laminador 1.



Figura A1: Fotografía del interior de la planta largos.



Figura A2: Fotografía del interior de la planta largos.



Figura A3: Fotografía del interior de la planta largos.



Figura A4: Fotografía del interior de la planta largos.



Figura A5: Fotografía del interior de la planta largos.



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, OSCAR FERNANDO PEREZ PINEDO

asesor del presente trabajo de Investigación

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico:			Energía Física y Mecánica			
Escuela de Pos Grado			Maestría		Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

“ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDERPERU SAA.”

Del estudiante / docente: MELGAREJO TORRES PAULO CESAR
CISNEROS FLORES GIANCARLOS

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 24. % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Firma:

Nuevo Chimbote, 24 de julio del 2023

Nombres y Apellidos del Asesor: OSCAR FERANDO PEREZ PINEDO

DNI: 32739412



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Melgarejo Torres Paulo Cesar, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:			Ingeniería en Energía			
Departamento Académico:			Energía, Física y Mecánica			
Escuela de Pos Grado		Maestría		Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDERPERU SAA.”

presentado en 109 folios, para la obtención del Grado académico ()

Título Profesional (**X**) Investigación Anual ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 24 de julio de 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: Melgarejo Torres Paulo Cesar

DNI: 45574798



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Cisneros Flores Giancarlos, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:			Ingeniería en Energía			
Departamento Académico:			Energía, Física y Mecánica			
Escuela de Pos Grado			Maestría		Doctorado	

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“ANÁLISIS DE FALLA PARA OPTIMIZAR HORNO RECALENTADOR Y LAMINADOR 1 MEDIANTE UNA AUDITORIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA SIDERPERU SAA.”

presentado en 109 folios, para la obtención del Grado académico ()

Título Profesional (**X**) Investigación Anual ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Firma:

Nuevo Chimbote, 24 de julio de 2023

Nombres y Apellidos: Cisneros Flores Giancarlos

DNI: 70609407