



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación de la gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelera

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTORES

Alca Matias, Walter Daniel
ORCID: 0000-0002-5405-275X

Burgos Salazar, Charlie Alexis
ORCID: 0000-0003-3406-4742

ASESOR

Rivera Lynch, César Armando
ORCID: 0000-0001-9418-5066

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Alca Matias, Walter Daniel

DNI: 71308903

Burgos Salazar, Charlie Alexis

DNI: 76263461

Datos de asesor

Rivera Lynch, César Armando

DNI: 07228483

Datos del jurado

JURADO 1

Oqueliz Martinez, Carlos Alberto

DNI: 08385398

ORCID: 0000-0003-4872-7471

JURADO 2

Saito Silva, Carlos Agustín

DNI: 07823525

ORCID: 0000-0002-8328-5157

JURADO 3

Falcón Tuesta, José Abraham

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, mis padres, familiares, que han sido participes de mi trayectoria personal y profesional, que me han inspirado mucho más de lo que puedan llegar a imaginar.

(Alca Matias, Walter Daniel)

Dedico esta tesis a Dios por siempre guiarme y darme las fuerzas para seguir adelante a pesar de las adversidades que se presentaban en mi camino. A mi familia por haberme forjado como la persona que soy. A mi papá que, gracias a su esfuerzo y confianza en mí, logre cumplir este gran objetivo.

(Burgos Salazar, Charlie Alexis)

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primera instancia a Dios y a nuestros padres por estar siempre presentes contribuyendo y apoyándonos en nuestra etapa de aprendizaje. A nuestra Universidad Ricardo Palma que nos brindó la oportunidad de desarrollar nuestras habilidades como profesionales y sin duda agradecer de forma especial a nuestro asesor Mg. Cesar Armando Rivera Lynch por el respaldo y la disposición quien con sus conocimientos y experiencia hemos logrado de manera exitosa el desarrollo de nuestra tesis. Por último, agradecer a la empresa Papelera del Sur S.A. por brindarnos la información necesaria haciendo posible el desarrollo de nuestro proyecto.

(Alca Matias, Walter Daniel y Burgos Salazar,
Charlie Alexis)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática.....	6
1.4.1 Delimitación espacial	6
1.4.2 Delimitación temporal	7
1.4.3 Delimitación temática	7
1.5 Importancia y justificación (teórica, práctica, metodológica, etc.).....	7
1.5.1 Importancia del estudio	7
1.5.2 Justificación del estudio	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Marco histórico	11
2.1.1 Gestión de mantenimiento.....	11
2.1.2 Eficiencia.....	13
2.2 Antecedentes del estudio de investigación	15
2.2.1 Antecedentes nacionales	15
2.2.2 Antecedentes internacionales	18
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	21
2.3.1 Gestión de mantenimiento.....	21
2.3.2 Misión del mantenimiento.....	22
2.3.3 Objetivos del mantenimiento	22
2.3.4 Tipos de mantenimiento	23
2.3.5 Análisis de Averías.....	30
2.3.6 Análisis Crítico de los Modos y Efectos de Falla o AMFE	33

2.3.7	Identificación y Análisis de Fallas	34
2.3.8	Herramienta TWTTP + HERCA.....	37
2.3.9	Eficiencia.....	41
2.3.10	Tipos de eficiencia.....	42
2.3.11	Medición de la eficiencia.....	42
2.4	Definición de términos básicos.....	43
2.5	Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis.....	45
2.6	Hipótesis	46
2.6.1	Hipótesis general	46
2.6.2	Hipótesis específicas	46
2.7	Variables	46
	CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	47
3.1	Enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación	47
3.2	Población y muestra.....	48
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.3.1	Técnicas e instrumentos	51
3.3.2	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	53
3.3.3	Procedimientos para la recolección de datos.....	54
3.4	Descripción de procedimientos de análisis de datos.....	54
	CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
4.1	Presentación de resultados	55
4.2	Análisis de resultados	99
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	118
	REFERENCIAS.....	119
	ANEXOS.....	123
	Anexo 1: Matriz de consistencia.....	123
	Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.....	123
	Anexo 3: Permiso de la empresa Papelera del Sur S.A.	124
	Anexo 4: Herramienta TWTTP + HERCA.....	125
	Anexo 5: Bocina CH7.....	127
	Anexo 6: Eje para CH7	128
	Anexo 7: Rotor CH7	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis del modo y efecto de fallas	3
Tabla 2: Unidad de análisis y Muestra PRE y POST por cada una de las variables	51
Tabla 3: Técnicas e instrumentos.....	53
Tabla 4: Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	54
Tabla 5: Formato de registro de disponibilidad de la línea gris.....	57
Tabla 6: Cálculo de disponibilidad de los equipos – Pre Test	58
Tabla 7: Disponibilidad Pre Test	59
Tabla 8: Plan de mantenimiento del equipo Pulper Voith	66
Tabla 9: Plan de mantenimiento del equipo SP1200	67
Tabla 10: Cálculo de disponibilidad de los equipos – Post Test	68
Tabla 11: Disponibilidad Post Test.....	69
Tabla 12: Formato de registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris ..	70
Tabla 13: Tiempo de paradas no planificadas Pre Test	71
Tabla 14: Número de paradas no planificadas Pre Test.....	73
Tabla 15: Fallas de cada semana del equipo CH7 Pre Test	73
Tabla 16: MTBF por semana - Pre Test	81
Tabla 17: MTBF por semana - Post Test.....	81
Tabla 18: MTTR por semana - Pre Test	82
Tabla 19: MTTR por semana - Post Test.....	82
Tabla 20: Tiempo de paradas no planificadas Post Test.....	82
Tabla 21: Formato de registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	84
Tabla 22: Fallas en los procesos por errores humanos Pre Test	85
Tabla 23: Fallas en los procesos por errores humanos Post Test.....	98
Tabla 24: Resumen de resultados	98
Tabla 25: Valores de la primera variable dependiente - Pre Test.....	101
Tabla 26: Valores de la primera variable dependiente - Post Test	102
Tabla 27: Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Primera hipótesis	104
Tabla 28: Estadísticos descriptivos - Primera hipótesis específica.....	105
Tabla 29: Valores de la segunda variable dependiente - Pre Test	106
Tabla 30: Valores de la segunda variable dependiente - Post Test.....	107
Tabla 31: Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Segunda hipótesis	109

Tabla 32: Estadísticos descriptivos - Segunda hipótesis específica	110
Tabla 33: Valores de la tercera variable dependiente - Pre Test	111
Tabla 34: Valores de la tercera variable dependiente - Post Test.....	112
Tabla 35: Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Tercera hipótesis	114
Tabla 36: Estadísticos descriptivos - Tercera hipótesis específica	115
Tabla 37: Resultados de pruebas de normalidad	116
Tabla 38: Análisis de resultados	116
Tabla 39: Descripción de procesamiento de datos.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Importaciones peruanas del sector papel cartón.....	1
Figura 2: Flujo de proceso de equipos en la línea gris.....	3
Figura 3: Desgaste prematuro de la escriba o tamiz / Falla del sello mecánico	4
Figura 4: Fallo del rodamiento.....	4
Figura 5: Ubicación de la planta Papelera del Sur S.A.....	6
Figura 6: Delimitación temporal de la investigación.....	7
Figura 7: Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo	12
Figura 8: Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo	13
Figura 9: Tendencias en la gestión del mantenimiento, a lo largo del tiempo	13
Figura 10: Implementación del mantenimiento preventivo (MP)	26
Figura 11: Técnicas predictivas	29
Figura 12: Mantenimiento basado en condición.....	30
Figura 13: Técnicas gráficas más usuales.....	34
Figura 14: Diagrama de causa – efecto.....	36
Figura 15: TWTTP/HERCA - Flujo	38
Figura 16: Mapa conceptual del fundamento teórico	45
Figura 17: Diagrama de Ishikawa – Baja Eficiencia	55
Figura 18: Pasos para realizar un plan de mantenimiento preventivo – predictivo	59
Figura 19: Equipo Pulper Voith.....	61
Figura 20: Rotor del Pulper Voith	61
Figura 21: Tamiz del Pulper Voith	61
Figura 22: Plano del Pulper Voith	62
Figura 23: Equipo SP1200.....	63
Figura 24: Sello mecánico del SP1200.....	63
Figura 25: Detalle de montaje general SP1200	64
Figura 26: Pasos del análisis de averías.....	72
Figura 27: Minutos de paradas no planificadas – Semana 12 al 17.....	73
Figura 28: Causas - Desgaste de bocina CH7.....	75
Figura 29: Causas - Mal montaje de rotor del CH7.....	75
Figura 30: Causas - Canastilla rajada del rodamiento	76
Figura 31: Causas - Desgaste de tubería.....	76
Figura 32: Causas - Roturas de tuberías de rechazos.....	77

Figura 33: Minutos de paradas no planificadas – Semana 26 al 31	80
Figura 34: Pasos de la herramienta TWTTP + HERCA.....	86
Figura 35: Herramienta TWTTP + HERCA - Mal manejo del equipo CH7	90
Figura 36: Herramienta TWTTP + HERCA - Mal manejo del equipo SP1200.....	92
Figura 37: Herramienta TWTTP + HERCA - Mal purgado de calderas	93
Figura 38: Herramienta TWTTP + HERCA - Mal manejo de hojas de ruta.....	95
Figura 39: Herramienta TWTTP + HERCA - Mal manejo del refinador.....	97
Figura 40: Aplicación de pruebas en variable cuantitativa.....	99
Figura 41: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Primera hipótesis	101
Figura 42: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Primera hipótesis	103
Figura 43: Resultado de la estadística de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis.....	104
Figura 44: Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis.....	105
Figura 45: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Segunda hipótesis.....	106
Figura 46: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Segunda hipótesis	108
Figura 47: Resultado de la estadística de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis	109
Figura 48: Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis	110
Figura 49: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Tercera hipótesis	111
Figura 50: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Tercera hipótesis.....	113
Figura 51: Resultado contraste de hipótesis Pre Test y Post Test - Tercera hipótesis..	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra los principales problemas identificados en la línea gris de la empresa materia del presente estudio, la misma que es una organización del rubro papelerero dedicada a la fabricación de empaques de cartón corrugado, papeles y cartulinas. Ante ello se identificó que, mediante una implementación de la gestión de mantenimiento, que es el trabajo de gestionar todos los procesos de mantenimiento de los equipos, con el objetivo de mantenerlos en funcionamiento y aumentar su vida útil que permita mejorar la eficiencia en la línea gris.

El objetivo principal de esta investigación planteó una gestión de mantenimiento en la línea gris, para mejorar la eficiencia de la empresa.

Para cumplir con el objetivo, en principio se determinó el marco metodológico donde se establece el enfoque cuantitativo, el tipo de investigación aplicada, el nivel de investigación explicativo y el diseño de investigación experimental de tipo cuasiexperimental. Se planteó una propuesta de una nueva gestión de mantenimiento en la cual se utilizaron herramientas como el plan de mantenimiento predictivo y preventivo para incrementar la disponibilidad, el análisis de averías para reducir los tiempos de paradas no planificadas y la herramienta TWTTP + HERCA para reducir las fallas en los procesos por errores humanos. Con esta propuesta se espera mejorar la eficiencia de la línea gris.

Palabras Claves: Plan de mantenimiento predictivo y preventivo, análisis de averías, disponibilidad, eficiencia.

ABSTRACT

This research work shows the main problems identified in the gray line of the company that is the subject of this study, which is an organization of the paper industry dedicated to the manufacture of corrugated cardboard packaging, paper and cardboard. In view of this, it was identified that, through the implementation of maintenance management, which is the work of managing all the maintenance processes of the equipment, with the objective of keeping them in operation and increasing their useful life that allows to improve the efficiency in the gray line.

The main objective of this research raised a maintenance management in the gray line, to improve the efficiency of the company.

In order to fulfill the objective, in principle, the methodological framework was determined where the quantitative approach, the type of applied research, the explanatory level of research and the experimental research design of quasi-experimental type are established. A proposal for a new maintenance management was proposed in which tools such as the predictive and preventive maintenance plan were used to increase availability, failure analysis to reduce unplanned downtime and the TWTTP + HERCA tool to reduce process failures due to human error. This proposal is expected to improve the efficiency of the gray line.

Key Words: Predictive and preventive maintenance plan, failure analysis, availability, efficiency.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación busca mejorar la eficiencia de los equipos mediante la implementación de la gestión de mantenimiento en la línea gris en una empresa papelera.

Los objetivos de esta investigación son implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para así incrementar la disponibilidad de la línea gris, implementar un análisis de averías para así reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris y finalmente implementar la herramienta TWTP + HERCA para así reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris.

El presente estudio surge por la necesidad y evidencia de resolver los problemas identificados en la empresa materia del presente trabajo de investigación y ante ello plantear una propuesta que permita solucionar el problema identificado mediante la aplicación de una de las herramientas estudiadas a través de la carrera de ingeniería industrial.

El desarrollo de la investigación se ha estructurado en cuatro (4) capítulos, los cuales se detalla a continuación:

En el primer capítulo se presenta el desarrollo y descripción del problema, así como también plantea el objetivo general y específicos, la justificación e importancia de la investigación, lo que permite identificar las causas y consecuencias de los problemas identificados.

En el segundo capítulo se desarrollan los antecedentes de la investigación, tanto nacionales como internacionales, así como todo lo relacionado al marco conceptual y marco histórico de las variables involucradas en el presente estudio, que permitan comprender mejor la problemática.

En el tercer capítulo se plantea la metodología que puede ser abordada en el estudio, estableciendo el enfoque, tipo, nivel y el diseño de investigación. Así mismo, describe la población y muestra, técnicas e instrumentos de investigación, la descripción del procesamiento de análisis de información.

En el cuarto capítulo se desarrolla el planteamiento de la solución, cuyo capítulo se desagrega describiendo en principio la metodología de solución, que comprende la identificación del problema, análisis de las causas y efectos que generan dichas

problemáticas, identificación de los objetivos y el planteamiento de alternativas de solución. Luego, se describe en detalle y paso a paso las características de la propuesta de la solución que permitirían lograr los objetivos propuestos y por último presenta el diseño de la solución, la cual es un bosquejo de lo que se hará en realidad para alcanzar el objetivo de la investigación.

Finalmente, el trabajo de investigación busca ser referente para futuros estudios de investigación sobre gestión de mantenimiento y eficiencia para otras empresas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En estos tiempos, las industrias afrontan diferentes desafíos, por lo tanto, se exigen estándares elevados de gestión de mantenimiento para alcanzar un buen desempeño de los equipos y así conservar una productividad eficiente. Lo que responsabiliza a las industrias de otros sectores cuenten con un plan de gestión de mantenimiento, de manera que garantice la seguridad de cada uno de sus equipos y también su productividad. La gestión de mantenimiento inicia un sistema que entusiasma a las empresas a reconocer y examinar los requerimientos de cada área productiva en el proceso de fabricación y conservar estos procesos bajo control, facilitando así la seguridad para la organización como las personas que elaboran el trabajo con sus cualidades para dar un buen mantenimiento y estos funcionen al 100% para aumentar la productividad.

Posada (2022), director ejecutivo del Idexcam - CCL, brindó una entrevista a la Cámara de Comercio de Lima, acerca de los estragos de la COVID-19 en la industria del papel, sosteniendo que:

“Debido a estos hechos que se están presentando a nivel global, el Idexcam se propuso a investigar si el Perú se está viendo afectado por este desabastecimiento. Según los datos analizados de Sunat, hemos podido observar que en términos generales las importaciones de papel por el momento no se han visto afectadas en los meses más críticos de este problema (octubre – diciembre), como se puede observar en la Figura 1, las importaciones del sector papel y cartón han crecido en 43% en términos de valor y 8% en términos de volumen” (párr. 1).

**Importaciones peruanas del sector papel cartón.
Periodo octubre - diciembre del 2019 al 2021**

2019		2020		2021	
CIF	VOLUMEN	CIF	VOLUMEN	CIF	VOLUMEN
\$ 231.518.543	200.924.658	\$ 181.994.334	177.594.003	\$ 260.338.416	191.615.120

Figura 1: Importaciones peruanas del sector papel cartón
Fuente: Sunat
Elaboración: Idexcam

Asimismo, Posada (2022), sostuvo al respecto que:

“En el caso del papel cartón, el volumen disminuyó en 39%. Los países proveedores afectados son Estados Unidos (-98%), Francia (-99%) y Sudáfrica (-76%). Por su parte, el papel autocopia disminuyó en 35%. Los países proveedores que disminuyeron sus envíos fueron China (-31%) y Brasil (-41%)” (párr. 4).

La empresa industrial Papelera del Sur S.A. ubicada en el distrito Chíncha Baja, con más de 35 años de experiencia se dedica a la fabricación de empaques de cartón corrugado, papeles y cartulinas. Anualmente se llevan a cabo auditorías internas por parte de la misma empresa (grupo de auditores seleccionados) y cada 2 años se llevan a cabo auditorías externas por parte de SGS Perú, donde se presenta una mala gestión de mantenimiento ocasionando deficiencia en los equipos de la línea gris, por lo cual se observa la necesidad de mejorar dicha gestión.

El proceso inicia con la alimentación del papel ingresando al pulper voith, haciendo que este equipo diluya el papel a una consistencia de 4 - 5%. Luego, se succiona esta fibra diluida a través de una bomba centrífuga que alimenta al depurador de alta consistencia a una presión de 55 PSI, teniendo como funcionamiento que este equipo va a depurar retirando los sólidos (piedras, grapas, tecnopor, etc.) haciendo que la fibra entre más limpia al tanque de almacenamiento (este tanque almacena 120 m³ al 4.5% teniendo un sistema de agitación que sirve para homogenizar la fibra diluida para que no se asiente).

Asimismo, esta fibra almacenada es succionada a través de una bomba, que alimenta a un equipo CH7 en el cual este equipo hace la depuración, donde una parte se va al sistema espesador y la otra es almacenada a través de otro tanque. Posteriormente, es succionado para ser alimentado a un refinador que desintegrará más la fibra y una vez refinado se almacena en otro tanque para pasar a través de un sistema de depuración final con un equipo SP 1200. Finalmente es bombeado al sistema de máquina o ingreso de máquina a través del head box gris. En la Figura 2 se muestra de manera resumida el proceso de equipos en la línea gris.

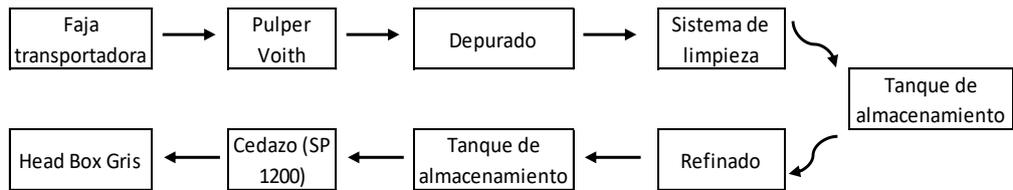


Figura 2: Flujo de proceso de equipos en la línea gris
 Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
 Elaboración: Propia

La empresa Papelera del Sur S.A., presenta varios problemas en la gestión de mantenimiento, lo que ha venido ocasionando una ineficiencia en los equipos según los registros de los últimos años. Para un mejor entendimiento se desarrolló un análisis del modo y efecto de fallas (AMEF). En la Tabla 1 se muestra de manera resumida los problemas que afectan la eficiencia de la empresa.

Tabla 1:
 Análisis del modo y efecto de fallas

Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de falla	Consecuencia de Falla
Desintegración de fibra (Pulper Voith)	Disgregar no a menos 265 T/D	Mala calidad del material que está construido el tamiz	Desgaste prematuro de la escriba o tamiz	Paradas imprevistas para la producción
		El exceso de vibración o el exceso de desgaste del piñón por vida útil	Rotura del piñón de ataque del reductor	Baja la vida útil del equipo
Depuración del equipo (SP 1200)	Suministrar pasta de papel no a menos 250 T/D	Falta de ajustes y tolerancia en sus alojamientos, mal sistema de sellado	Deterioro de rodamiento	Paradas imprevistas para la producción
		Sello inadecuado (baja calidad)	Falla del sello mecánico	Baja vida útil del equipo
Depuración y limpieza del equipo (CH7)	Suministrar pasta de papel no a menos 210 T/D	Mal sellado en su sistema	Fallo de su rodamiento	Paradas imprevistas para la producción
Fallas en los procesos por errores humanos	Cumplir los manuales de procedimientos	Contratar operarios sin experiencia	Falta de conocimiento	Baja productividad
		Libertad y menos control al operario	Exceso de confianza	Baja productividad

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
 Elaboración: Propia

Tomando en cuenta el análisis anterior en la empresa Papelera del Sur S.A. se evidencian problemas en el área de pulpeado y cedazo de la línea gris por lo que la disponibilidad de la línea gris se ha visto afectada. Esto se originó debido al desgaste prematuro de la escriba o tamiz y por la rotura del piñón de ataque del reductor en el equipo pulper voith. Asimismo, siendo otra causa el deterioro de rodamiento y falla del sello mecánico en el equipo SP 1200. Todo esto trajo como consecuencia paradas imprevistas para el proceso productivo a consecuencia de una baja disponibilidad del equipo. (Ver Figura 3)



Figura 3: Desgaste prematuro de la escriba o tamiz / Falla del sello mecánico
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Adicionalmente, la empresa presenta problemas en los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, debido al fallo de su rodamiento a consecuencia de un mal sellado en su sistema del equipo CH7 (Ver Anexo 5, 6 y 7). Todo esto trajo como consecuencia paradas imprevistas para el proceso productivo a consecuencia de una baja disponibilidad del equipo. (Ver Figura 4)



Figura 4: Fallo del rodamiento
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Por último, se presentó fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, debido a la mala comunicación, exceso de trabajo, líderes con falta de liderazgo, falta de conocimiento y exceso de confianza. Todo esto trajo como consecuencia baja productividad y bajo compromiso con la empresa, es decir no cumplen con sus objetivos.

Por las razones ya mencionadas se observa que el mantenimiento de los equipos son un factor clave para la determinación de la eficiencia. Teniendo pérdidas de producción y eficiencia por paradas no programadas de equipos, por lo tanto, se pierde competitividad y productividad, lo cual eleva los costos de los productos por una gestión de mantenimiento de equipos deficiente. A fin de resolver estos problemas se propone implementar la gestión de mantenimiento demostrando con ello que se puede mejorar la eficiencia de los equipos de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de la gestión de mantenimiento mejorará la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelera?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿De qué manera se podrá incrementar la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera?
- b) ¿De qué manera se podrá reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera?
- c) ¿De qué manera se podrá reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera?

1.3 Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos a alcanzar en la investigación, (Ver Anexo 1: Matriz de consistencia), siendo estos los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Implementar la gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelera.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para incrementar la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.
- b) Implementar un análisis de averías para reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera.
- c) Implementar la herramienta TWTTP + HERCA para reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

1.4.1 Delimitación espacial

El estudio de la investigación se ubica en la empresa Papelera del Sur S.A. en su planta ubicada en la Panamericana Sur Nro. 202 Z.I. Tambo de Mora, Chíncha Baja, Chíncha. (Ver Figura 5)



Figura 5: Ubicación de la planta Papelera del Sur S.A.

Fuente: Google Maps

Elaboración: Propia

1.4.2 Delimitación temporal

Los datos que serán estimados para la elaboración del proyecto propuesto serán enmarcados dentro del periodo del 21 de marzo 2022, finalizando el 07 de agosto del 2022. (Ver Figura 6)



Figura 6: Delimitación temporal de la investigación
Fuente: Elaboración Propia

1.4.3 Delimitación temática

La presente investigación se basará en la implementación de la Gestión de Mantenimiento.

1.5 Importancia y justificación (teórica, práctica, metodológica, etc.)

1.5.1 Importancia del estudio

La empresa Papelera del Sur S.A. está expuesta a sostener su liderazgo en el Perú y ser líder en la fabricación de empaques de cartón arrugado, papeles y cartulinas en América del Sur, para lo cual necesita establecer una gestión de mantenimiento de sus equipos que permita mejorar los indicadores de gestión de la empresa. La razón que nos motiva a desarrollar dicho proyecto de investigación es buscar mantener la mejora continua del manejo de gestión de mantenimiento respecto a sus equipos. Es decir, que mediante dicho método se pueda aumentar la eficiencia de sus equipos, la rentabilidad de las empresas y mejora de la calidad de sus productos.

La implementación de la gestión de mantenimiento consiste en instaurar herramientas que permitirán establecer un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, inspeccionar las pérdidas en los procesos productivos como: eficiencia, productividad, disponibilidad de máquinas, mantenimiento de máquinas, calidad de fabricación y tiempos promedio de fallas, entre otros.

La importancia de esta implementación es que favorecerá a la empresa Papelera del Sur S.A. en el aumento de la eficiencia, por consiguiente, en incrementar la disponibilidad de la línea gris, reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris y reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris. Asimismo, es importante resaltar que los beneficiados con el mejoramiento de esta problemática son los clientes y la empresa, ya que, al haber cumplido con las condiciones establecidas, el cliente con el buen servicio que se le brindo volverá a colocar futuras órdenes de compra.

Además, se aporta conocimiento a los trabajadores, ya que les permite aprender y/o profundizar sus conocimientos acerca del sistema de gestión de mantenimiento y el uso de nuevas tecnologías y la trascendencia que tienen estas sobre la empresa. Adicionalmente, el presente trabajo de investigación es un aporte para la ciencia, ya que es una fuente de conocimiento útil para futuros estudios.

1.5.2 Justificación del estudio

✓ Justificación teórica

Bernal (2006), sostiene que: “En investigación hay una justificación teórica cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p.103).

El presente estudio se justifica teóricamente en razón a que plantea una propuesta que podría generar reflexión y debate académico, así como en el ámbito industrial en razón a la generación de conocimiento. El presente estudio podría ser tomado en consideración

como medio de consulta para futuras investigaciones que busquen mejorar la eficiencia en plantas industriales a través de la implementación de la gestión de mantenimiento.

✓ Justificación metodológica

Según Bernal (2006), “En la investigación científica, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto por realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valido y confiable” (p.104).

En este estudio se utilizarán técnicas y herramientas de investigación para la recolección de datos, tales como hojas de ruta, órdenes de trabajo, entrevistas a los representantes del área de mantenimiento para poder identificar por qué hay paradas no planificadas de la línea gris.

✓ Justificación práctica

Bernal (2006), considera que: “Una investigación tiene justificación practica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo” (p.104).

La implementación de la gestión de mantenimiento en la empresa Papelera del Sur S.A. es práctica, porque se respalda en metodologías simples que no requieren de un conocimiento muy preparado, así como la documentación, registro y procesamiento de datos que solo requiere de elementos y conocimiento en Excel, SAP y otros programas comunes, pero que luego se pueden exportar a un sistema operativo sistematizado. Esta practicidad de la investigación será tal, que servirá para cualquier empresa industrial como microempresas, Pymes, medianas y grandes empresas industriales.

✓ Justificación económica

Según Alfaro (2012), la justificación económica: “Radica en los beneficios y utilidades que reporta para la población los resultados de la investigación, en cuanto constituye base esencial y punto de partida

para realizar proyectos de mejoramiento económico para la población” (p. 38).

El propósito del presente estudio es que la empresa mejore los aspectos importantes referentes al plan de mantenimiento preventivo y predictivo, ayudando a preservar la vida útil del equipo y reduciendo costos por paradas no planificadas en la empresa. Todo ello con el fin de incrementar la rentabilidad y utilidades a la empresa Papelera del Sur S.A.

✓ Justificación social

Según Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014), la justificación social es cuando: “La investigación va a resolver problemas sociales que afectan a un grupo social, como el empoderamiento de las mujeres campesinas o la aplicación del método psicosocial en la alfabetización de iletrados del medio rural” (p.165).

El presente trabajo, ofrece un mejor control dentro del área de mantenimiento, y no presentar inconformidades a futuro por parte de las auditorías internas o externas, a su vez para los próximos proyectos los jefes de mantenimiento que se encuentren a cargo en ese momento ejecuten el plan de gestión de mantenimiento sin complicaciones. Aparte, presenta un impacto más que positivo en el entorno laboral, ya que los trabajadores reciben capacitación constante y pueda mejorar las capacidades de los equipos que ellos mismos utilizan.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

2.1.1 Gestión de mantenimiento

✓ Historia del mantenimiento

Pérez (2021), sostuvo al respecto que:

“En la antigüedad, el hombre para poder alimentarse y protegerse, de una manera u otra, ha realizado prácticas de mantenimiento, como el perfeccionamiento de las herramientas fabricadas. Pero a partir de la Revolución Industrial, que inicia a mediados del siglo XVIII en el Reino Unido (Gran Bretaña), cuando se genera una gran transformación en la parte social, económica y tecnológica, para extenderse años después al resto de Europa y Norteamérica se pasa de una economía rural (agricultura) y de comercio a una gran economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada” (p. 27).

Asimismo, Pérez (2021), indico que:

“Durante la Revolución Industrial, el mantenimiento que se realizaba en la industria era correctivo (reactivo) o de urgencia, que se ejecutaba únicamente en el momento de ocurrir la falla en la máquina, equipo o componente. Todo esto generó en la industria muchas pérdidas, tanto humanas como económicas, sin tener en cuenta en esta época las pérdidas generadas por la contaminación ambiental. Es así como empiezan a aparecer los primeros talleres mecánicos. En la década de los años 1920 se hace urgente dar prioridad a organizar el mantenimiento industrial con enfoque de ingeniería, que apoye a las empresas industriales, con el objetivo de disminuir accidentes en el trabajo y aumentar la rentabilidad de las compañías, minimizando los costos por las pérdidas de producción (paradas de las máquinas)” (pp. 28-29).

✓ Evolución del mantenimiento

Según Pérez (2021), la evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo, lo explica de la siguiente manera: (Ver Figura 7)

AÑO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
1780	Se trabaja solo en mantenimiento correctivo (CM).
1798	Utilización de partes intercambiables en las máquinas.
1903	La producción industrial es masiva.
1910	Se forman cuadrillas de mantenimiento correctivo.
1914	Se empieza aplicar el mantenimiento preventivo (PM).
1916	Se da inicio al proceso administrativo.
1927	Se utilizan estadísticas en la producción.
1931	Se trabaja en el control económico de la calidad del producto manufacturado.
1937	Se tiene en cuenta el concepto del principio W. Pareto.
1939	Los trabajos de actividades del mantenimiento preventivo se empiezan a controlar con datos estadísticos.
1946	Es más eficiente el control estadístico de calidad (SQC).
1950	En el continente asiático, específicamente Japón, inicia con la implementación del control estadístico de calidad (SQC).
1950	En Estados Unidos (U.U.EE.) se inicia el mantenimiento productivo (Pdto.M).
1951	Se conoce el análisis de Weibull.
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
1961	Inicio del Poka-Yoke (técnica de calidad a prueba de errores).
1962	Desarrollo de los círculos de calidad (QC).
1965	Implementación de la metodología del análisis causa raíz (RCA).
1968	Se da a conocer la Guía MSG-1, acreditada como el RCM mejorado.
1970	Expansión del uso de la computadora para la administración de activos (CMMS).
1971	Desarrollo el mantenimiento productivo total (TPM).
1978	Presentación de la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en aeronaves.
1980	Desarrollo en la implementación de la optimización del mantenimiento planificado (PMO).
1982	Aplicación del RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Desarrollo para aplicar el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (las 5s).
2005	Estudio de la filosofía de la conservación Industrial (IC).

Figura 7: Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo
Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

En Figura 8 se visualiza, a través del tiempo, las características fundamentales en la evolución del mantenimiento industrial.

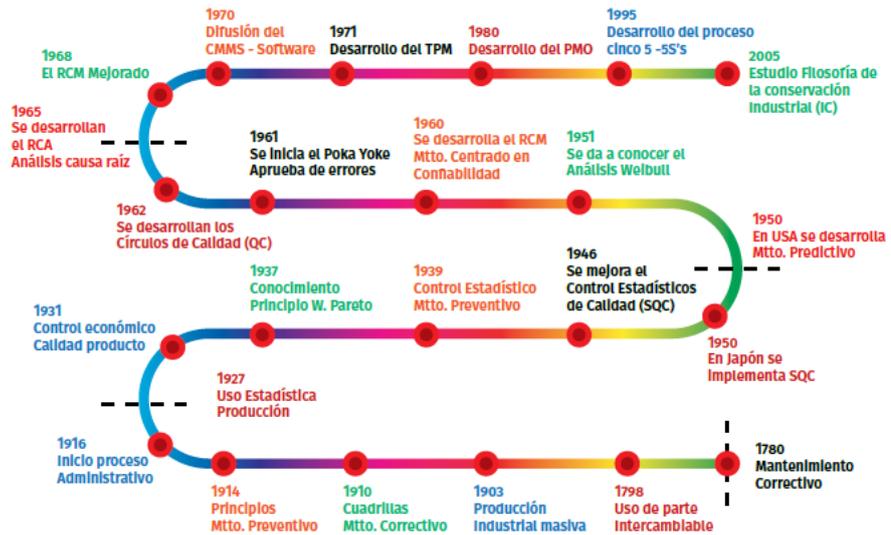


Figura 8: Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo
Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

En la Figura 9 se visualiza la tendencia de la gestión del mantenimiento industrial más actualizado.

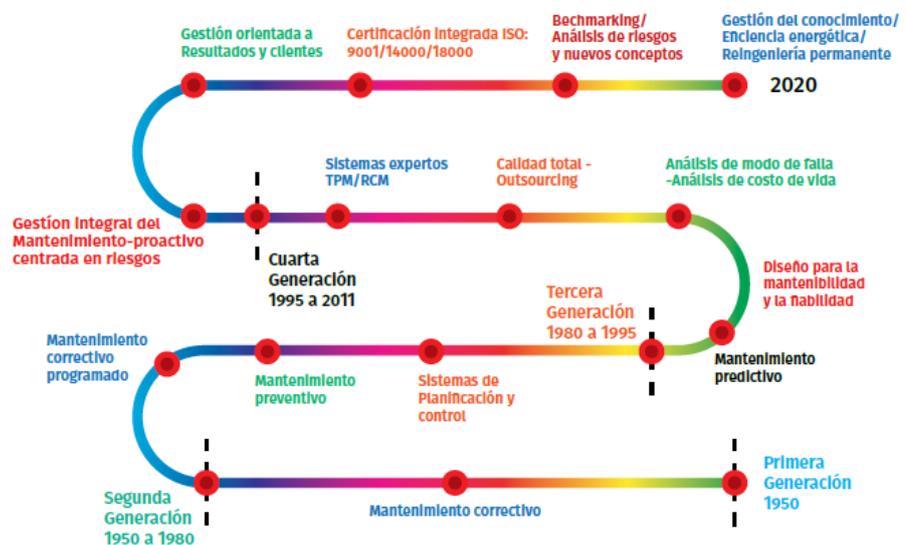


Figura 9: Tendencias en la gestión del mantenimiento, a lo largo del tiempo
Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

2.1.2 Eficiencia

Según Blánquez (1998), con respecto al término de eficiencia a través de la historia sostuvo que: “Procede etimológicamente del latín *efficiens* que, a su vez, viene del verbo latino *ex facio*, que significa sacar algo de” (p. 567).

Jenofonte (1966), explica mejor estas dimensiones de la eficiencia mediante dos ejemplos:

“Por un lado, el comprar tierras mal cultivadas o yermas, mejorándolas y vendiéndolas después mucho más caras. Otro ejemplo de eficiencia dinámica que permite incrementar la hacienda y allegar nuevos recursos que antes no se poseían es el de aquellos comerciantes que compran trigo allí donde éste es abundante y, por tanto, barato, y lo transportan y venden mucho más caro allí donde, por existir sequía o una mala cosecha, se ha propagado la escasez y el hambre” (p. 316).

Según Rothbard (1994):

“Esta tradición de distinguir claramente entre dos dimensiones distintas del concepto de eficiencia, la estática y la dinámica, continúa incluso hasta la Edad Media. Así, por ejemplo, para San Bernardino de Siena están justificadas las rentas de comerciantes y artesanos en base a su industria y pericula, es decir, por un lado, por la buena y diligente gestión de sus recursos (dados), es decir, el comportamiento diligente típicamente orientado a evitar el despilfarro (eficiencia estática), y por otro lado en base a la asunción de los riesgos y peligros (pericula) que se derivan de toda especulación empresarial (eficiencia dinámica)” (p. 114).

Según Southern California Evidence Review Center (2008):

En la primera mitad del siglo XX, la teoría microeconómica abordó el concepto de eficiencia desde la perspectiva de Pareto. El criterio de Pareto se satisface si no se puede mejorar la situación de ninguna persona sin empeorar la de otra. El clásico primer teorema del bienestar sostiene que la eficiencia de Pareto se obtiene si y sólo si: Existen mercados para todos los bienes posibles, los mercados son perfectamente competitivos, los costes de transacción son insignificantes y no hay externalidades. (p. 84)

El supuesto implícito era que las empresas siempre toman decisiones óptimas en el uso de insumos, y que cualquier ineficiencia en una economía se origina en la forma en que se asignan los recursos entre

las empresas, más que dentro de las mismas. Las dos amenazas principales a la eficiencia en este paradigma eran los monopolios y las restricciones al comercio (internacional). (p. 84)

En la segunda mitad del siglo XX, fue desafiado el supuesto de que las empresas siempre toman decisiones óptimas. Se aceptó que, además de la eficiencia "social" o "distributiva" original, la eficiencia interna de la empresa también era digna de ser analizada. Este había sido tradicionalmente un campo de la investigación operativa (IO), que se ocupaba del "análisis de actividades", donde el gerente pasa a ser el tema de interés; de ahí el término "eficiencia en la gestión". (p. 84)

2.2 Antecedentes del estudio de investigación

2.2.1 Antecedentes nacionales

Paredes, F. (2017), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa de confecciones Danpar E.I.R.L.”; presentada a la Universidad Privada del Norte en el departamento de Lima, consideraron lo siguiente:

Se trazó como objetivo desarrollar un plan de mejora en las actividades periódicas del mantenimiento preventivo mejorando su efectividad. Asimismo, incrementar la rentabilidad a partir del plan de mantenimiento preventivo detectando el impacto económico a implementar. Utilizaron entrevistas y encuestas como técnicas, además, guía de entrevistas y cuestionarios como instrumentos y recolección de datos.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró aumentar la rentabilidad de la empresa en un 28% a 30%.
- 2) Se logró documentar mediante fichas técnicas, historial de fallas, para que sirva como apoyo al programa de mantenimiento preventivo para los equipos. Cabe resaltar que adquirió la compra

de herramientas y plan de capacitaciones para lograr una mejor disponibilidad de 91.4% a 95.7%

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que utilizaron un plan de gestión de mantenimiento preventivo y herramientas como Ishikawa y diagrama de Pareto para encontrar la causa raíz del problema. Asimismo, elaboraron un cuadro de análisis de modo y efecto de falla para reconocer e identificar la falla potencial. De tal manera, que el plan de mantenimiento y las herramientas de soporte como Ishikawa y el diagrama de Pareto, usadas en dicho estudio resulta considerable para su aplicación en la presente investigación, por lo que se tendrán en cuenta para ser incluidas en nuestro tema de estudio.

Gamarra, J. (2018), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM”; presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el departamento de Lima, consideraron lo siguiente:

Se trazó como objetivo en disminuir los efectos del problema identificado en el proceso de Prehilado aplicando herramientas del TPM para el diagnóstico y análisis de causas que generan las intervenciones no programadas en los equipos y así aumentar el % Disponibilidad y generando una mayor eficiencia en los equipos, trabajando en conjuntamente entre producción y mantenimiento mejorando las actividades relacionadas.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró incrementar la disponibilidad de los equipos y recuperar el 26% de horas por paralización en un periodo de tres meses, el cual permite realizar con el plan de producción con menos tiempo de paradas de equipos y así recuperar la productividad

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que utilizaron un análisis de causa y raíz para la identificación de

problemas y el desarrollo de estas transformándolos en mejoras. En tal sentido, que la herramienta ayudará en dicho estudio resulta importante para su aplicación en la presente investigación, por lo que, se tendrán en cuenta para ser adaptados en nuestro tema de estudio.

Albán, S., & Zamorano, D. (2021), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento bajo los lineamientos del mantenimiento preventivo para optimizar el uso de los recursos y mejorar el desempeño de una empresa peruana de la industria papelera”; presentada a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas en el departamento de Lima, consideraron lo siguiente:

Se trazó como objetivo aumentar el % de disponibilidad y disminuir los tiempos en cola entre las actividades de la línea de producción papelera aplicando herramientas como el AMEF y un plan de mantenimiento preventivo estandarizado para aumentar la disponibilidad e incrementar el margen de ganancia debido a un incremento de nivel de producción por la reducción de tiempos de para por mantenimiento preventivos.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Al evaluar los indicadores del área se encontró una baja deficiencia, puesto que no se contaba con una data histórica de los mantenimientos de cada equipo y por último no tenían indicadores de gestión normalizadas.
- 2) Con la aplicación de la metodología del mantenimiento basado en la confiabilidad se logró aumentar la disponibilidad de las maquinas en un 9% lo que elevó el nivel de atención y sumo 880 TM de papel producido al mes. Con este resultado se obtiene un incremento en el margen bruto de 2,6 MM PEN.

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que utilizaron un plan de gestión de mantenimiento preventivo. Asimismo, elaboraron un cuadro de análisis de modo y efecto de falla para reconocer e identificar la falla potencial. De tal manera, que el

plan de mantenimiento y el AMEF, usadas en dicho estudio resulta considerable para su aplicación en la presente investigación, por lo que se tendrán en cuenta para ser incluidas en nuestro tema de estudio.

2.2.2 Antecedentes internacionales

Velásquez, C. (2010), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico “Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos”; presentada a la Universidad EAFIT en la ciudad de Medellín, consideraron lo siguiente:

Se trazó como objetivo implementar una metodología basada en un plan de mejoras dividido en 9 etapas para dar a conocer y describir el plan a desarrollarse en la gestión integral de mantenimiento estableciendo parámetros, estrategias y políticas que ayuden al fortalecimiento del proceso y la propia formación de niveles de mantenimiento, aportando la competitividad global de la empresa.

La metodología empleada en el presente estudio es de tipo cuantitativo y cualitativo, por lo que sus objetivos están acompañados de indicadores o medidores de seguimiento. Se utilizaron datos recolectados como hojas de vida de los equipos, herramientas ofimáticas para graficar y generar informes.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró crear un plan de mejoras de mantenimiento mediante evaluaciones de operación y gestión del mantenimiento.
- 2) Se logró crear 5 planes de mejora de mantenimiento, lo cual represento un avance del 26% en la operación y gestión del mantenimiento que lo normal debería llegar en su totalidad a un 100%.
- 3) Se pudo definir mediante una revisión exhaustiva comparar directamente los aspectos del mantenimiento de la empresa.

- 4) La metodología flash audit permitió evaluar cuantitativamente el estado del mantenimiento en la empresa y permitió trabajar con una auditoría base que busca la empresa ISO 9000.
- 5) La relación entre mantenimiento y producción resaltan que no hay línea de comunicación bien definida por lo que fue un dominante en las confusiones y acciones herradas.

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que se empleó herramientas de análisis de fallas como el RCM y el AMEF asimismo mediante un RPN que ayudara a concretar los equipos con mayor criticidad en su evaluación.

De tal manera, que el plan de mejora apoyada con herramientas para la elaboración de planes de mantenimiento efectivos en sus actividades permita un apoyo de manera significativa para su aplicación en la presente investigación, por lo que se tomara en cuenta en nuestro tema de estudio.

Molina, G., Sandoval, E., & Tenorio, V. (2019), en su tesis de maestría para optar el grado de Maestro en Gerencia del Mantenimiento Industrial “Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento en planta industrial de Ingenio el Ángel”; presentada a la Universidad Don Bosco en la ciudad de San Salvador, consideraron lo siguiente:

Se trazó como objetivo alcanzar un mantenimiento de clase mundial, partiendo de un programa de mantenimiento preventivo como mejora continua y generando un incremento del volumen de producción de caña hasta llegar a 2,000,000 de toneladas de caña por temporada, así como también optimizar la disponibilidad de los equipos, disminución de pérdidas, manejo adecuado del presupuesto y sostenibilidad.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró determinar un avance significativo y con resultados satisfactorios dejan constancia de la eficiencia de las metodologías implementadas

- 2) El ACR determinaron detectar las causas que habían originado las averías en los equipos utilizando y apoyándose en herramientas como el análisis de modo y efecto de falla AMEF
- 3) El AMEF, logro mejorar y estructurar los planes de mantenimiento, de manera que sean acordes a los fallos que se presentan, definiendo las tareas a realizar y con qué frecuencia sería la más óptima en su intervención para que no ocurra un fallo.

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que utilizaron un plan de gestión de mantenimiento preventivo y apoyando en herramientas como el ACR y AMEF para determinar la prioridad, las causas y efectos que los paros o las fallas producen dentro de su productividad en los equipos. De tal manera, que el plan de mantenimiento preventivo y el análisis de causa raíz usadas en dicho estudio ayudase considerablemente para su aplicación en la presente investigación, por lo que se tomará en cuenta para ser incluidas en nuestro tema de estudio.

Hernández, C., Saldaña, J., & Velandia, P. (2021), en su tesis para optar la Especialización en Gerencia de Mantenimiento “Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota”; presentada a la Universidad ECCI en la ciudad de Bogotá, consideraron lo siguiente:

La metodología utilizada en el presente estudio es de tipo cuantitativo y cualitativo. Se utilizaron datos obtenidos de manera subjetiva mediante técnicas de observación no estructurada, revisión de documentos, discusión en grupo, por lo que mantiene datos de recolección no estandarizados ni predeterminados. Por un lado, se trabajó mediante evaluación cuantitativa para determinar acciones de mejora y un diseño de indicadores de control.

Arribaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Se logró establecer indicadores de mantenimiento, lo que permitió hacer trazabilidad a la disponibilidad y confiabilidad de

activos, de igual manera el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación.

- 2) Se estableció un plan de mantenimiento preventivo para poder determinar la prioridad sobre aquellos equipos que merecen análisis en la frecuencia de intervención.

Esta investigación se relaciona con el tema de estudio en la medida que utilizaron un plan de gestión de mantenimiento preventivo que ayudara a prevenir fallos de los elementos, componentes, maquinas o equipos, también hace referencia a cambio, reemplazos, adaptaciones, restauraciones, evaluaciones y revisiones. De tal manera, que el plan de mantenimiento predictivo, RCM y AMEF usadas en dicho estudio ayudase de manera significativa para su aplicación en la presente investigación, por lo que se tomará en cuenta para ser incluidas en nuestro tema de estudio.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 Gestión de mantenimiento

Según, García (2012) para definir a la gestión de mantenimiento, sostuvo respecto que:

“Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa” (p. 23).

Para definir a la gestión de mantenimiento, Díaz (2011) sostuvo al respecto que:

“Se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo” (p. 7).

Por otro lado, Pérez (2021) sostuvo al respecto que:

“Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación” (p. 21).

2.3.2 Misión del mantenimiento

Para definir la misión del mantenimiento, García (2012), sostuvo al respecto que:

“El Mantenimiento Industrial como parte integral de la producción, tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos, y demás infraestructura empresarial, mediante programas de prevención y predicción de fallas, reparación de daños y mejoramiento continuo de sus condiciones operativas con la política de cero defectos” (p. 24).

2.3.3 Objetivos del mantenimiento

Para definir los objetivos del mantenimiento, García (2012), sostuvo al respecto que:

“Conservación de los activos físicos: Mediante desarrollo de las técnicas administrativas y de mantenimiento más eficaces, para conservar en el largo plazo la vida útil de los equipos productivos, acordes con los requerimientos económicos. Disponibilidad de los activos físicos: Mediante el desarrollo de normas y procedimientos que promuevan de manera eficiente, segura y económica la máxima disponibilidad técnica y operativa de los equipos de acuerdo con los requisitos de producción. Administración eficaz de los recursos: Mediante la mejora de los procesos, procedimientos y estándares que mejor promuevan el uso eficiente, eficaz y económico de todos los recursos tangibles e intangibles de la organización. Desarrollo del talento humano: Por medio de programas de formación y capacitación permanentes, sistemas de competencias, *Coaching*, *Empowerment*,

gerencia del desempeño y Gestión Global del Conocimiento” (pp. 24-25).

2.3.4 Tipos de mantenimiento

a. Mantenimiento correctivo

Pérez (2021) Define al mantenimiento correctivo de la siguiente manera:

“Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible” (p. 37).

Según Pérez (2021) Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

“El mantenimiento correctivo no programado: se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado. El mantenimiento correctivo programado o planificado: se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla” (p. 37).

❖ Ventajas del mantenimiento correctivo

Pérez (2021) Para definir las ventajas del mantenimiento correctivo, sostuvo al respecto que:

- Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas.
- Es imposible determinar la falla.

- No genera gastos fijos.
- Sin programar ni prever ninguna actividad.
- Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.
- Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.
- Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo. (p. 38)

❖ Desventajas del mantenimiento correctivo

Pérez (2021) Para definir las desventajas del mantenimiento correctivo, sostuvo al respecto que:

- La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
- Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
- Alto inventario de repuestos.
- La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
- Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
- Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
- Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo –reparar cuando solo se presenta la avería–, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro

cesante) y también contar con medios técnicos muy variados. (p. 38)

b. Mantenimiento preventivo (MP)

Pérez (2021) Define al mantenimiento preventivo de la siguiente manera:

“El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos)” (p. 39).

Según Pérez (2021) Los objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo pueden ser:

- Disponibilidad: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
- Confiabilidad: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.
- Incrementar: al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado. (p. 39).

Según Pérez (2021) Las categorías del mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Cubrimiento del MP: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
- Ejecución del MP: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.

- Trabajos generados por las repeticiones del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP. (p. 39)

En la Figura 10 se visualiza lo que se debe tener en cuenta para ejecutar un buen mantenimiento preventivo.

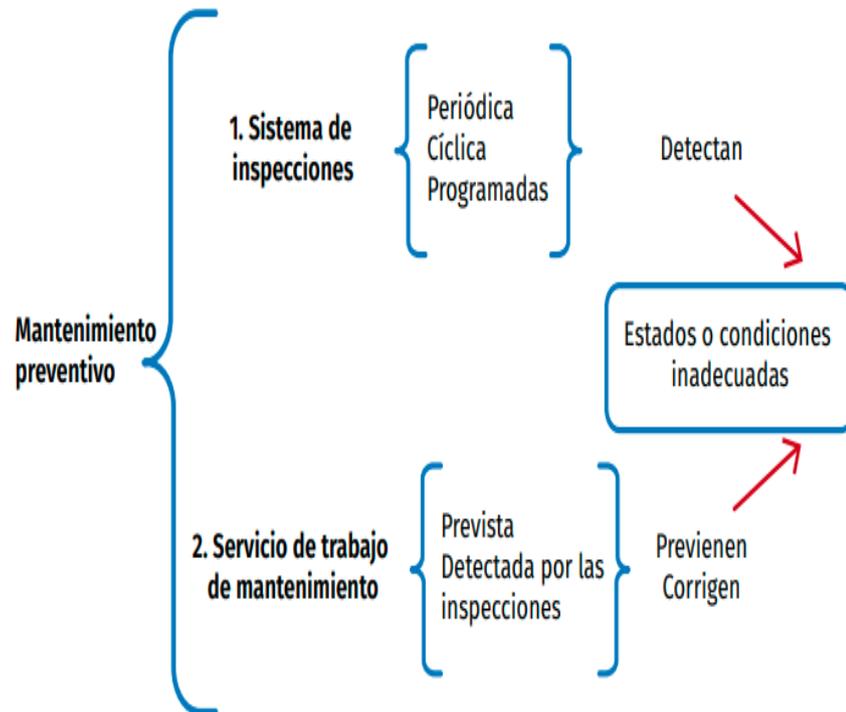


Figura 10: Implementación del mantenimiento preventivo (MP)
Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

Fases para aplicación de un plan de MP:

Pérez (2021) Para definir las fases para aplicación de un plan de MP, sostuvo al respecto que:

- La planificación: (se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).
 - La programación: (se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas).
 - La ejecución: (realización de los trabajos, previamente definidos).
 - El control: (verificación y validación de los trabajos ejecutados).
- (p. 40)

❖ Ventajas del mantenimiento preventivo

Pérez (2021) Para definir las ventajas del mantenimiento preventivo, sostuvo al respecto que:

- Disminuye las anomalías o fallas y los tiempos muertos (aumentando la disponibilidad de las máquinas, equipos e instalaciones).
- Aumenta la vida útil de las máquinas, equipos, componentes e instalaciones.
- Hay una mejora efectiva en el uso de los recursos.
- Se disminuyen o se reducen, los niveles de inventarios de repuestos.
- Hay un ahorro económico a largo y mediano plazo.
- Elaboración de planes de mantenimiento.
- Se documentan procedimientos, instructivos. Se mantiene actualizada la información.
- Se implementan buenas inspecciones de rutinas.
- Implementación de un buen programa de lubricación.
- Definición de los presupuestos.
- Se aumenta la seguridad industrial para las personas.
- Se mejora el enfoque de contaminación ambiental.
- Disminución de pagos de horas extras, que se generan continuamente.
- Se aumenta el cumplimiento de la entrega oportuna de producción. (p. 47)

❖ Desventajas del mantenimiento preventivo

Pérez (2021) Para definir las desventajas del mantenimiento preventivo, sostuvo al respecto que:

- Todo programa que se inicia genera un incremento en los costos.
- Para iniciar se necesita de tiempo extra en el trabajo del personal de mantenimiento. Búsqueda de la información, como manuales, historial, fichas técnicas, repuestos, inventarios, reparaciones, etc. Actualizar información, generación de procedimientos, instructivos.
- Tiempo para transferir la información recolectada.
- Técnicos de mantenimiento, trabajo de campo adicional. Taxonomía de los equipos. Materiales utilizados, tiempos, etc.
- Dotación, ordenamiento de almacenes. Rotación de repuestos, actualizar información, inventarios.
- Se elevan costos, por entrenamientos, capacitaciones para el personal. (p. 47)

c. Mantenimiento predictivo

Pérez (2021) Define al mantenimiento predictivo de la siguiente manera:

“Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar” (p. 48).

El mantenimiento predictivo también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (p. 48).

Estas aplicaciones predictivas más comunes en instalaciones industriales son las siguientes:

- El análisis de vibraciones mecánicas, considerado por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.
- Aplicación de termografías.
- Uso de boroscopias (inspecciones visuales).
- El análisis de aceites.
- Los análisis de ultrasonidos.
- El análisis de humos de combustión.
- El control de espesores en equipos estáticos.
- Y, también el análisis por medio de luz ultravioleta. (p. 49)

En la Figura 11 se visualiza las técnicas predictivas más habituales.



Figura 11: Técnicas predictivas

Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

En la Figura 12 se observa un enfoque del mantenimiento basado en condición, según estrategias, metas, tecnologías aplicadas y sus beneficios.

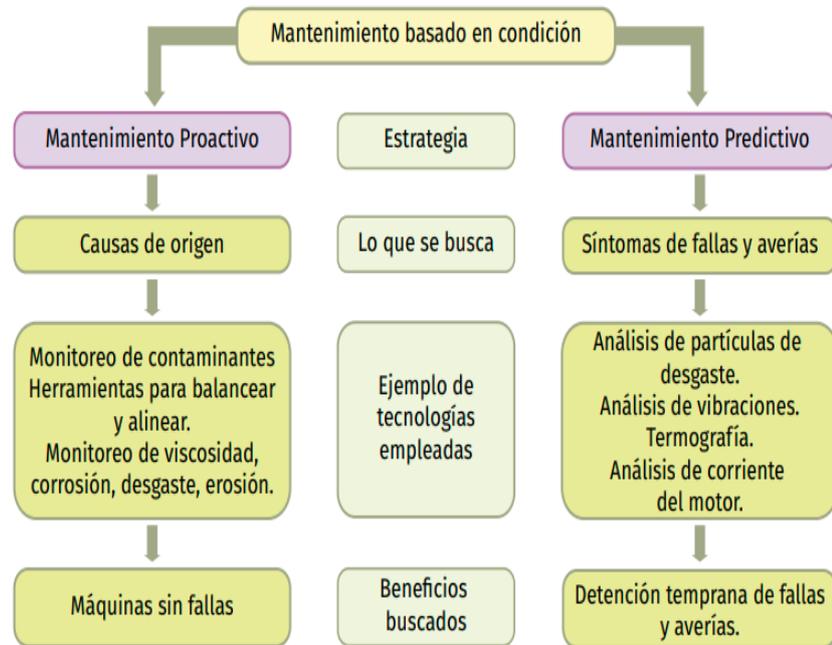


Figura 12: Mantenimiento basado en condición

Fuente: Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial

2.3.5 Análisis de Averías

Boero (2020) Para definir el análisis de averías, sostuvo respecto que:

“En última instancia se debe considerar a cada equipo en forma particular. Para analizar el rendimiento se debe determinar la relación del tiempo en que el equipo trabaja realmente con respecto al tiempo en que podría haber trabajado durante los tiempos en que la planta se encuentra funcionando” (p. 41).

El aprovechamiento ideal de los elementos productivos sería utilizarlos durante las 24 hs/días de los 365 días del año. A esta disponibilidad se le debe restar los días no laborables, vacaciones y turnos no trabajados. Pero para que el mantenimiento no disminuya las horas de producción, se lo debe tratar de realizar durante los horarios en que la máquina no esté dedicada a la fabricación.

El saldo del tiempo total menos las horas en que no se produce, serían las horas que se podría utilizar efectivamente si el equipamiento

estuviera en condiciones de funcionamiento, es decir, quedarían una cantidad de horas que serían posibles de producir si las máquinas no presentaran contratiempos. Como resultado se puede obtener una relación que indicaría la disponibilidad de cada equipo:

$$\text{disponibilidad} = \frac{\text{tiempo de trabajo del equipo}}{\text{tiempo de trabajo} + \text{tiempo equipo detenido}}$$

Para la determinación de la disponibilidad se tiene en cuenta las siguientes relaciones:

MTBF = tiempo medio entre avería (*middle time between failure*)

$$MTBF = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n}$$

donde T_1 es el lapso entre las dos primeras averías, T_2 el transcurrido entre la segunda y tercera averías, etc.

MTTR = tiempo medio de reparación (*middle time to repair*)

$$MTTR = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}$$

donde t_1 es la demora en la intervención de la primera avería, t_2 el transcurrido en la segunda intervención, etc.

Por lo tanto, la disponibilidad del equipo será:

$$\text{disponibilidad} = \frac{T_i}{T_i + t_i}$$

En la medida que el mantenimiento se pueda realizar en forma planificada, según procedimientos establecidos, con tiempos y recursos predeterminados, se obtendrán mejoras en el MTTR.

Para la optimización de estos tiempos es importante el análisis de cada instalación y la planificación del servicio de mantenimiento, en cuanto a las características del equipo, la profesionalidad de los responsables del mantenimiento, lo previsible de la intervención, el número de personas y elementos necesarios para realizarla.

Con respecto a las características propias de cada equipo influyen los siguientes aspectos:

❖ Requisitos cualitativos

- Acceso a las partes,
- Estandarización de las partes,
- Intercambiabilidad,
- Facilidad de los elementos de fijación y conexión,
- Facilidad de regulación,
- Simplicidad de las intervenciones,
- Herramental e instrumentos necesarios,

❖ Requisitos cuantitativos

- Tiempo medio de las intervenciones,
- Tiempo medio de mantenimiento preventivo,
- Cantidad de elementos que sufren averías,
- Consumo de repuestos,
- Necesidad de existencias de repuestos.

Con el objeto de profundizar el conocimiento del equipamiento se procede a realizar un estudio detallado de cada equipo en cuatro niveles funcionales según las siguientes etapas:

1er nivel: máquina completa, robot, horno, etc. dependiendo de cada planta industrial y de la tecnología utilizada.

2do nivel: conjunto o grupo funcional, por ejemplo, sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos, instalación eléctrica.

3er nivel: subconjunto o subsistema, es decir, los conjuntos que componen el 2do nivel. Por ejemplo, de la instalación eléctrica se detallarán: moto- res, tableros, etc.

4to nivel: componentes primarios. Toda pieza que pueda tener averías o inconvenientes que produzcan una parada. Se deberá detallar cualquier elemento crítico que requiera su atención o reemplazo en períodos determinados.

Para este análisis se debe contar con los antecedentes del equipo. Información sobre paradas de máquina, intervenciones, repuestos necesarios, etc. (pp. 41-44)

2.3.6 Análisis Crítico de los Modos y Efectos de Falla o AMFE

Boero (2020) para definir el análisis crítico de los modos y efectos de falla, sostuvo respecto que:

“Consiste en una herramienta con un enfoque preventivo para identificar problemas potenciales, sus causas y efectos. Fue desarrollada por la industria aeroespacial a mediados de los años 60 y en los años 70 adaptada a las automotrices en distintos tipos de aplicaciones. Se aplica en el diseño y desarrollo de productos, para la mejora de productos y procesos, y en nuestro caso, para el análisis de los elementos de las máquinas que están sujetos a fallas periódicas. Tiene como objetivo disminuir las intervenciones de urgencia y las paradas de máquina en momentos en que se requieren los equipos para realizar la producción. Permite detectar la necesidad de intervenciones de prevención” (p. 44).

La técnica se implantó originalmente como el análisis del modo y efecto de la falla FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), luego se le incorporó el concepto relativo al análisis crítico. En castellano se la suele llamar AMFE.

El análisis tiene por objeto:

- Ordenar con prioridades las intervenciones de mantenimiento,
- Identificar las medidas para neutralizar las averías.

Consiste en determinar los elementos críticos y la modalidad en que se producen las averías. El análisis se realiza según las cuatro etapas detalladas anteriormente. Esto permite hacer una rutina de la tarea y asegura la profundización del estudio.

La efectividad de la metodología se basa en la disponibilidad de información para la evaluación de los efectos provocados por las

averías, y fundamentalmente, por el detenido análisis de las posibles causas que las originan. (p. 45)

2.3.7 Identificación y Análisis de Fallas

Según, Boero (2020) para definir la identificación y análisis de fallas, sostuvo respecto que:

“Existen numerosas técnicas utilizadas para identificar y analizar las fallas. Estas técnicas no sólo se aplican en mantenimiento, son de utilidad para los diversos aspectos donde se implementa el mejoramiento continuo: calidad, procesos, diseño y desarrollo de productos, control de inventarios, etc. Por la facilidad de uso y funcionalidad, las técnicas gráficas son las más difundidas. Normalmente el estudio de los problemas requiere dos etapas, primero la identificación del problema y luego el análisis” (p. 55).

En la Figura 13 se presentan las técnicas gráficas más usuales y su aplicación.



Figura 13: Técnicas gráficas más usuales
Fuente: Mantenimiento industrial
Elaboración: Propia

a. Diagrama de Pareto

Boero (2020) para definir el diagrama de Pareto, sostuvo respecto que:

“Consiste en un método gráfico para determinar cuáles son los problemas más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de intervención. Permite identificar los

factores o problemas más importantes en función de la premisa de que pocas causas producen la mayor parte de los problemas y muchas causas carecen de importancia relativa” (p. 56).

Para la construcción del diagrama de Pareto se procede según siete fases que son las siguientes:

- Decidir cómo clasificar los datos.
- Elegir el período de observación.
- Obtener los datos y ordenarlos.
- Preparar los ejes cartesianos del diagrama.
- Diseñar el diagrama.
- Construir la línea acumulada.
- Añadir las informaciones básicas. (p. 56)

Diagrama ABC

Según, Boero (2020) para definir el diagrama ABC, sostuvo respecto que:

El gráfico mostrando los acumulados en un gráfico de línea se utiliza para determinar los elementos más importantes en las existencias de las empresas y constituye una importante herramienta del control de inventarios.

Este tipo de análisis sirve como base para la determinación los productos que serán sometidos a entregas más frecuentes cuando se implanta un sistema de abastecimiento *Just in Time*. En la asignatura Gestión de Abastecimiento se estudia el tema y se analiza la influencia que tiene el del volumen de cada elemento.

Los pocos productos que demandan la mayor parte del esfuerzo económico, son designados como “A”. Normalmente existe una gran diversidad de elementos que influyen poco en las inversiones en stock y se los designa productos “C”. Entre estos extremos se encuentran elementos intermedios llamados “B”. La representación gráfica es denominada diagrama ABC. (p. 61)

b. Diagrama de Causa – Efecto

Según, Boero (2020) para definir el diagrama de causa - efecto, sostuvo respecto que:

“Este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar. Es la representación gráfica de todas las posibles causas de un fenómeno. Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a este tipo de análisis. Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de diagrama de espina de pescado. También se lo llama de Ishikawa que es el apellido de su impulsor” (p. 63).

Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles causas que producen el problema. Un eje central se dirige al efecto. Sobre el eje se disponen las posibles causas. (Ver Figura 14)

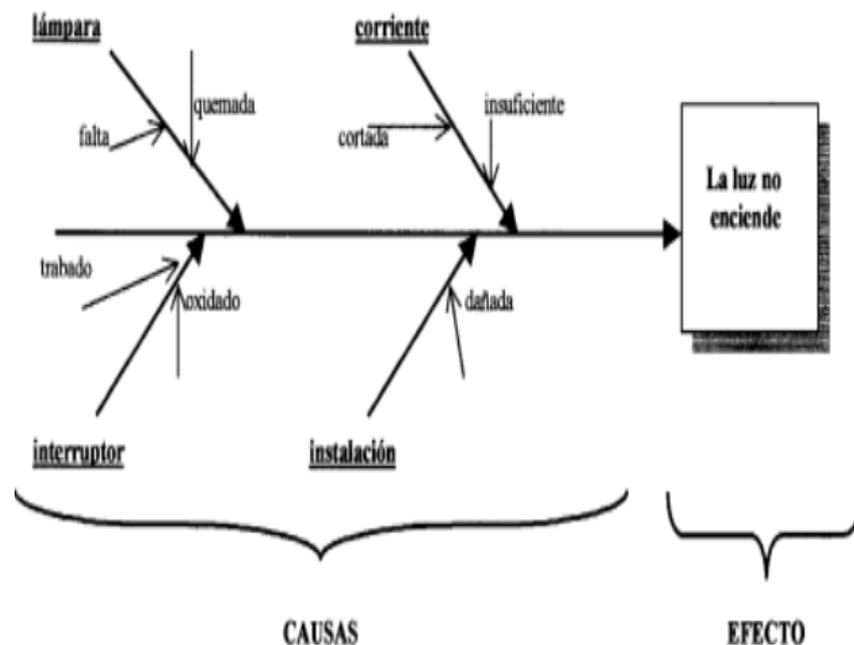


Figura 14: Diagrama de causa – efecto
Fuente: Mantenimiento industrial

El análisis causa-efecto, es el proceso mediante el que se parte de una definición precisa del efecto que se desea estudiar. A continuación, se disponen todas las causas que pueden provocar el efecto. Las causas conviene agruparlas por tipos, por ejemplo, un grupo podría ser las originadas por motivos eléctricos, otras por los elementos mecánicos, hidráulicos, etc. Cada grupo se dispone en un subeje.

La construcción de este diagrama presenta un esquema gráfico que permite efectuar un análisis de las causas que influyen sobre el efecto objeto del estudio.

El análisis causa-efecto puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa-efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido. (pp. 64-65)

2.3.8 Herramienta TWTTP + HERCA

a) TWTTP (*The Way to Teach People*)

Según Fiat Chrysler Automoviles, (2021), “TWTTP identifica la causa raíz debida a la falta de conocimientos o habilidades” (p. 71). (Ver Anexo 4)

b) ¿Cuándo sabemos que tenemos que usar TWTTP/HERCA?

- Durante en análisis 4M - Problema humano.
- Defecto de umbrales de calidad.
- Errores humanos de seguridad (SEWO).
- EWO - Validación del error humano.
- Entorno – Error humano.

c) TWTP/HERCA – Flujo

En la Figura 15 se muestra el flujo de TWTP/HERCA:

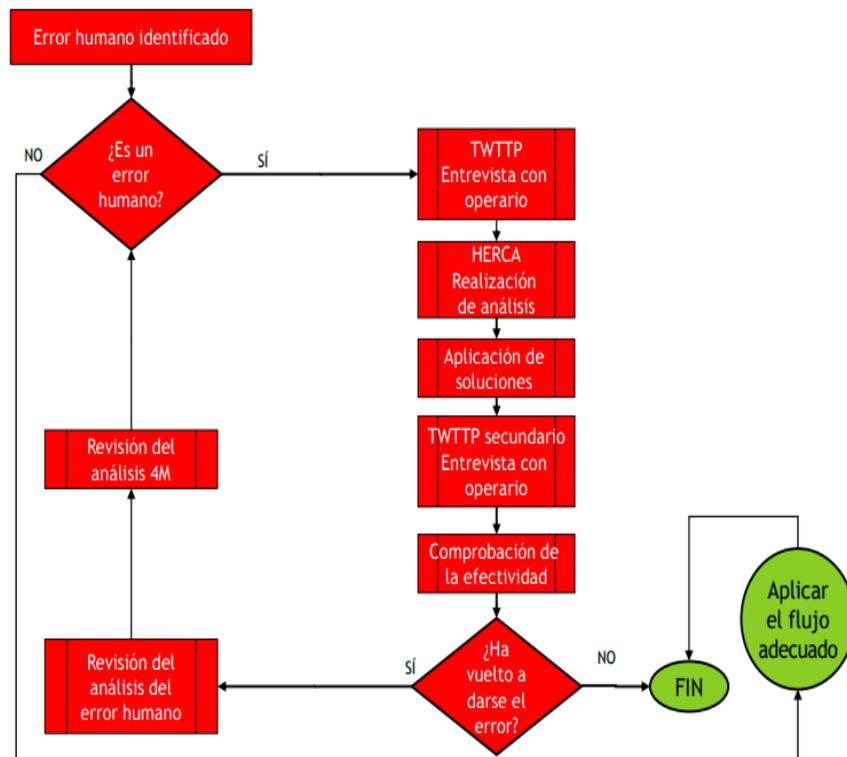


Figura 15: TWTP/HERCA - Flujo

Fuente: Fiat Chrysler Automoviles

Elaboración: Propia

d) Categorización de errores con TWTP

- ❖ Falta de conocimientos: desconocimiento de los requisitos; falta información o no hay evidencia de formación.
- ❖ Falta de habilidad: incapacidad para realizar una tarea de manera correcta. Una persona puede tener conocimientos o saber explicar el proceso del trabajo, pero ser incapaz de hacerlo en los plazos adecuados.

e) Consejos útiles al realizar una entrevista de TWTP

- Emplea un tono colaborador en el diálogo; explica que no es una acción disciplinaria.
- Mantén una conversación general sobre el defecto/error con el miembro del equipo. No recorras el formulario pregunta a pregunta.

- Lo importante es cómo hacemos la entrevista y formulamos las preguntas (es decir, preguntas de exploración y verificación).
- Utiliza preguntas abiertas (qué, cuándo, dónde, cómo, etc.) para sondear en busca de más detalles.
- ¿Comprendes mejor por qué se produjo el error humano?
- ¿Conoces con seguridad la verdadera causa del error o sencillamente aceptas lo que te dice el entrevistado?
- A veces puede que necesites entrevistar a varios miembros del equipo; puede ayudarte a descubrir la causa raíz a través de varios testimonios.
- Cuando hayas recopilado suficiente información de la(s) entrevista(s), documenta las respuestas en el formulario.
- Proporciona descripciones claras para cada respuesta.
- Si procede, identifica la solución más apropiada (márcala con un círculo). Ten en cuenta que la formación en el puesto de trabajo (OJT) podría necesitar SWI/OPL.
- ¿Crees que la solución identificada ataca la causa raíz?

f) HERCA (*Human Error Root Cause Analysis*)

Según Fiat Chrysler Automoviles, (2021), “HERCA identifica la causa raíz debida a otras razones” (p. 71). (Ver Anexo 4)

¿Hay otras causas del error humano?

Ulterior análisis de otros 6 elementos:

- Deficiencias de proceso en el trabajo.
- Deficiencias de procedimiento en el trabajo.
- Deficiencias técnicas/de equipamiento.
- Entorno/organización del lugar de trabajo.
- Falta de atención/olvidos del empleado.
- Motivación del empleado.

g) Notas para los procedimientos de TWTTP y HERCA:

Deficiencias de proceso: hay problemas ergonómicos; el proceso hace que el operario cometa errores.

Deficiencias de procedimiento: indica deficiencias con respecto a OPL, SOP Gestión visual = etiquetas en la estación de trabajo (etiquetas para las piezas/herramientas), SOP y OPL situados en el lugar adecuado, etc. Si un operario está haciendo mal el trabajo porque el SOP o OPL no están bien redactados, la causa raíz es una DEFICIENCIA DE PROCEDIMIENTO.

Problemas del equipamiento técnico: el operario no puede hacer su trabajo correctamente o tiene dificultades para hacerlo debido a problemas con las máquinas o herramientas.

Organización/entorno del lugar de trabajo: revisa el puesto de trabajo y comprueba si hay problemas en su configuración u organización.

Motivación/Implicación: generalmente esta categoría tiene que ver con “problemas personales” relativas al operario, ES DECIR, nos consta que hemos formado al operario con la documentación adecuada y que el puesto de trabajo se ajusta a las normas. En este caso, podemos decir que el operario tiene que implicarse más.

Falta de atención/olvidos: esta categoría puede utilizarse para personas que realizan trabajos no repetitivos; la gente tiende a olvidarse de cosas o distraerse con elementos externos (material de lectura, teléfono, radio).

h) TWTTP/HERCA – Soluciones

Una vez identificada la causa (o causas) raíz, es preciso adoptar las soluciones adecuadas y es imprescindible hacer un seguimiento minucioso de los efectos.

El seguimiento de las actividades es muy importante para:

- Comprobar la efectividad de las actividades.
- Definir las ventajas obtenidas

Una vez adoptada la solución, el seguimiento de los KPI debe durar al menos 3 meses para considerar el problema resuelto.

Si el error humano vuelve a producirse después de aplicar la solución, debemos repetir el proceso y poner en práctica una solución más efectiva.

La repetición de los errores debe eliminarse mediante:

- La mecanización (p. ej. dispositivos a prueba de errores de uso), preferible.
- La estandarización: procedimientos operativos estándar (SOP) y gestión visual.

i) Flujo de procesos una vez finalizado TWTP/HERCA

Comprobar con tu equipo de gestión quién recibe TWTP y HERCA.

La implementación de la solución se asignará en función de la actividad necesaria.

Deben pasar tres meses sin ningún defecto una vez aplicada la solución para considerar resuelto un error humano.

2.3.9 Eficiencia

Robbins y Coulter (2005) definen a la eficiencia como: “Capacidad de obtener los mayores resultados con la mínima inversión. Se define como hacer bien las cosas” (p. 34).

Andrade (2005) define la eficiencia como: “Expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos” (p. 253).

Koontz y Weihrich (2004) la eficiencia es: “El logro de las metas con la menor cantidad de recursos” (p. 14).

Por otro lado, para definir el concepto de eficiencia, Chiavenato (2011) sostuvo al respecto que:

“Es una relación técnica entre entradas y salidas. En estos términos, la eficiencia es una relación entre costos y beneficios; asimismo, se

refiere a la mejor forma de realizar las cosas (método), a fin de que los recursos (personas, máquinas, materias primas) se apliquen de la forma más racional posible. La eficiencia se preocupa de los medios, métodos y procedimientos más apropiados que deben planearse y organizarse adecuadamente a fin de asegurar la utilización óptima de los recursos disponibles. La eficiencia no se preocupa de los fines, sino sólo de los medios. El alcance de los objetivos previstos no entra en la esfera de competencia de la eficiencia; éste es un asunto relacionado con la eficacia” (p. 22).

Por último, García (2011) manifiesta que la eficiencia puede ser definida como: “La relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido. Eficiencia es hacer bien las cosas” (p. 17).

$$Eficiencia = \frac{Insumos\ programados}{Insumos\ utilizados}$$

2.3.10 Tipos de eficiencia

Según, Farrel (1957) para definir los tipos de eficiencia, sostuvo respecto que:

“Eficiencia de escala: Se presenta cuando una empresa se encuentra produciendo en una escala de tamaño óptima y que esta escala es la que le permite maximizar sus beneficios. Eficiencia asignativa: Cuando la empresa realiza una combinación de inputs en sus procesos productivos, con lo que logra minimizar sus costos de producción. Eficiencia técnica: Cuando la empresa consigue el máximo de outputs posibles con la combinación de inputs empleada” (pp. 253-281).

2.3.11 Medición de la eficiencia

Según, Arias (2009) para definir la medición de la eficiencia, los caracteriza de la siguiente forma:

“Métodos de frontera: obtienen una función de producción relacionando los productos obtenidos y los insumos de las unidades productivas consideradas en la evaluación. De esta forma, dicha

función de producción determina el límite de posibilidades de producción; por lo cual, bajos estos métodos, la eficiencia de una unidad productiva viene dada por la distancia que la separa de la mencionada frontera. Métodos de no frontera: no requieren la estimación de una frontera de posibilidades de producción ya que evalúan el desempeño de forma absoluta, sin realizar la comparación con otras unidades productivas” (p. 39).

Además, Prokopenko (1989) manifiesta que la eficiencia puede ser medida como se muestra a continuación:

“La eficiencia indica en qué grado el producto realmente necesario se genera con los insumos disponibles, así como el uso de la capacidad disponible. La medición de la eficiencia revela la relación entre producto e insumo y el grado de uso de los recursos comparado con la capacidad total (potencial). Este indicador debe revelar dónde se producen las ineficiencias” (p. 39).

2.4 Definición de términos básicos

- a. Análisis de vibraciones: “Detecta defectos internos como desalineaciones de rodamientos y poleas, desequilibrios dinámicos, desgastes de engranajes, sobrecargas, ejes defectuosos” (Mora, 2009, p. 408).
- b. Ciclo de vida: “Tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo” (Pérez, 2021, p. 23).
- c. Componente o pieza: “Es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros” (Pérez, 2021, p. 23).
- d. Disponibilidad: “Es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo en el cual una máquina o equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado y construido. Esto no implica

necesariamente que esté operando o funcionando, sino que se encuentra en óptimas condiciones de operar” (Pérez, 2021, p. 23).

- e. Eficiencia: “Alcanzar las metas definidas como tareas de reparaciones o de mantenimientos planeados, mediante el empleo de los recursos o factores productivos asignados (en cantidad limitada), para ello” (Mora, 2009, p. 289).
- f. Equipo: “Se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías” (Pérez, 2021, p. 23).
- g. Evento de falla: “Aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo” (Pérez, 2021, p. 23).
- h. Falla: “Situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función” (Pérez, 2021, p. 23).
- i. Indicadores: “Es una magnitud o expresión cuantitativa del comportamiento de varias variables o de los atributos de un producto o servicio en proceso de una organización. La magnitud del indicador sirve para compararla con un valor o nivel de referencia, según sea el caso. Mide un conjunto de variables y se asocia a organización o conjunto de empresas o procesos” (Mora, 2009, p. 290).
- j. Lubricación: “Actividades de mantenimiento preventivo, donde se adiciona un lubricante, con el objetivo de minimizar el contacto entre dos superficies, evitando así su desgaste” (Pérez, 2021, p. 23).
- k. Mantenimiento: “Acciones que se realizan solamente cuando el equipo o máquina está detenido o está en reposo” (Pérez, 2021, p. 24).
- l. MTBF: “Tiempo medio entre fallos sucesivos” (Díaz, 2011, p. 56).
- m. MTTR: “Es el tiempo activo neto de reparación sin demoras y con todos los recursos disponibles al iniciarse la reparación” (Mora, 2009, p. 81).
- n. Orden de trabajo: “Es el documento de soporte de las diferentes actividades realizadas en el departamento, es el mecanismo básico de registro del sistema de mantenimiento que se emplea para rastrear

problemas de mantenimiento, trabajos, proyectos y cronogramas de mantenimiento de equipos” (Pérez, 2021, p. 80).

- o. Parada general: “Situación en la que, a un conjunto de activos, se realiza periódicamente una serie de revisiones, reparaciones, mejoras, cambios, etc., y donde estas actividades están concertadas con los departamentos interesados y, por supuesto, están también programadas por un tiempo definido” (Pérez, 2021, p. 24).
- p. Tasa de fallas: “Expresa la cantidad de averías o de reparaciones por unidad de tiempo que ocurren en el tiempo en que se estudia un elemento” (Mora, 2009, p. 143).

2.5 Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis

En la Figura 16, se visualiza de manera resumida la estructura del presente trabajo de investigación:

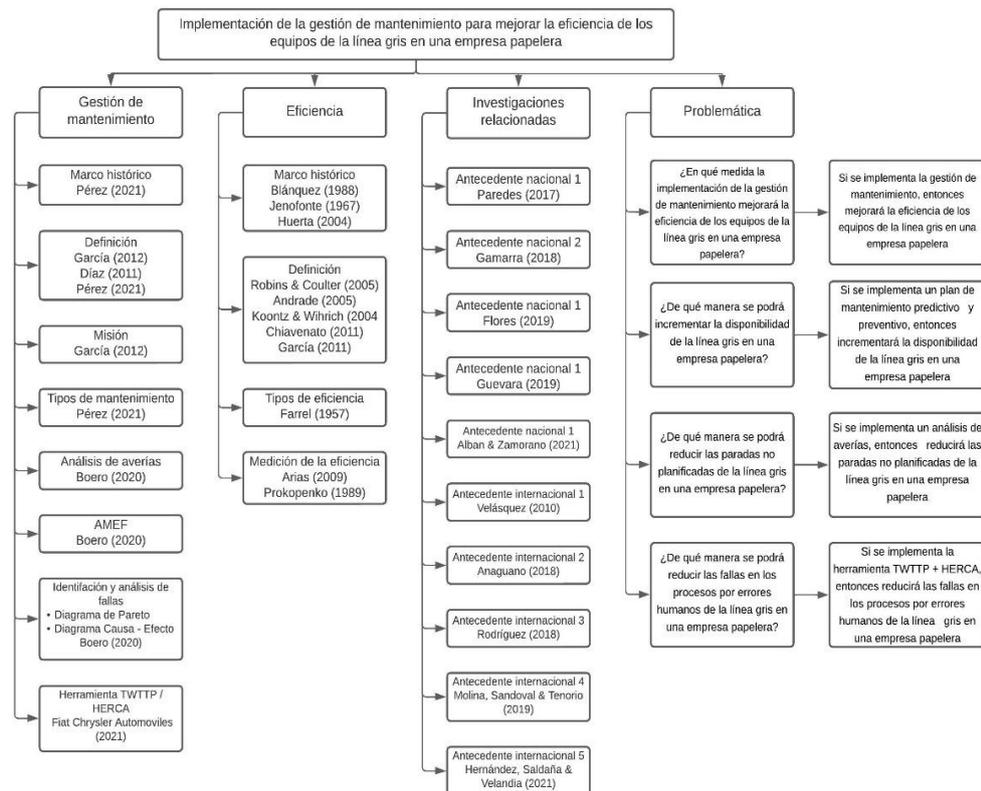


Figura 16: Mapa conceptual del fundamento teórico
Fuente: Elaboración Propia

2.6 Hipótesis

2.6.1 Hipótesis general

Si se implementa la gestión de mantenimiento, entonces mejorará la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelera.

2.6.2 Hipótesis específicas

- a) Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.
- b) Si se implementa un análisis de averías, entonces reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera.
- c) Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

2.7 Variables

La variable independiente de la presente investigación es: Gestión de mantenimiento. (Ver Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables)

Las dimensiones de la variable independiente son:

- Plan de mantenimiento predictivo y preventivo.
- Análisis de averías.
- Herramienta TWTP + HERCA.

La variable dependiente de la presente investigación es: Eficiencia.

Las dimensiones de la variable dependiente son:

- Disponibilidad de la línea gris.
- Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris.
- Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris.

Los indicadores de las variables dependientes son:

- Disponibilidad = $(MTBF / (MTBF + MTTR))$ semanal
- Tiempos de paradas no planificadas / Semana
- Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación

- Enfoque de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

El presente trabajo de investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo ya que utiliza la recolección de datos y su respectivo análisis con la finalidad de medir el incremento de la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelera.

- Tipo de la investigación

Según Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2013) “Se llaman aplicadas porque con base en la investigación básica, pura o fundamental, en las ciencias fácticas o formales, que hemos visto, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad” (p. 61).

El presente trabajo emplea una investigación de tipo aplicada, debido a que necesita de la cognición de otras investigaciones, como el mantenimiento predictivo y preventivo, análisis de averías y herramienta TWTP + HERCA, con el fin de incrementar la disponibilidad de la línea gris, reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris y reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris.

- Nivel de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 95).

Por lo tanto, esta investigación cumple con la peculiaridad de ser del nivel explicativo, por cuanto busca establecer la relación causa - efecto en la solución de la problemática identificada.

- Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Los diseños cuasiexperimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos” (p. 151).

El presente trabajo de investigación tiene un diseño de investigación experimental de tipo cuasiexperimental porque se implementaron las variables independientes (plan de mantenimiento predictivo y preventivo, análisis de averías y herramienta TWTPP + HERCA) para ver su efecto sobre las variables dependientes (disponibilidad de la línea gris, tiempos de paradas no planificadas de la línea gris y fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris) dentro de una situación controlada por el investigador. Para esto se estudian las variables dependientes antes y después del procedimiento.

3.2 Población y muestra

Según López y Fachelli (2015) “Universo o Población son expresiones equivalentes para referirse al conjunto total de elementos que constituyen el ámbito de interés analítico y sobre el que queremos inferir las conclusiones de nuestro análisis, conclusiones de naturaleza estadística y también sustantiva o teórica. En particular se habla de población marco o universo finito, al conjunto preciso de unidades del que se extrae la muestra, y universo hipotético o población objetivo, el conjunto poblacional al que se pueden extrapolar los resultados” (p. 7).

Según López y Fachelli (2015) “Una muestra estadística es una parte o subconjunto de unidades representativas de un conjunto llamado población o universo, seleccionadas de forma aleatoria, y que se somete a observación científica con el objetivo de obtener resultados válidos para el universo total

investigado, dentro de unos límites de error y de probabilidad de que se pueden determinar en cada caso” (p. 6).

Según Hernández (2018) “Unidad de análisis es la unidad de la cual se extraerán los datos o la información final” (p. 198).

La población y muestra a considerar para la presente investigación se señala a continuación para cada una de las variables:

✓ Variable dependiente 01: Disponibilidad de la línea gris - Disponibilidad = $(MTBF / (MTBF + MTTR))$ semanal

- Población

La población delimitada para la investigación fue los 06 registros de disponibilidad de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Población PRE: 06 registros de disponibilidad de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.

Población POST: 06 registros de disponibilidad de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.

- Muestra

El tamaño de la muestra es equivalente a la población; es decir, los 06 registros de disponibilidad de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Muestra PRE: La muestra es igual a la población.

Muestra POST: La muestra es igual a la población.

✓ Variable dependiente 02: Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris – Tiempos de paradas no planificadas / Semana

- Población

La población delimitada para la investigación fue los 06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Población PRE: 06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.

Población POST: 06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.

- Muestra

El tamaño de la muestra es equivalente a la población; es decir, los 06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Muestra PRE: La muestra es igual a la población.

Muestra POST: La muestra es igual a la población.

✓ Variable dependiente 03: Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris - Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana

- Población

La población delimitada para la investigación fue los 06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Población PRE: 06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.

Población POST: 06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.

- Muestra

El tamaño de la muestra es equivalente a la población; es decir, los 06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en la empresa Papelera del Sur S.A.

Muestra PRE: La muestra es igual a la población.

Muestra POST: La muestra es igual a la población.

En la Tabla 2 se muestran las unidades de análisis y las muestras en una situación PRE Test y POST Test.

Tabla 2:
Unidad de análisis y muestra PRE y POST por cada variable

Variable dependiente	Indicador	Unidad de análisis y periodos	Muestra PRE	Muestra POST
Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = (MTBF / (MTBF + MTTR)) semanal	Disponibilidad de la línea gris Semana 12 a semana 17 del 2022 y semana 26 a semana 31 del 2022	06 registros de disponibilidad de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.	06 registros de disponibilidad de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Semana 12 a semana 17 del 2022 y semana 26 a semana 31 del 2022	06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.	06 registros de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Semana 12 a semana 17 del 2022 y semana 26 a semana 31 del 2022	06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, desde semana 12 hasta semana 17 del 2022.	06 registros de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, desde semana 26 hasta semana 31 del 2022.

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas e instrumentos

- Técnicas para recolectar datos

Según Arias (2012) “Es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información. La aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cual debe ser guardada en un medio material de manera que los datos puedan ser recuperados, procesados, analizados e interpretados posteriormente” (p. 67).

- Instrumentos para recolectar datos

Según Niño (2011) “Recursos, medios, útiles, pruebas o herramientas, los instrumentos tienen como función capturar los datos o la información requerida con el fin de verificar el logro de los objetivos de la investigación, medir las variables y validar la hipótesis, en caso de que se contemplen” (p. 87).

La técnica que se empleó en la investigación de las 3 variables fue: El análisis documental.

- Análisis documental:

Según Bernal (2006) “Es una técnica basada en fichas bibliográficas que tienen como propósito analizar material impreso. Se usa en la elaboración del marco teórico del estudio. Para una investigación de calidad, se sugiere utilizar simultáneamente dos o más técnicas de recolección de información, con el propósito de contrastar y complementar los datos” (p. 177).

Como instrumentos para la recolección de datos que se implementó en nuestras 3 variables fue: Registro de contenido del documento brindado por la empresa.

- Registros de contenido: Según Schellenberg (1956) los registros de contenido son “aquellos documentos de una institución pública y privada que son declarados merecedores de ser preservados permanentemente para propósitos referencia e investigación y que han sido depositados o han sido seleccionados para depositarlos en una institución archivística” (p. 164).

Las técnicas e instrumentos para utilizar por cada variable se detallan en la Tabla 3:

Tabla 3:
Técnicas e instrumentos

Variable dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Disponibilidad de la línea gris	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$	Análisis documental	Registro de contenido del documento “Registro de disponibilidad de la línea gris”
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana	Análisis documental	Registro de contenido del documento “Registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris”
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	Análisis documental	Registro de contenido del documento “Registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris”

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

- Criterio de validez

Según Bernal (2006) “La validez indica el grado con que pueden inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos. Por lo tanto, un instrumento de medición es válido cuando mide aquello para lo cual está destinado” (p. 214).

- Criterio de confiabilidad

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) “La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (p. 200).

En función a la técnica e instrumento elegido se determinará el criterio de validez y confiabilidad para las 3 variables.

Para la primera, segunda y tercera variable, el criterio de validez y confiabilidad será dada por la empresa en función al análisis de la documentación proporcionada, dado que es información real.

3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos

El plan consistió en la recolección de datos mediante el registro de disponibilidad de la línea gris, registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris y registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, con la finalidad de obtener información histórica e indicadores de la papelera durante el primer trimestre del 2022.

Luego, en la presente investigación se procedió a analizar los datos obtenidos mediante los registros proporcionados por la empresa, con el fin de implementar propuestas de mejora para los problemas encontrados.

Finalmente, se procedió a comparar los nuevos indicadores obtenidos al aplicar las herramientas de mejora y poder corroborar las hipótesis planteadas.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos

Para la presente investigación se realizó el análisis e interpretación de datos mediante herramientas de cálculo como el SPSS, para conceptualizar los resultados obtenidos de la implementación de gestión de mantenimiento. (Ver Tabla 4)

Tabla 4:
Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Variable	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = MTBF / (MTBF + MTTR)	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	T de Student de muestras relacionadas
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	T de Student de muestras relacionadas
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Wilcoxon

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Generalidades

Papelera del Sur S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de empaques de cartón corrugado, papeles y cartulinas. Se encuentra ubicada en el KM 202 Z.I Tambo de Mora - Chincha Baja - Chincha.

Tiene como misión la satisfacción oportuna de las necesidades del cliente, suministrando cartones, cartulinas esmaltadas y soluciones integrales e innovadoras en productos de cartón corrugado de óptima calidad, con la más avanzada tecnología, garantizando su eficacia para mantener el liderazgo en servicio, bienestar de nuestro personal, protección ambiental y rentabilidad.

Tiene como visión que para el año 2023 será el líder de la región con altos estándares de calidad como factor diferenciador, confiabilidad en el suministro de soluciones de empaque de cartón corrugado y cartulinas, con alto sentido de cooperación con el medio ambiente, un clima laboral motivante y un gran compromiso por el mejoramiento continuo que nos permita acoplarnos de manera positiva a los cambios y a las exigencias de los clientes.

La empresa Papelera del Sur S.A., presenta varios problemas en la gestión de mantenimiento, lo que ha venido ocasionando una ineficiencia en los equipos según los registros de los últimos años. Para demostrar la existencia de esta problemática se elaboró el siguiente diagrama de Ishikawa (Ver Figura 17):

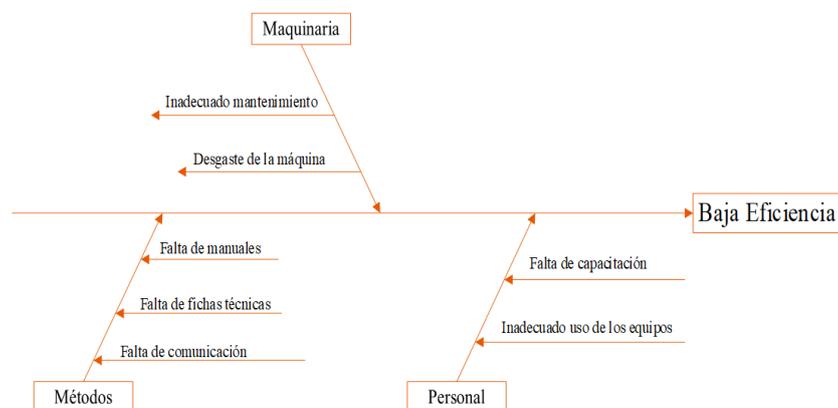


Figura 17: Diagrama de Ishikawa – Baja Eficiencia
Fuente: Elaboración Propia

❖ Objetivo específico 01: Implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para incrementar la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.

➤ Situación Antes (Pre Test)

La falta de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo trae como consecuencia la baja disponibilidad de la línea gris, generando problemas en la producción de los equipos Pulper Voith y SP 1200.

Se evidenciaron problemas en el área de pulpeado y cedazo de la línea gris por lo que la disponibilidad de la línea gris se ha visto afectada. Esto se originó debido al desgaste prematuro de la escriba o tamiz y por la rotura del piñón de ataque del reductor en el equipo pulper voith. Asimismo, siendo otra causa el deterioro de rodamiento y falla del sello mecánico en el equipo SP 1200. Todo esto trajo como consecuencia paradas imprevistas para el proceso productivo a consecuencia de una baja disponibilidad del equipo.

Para determinar la disponibilidad de la línea gris del PRE TEST en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022), se hizo un análisis documental para conocer el tiempo de utilización de los equipos Pulper Voith y SP 1200 de forma diaria, para ello se acudió a información del balance histórico del mantenimiento de los equipos. La información obtenida fue registrada en el formato al cual denominamos Registro de disponibilidad de la línea gris, cuyos campos nos permitieron obtener la información necesaria para aplicar la fórmula de disponibilidad.

La fórmula de disponibilidad aplicada es:

$$disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El formato de Registro de disponibilidad de la línea gris (Ver Tabla 5) contiene el siguiente detalle:

Tabla 5:
 Formato de registro de disponibilidad de la línea gris

Registro de disponibilidad de la línea gris

Año	2022	
Tiempo de operación	1440	minutos / día
Equipo		

Enero	Frecuencia	Tiempo de inactividad	MTBF	MTTR	Disponibilidad
Día 1					
Día 2					
Día 3					
Día 4					
Día 5					
Día 6					
Día 7					
Día 8					
Día 9					
Día 10					
Día 11					
Día 12					
Día 13					
Día 14					
Día 15					
Día 16					
Día 17					
Día 18					
Día 19					
Día 20					
Día 21					
Día 22					
Día 23					
Día 24					
Día 25					
Día 26					
Día 27					
Día 28					
Día 29					
Día 30					
Día 31					
Promedio Mes					

Fuente: Elaboración Propia

➤ Muestra antes

Para determinar la disponibilidad de la línea gris del PRE TEST en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022), se procede a la recolección de los datos de acuerdo a la data de los equipos Pulper Voith y SP1200. (Ver Tabla 6)

Tabla 6:
Cálculo de disponibilidad de los equipos – Pre Test

Equipo	Fallas	Frecuencia	Semanas	Tiempo (Min)	MTBF	MTTR	Disponibilidad
Pulper	Falla Pulper (Rotura Enchaquetado fondo Tazón Pulper)	1	Semana 12	230	1210	230	84.03%
Pulper	Exceso de hora en cambio de tamiz Pulper	1	Semana 12	60	1380	60	95.83%
SP1200	Intervención de SP1200 cambio de caja de rodamiento	1	Semana 12	405	1035	405	71.88%
SP1200	Falla SP1200 (Mal montaje y material del sello inadecuado)	1	Semana 12	60	1380	60	95.83%
Pulper	Falla Pulper (Por girarse el manguito en el eje)	1	Semana 13	224	1216	224	84.44%
Pulper	Falla contra eje pulper (Se corrió rodamientos por exceso de temperatura)	1	Semana 13	65	1375	65	95.49%
SP1200	Falla conectora de agua sello SP1200 (Por desgaste)	1	Semana 13	405	1035	405	71.88%
SP1200	Falla Sello SP1200 (Por exceso de pegado)	1	Semana 13	89	1351	89	93.82%
Pulper	Cambio rotor Pulper (Por desgaste)	1	Semana 14	220	1220	220	84.72%
Pulper	Perdida de producción cambio de fajas pulper	1	Semana 14	88	1352	88	93.89%
SP1200	Fuga de agua sello SP1200 (Cara sello rayado)	1	Semana 14	338	1102	338	76.53%
SP1200	Falla sello SP1200 (Rotura de resorte interno)	1	Semana 14	115	1325	115	92.01%
Pulper	Cambio Tamiz y Rotor Pulper (Desgaste por tiempo vida útil)	1	Semana 15	207	1233	207	85.63%
Pulper	Falla Polea transmisión P3 (Por romperse manguito de sujeción)	1	Semana 15	90	1350	90	93.75%
SP1200	Intervención de SP1200	1	Semana 15	248	1192	248	82.78%
SP1200	Intervención Sello SP1200	1	Semana 15	120	1320	120	91.67%
Pulper	Falla Pulper (Rotura Enchaquetado fondo Tazón Pulper 3)	1	Semana 16	180	1260	180	87.50%
Pulper	Falla Contra eje Pulper (Eje caído)	1	Semana 16	105	1335	105	92.71%
SP1200	Revisión de SP1200 (Revisión de sistema sellado y sello)	1	Semana 16	188	1252	188	86.94%
SP1200	Falla SP1200 (Fuga de agua por Sello rajados)	1	Semana 16	121	1319	121	91.60%
Pulper	Cambio de Rotor de Pulper	1	Semana 17	150	1290	150	89.58%
Pulper	Falla transmisión contra eje Pulper (falta de rodamientos por exceso de temperaturas)	1	Semana 17	120	1320	120	91.67%
SP1200	Falla SP1200 (Rotura de conector internamente ingreso de agua)	1	Semana 17	130	1310	130	90.97%
SP1200	Intervención de SP1200	1	Semana 17	122	1318	122	91.53%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

El promedio semanal de la disponibilidad fue del 88.19%

Tabla 7:
Disponibilidad Pre Test

Semana	Disponibilidad Pulper Voith	Disponibilidad SP 1200	Promedio semanal
Semana 12	89.93%	83.85%	86.89%
Semana 13	89.97%	82.85%	86.41%
Semana 14	89.31%	84.27%	86.79%
Semana 15	89.69%	87.22%	88.45%
Semana 16	90.10%	89.27%	89.69%
Semana 17	90.63%	91.25%	90.94%
Promedio General			88.19%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

➤ Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Se presenta un diagrama (Ver Figura 18) para detallar los pasos aplicados en la teoría:

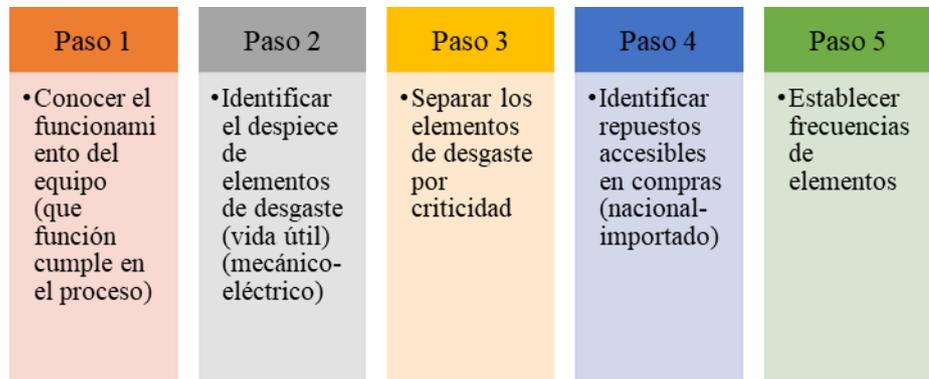


Figura 18: Pasos para realizar un plan de mantenimiento preventivo – predictivo
Fuente: Elaboración Propia

Se debe incrementar la disponibilidad de la línea gris ya que actualmente está con un promedio de 88.19%, y como objetivo se debe incrementar a un 90.41%

Por lo que se iniciara la implementación de los siguientes pasos:

Paso 1: Conocer el funcionamiento del equipo (que función cumple en el proceso)

Como primer paso para empezar a realizar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo es necesario conocer a fondo el funcionamiento y estructura del equipo para poder determinar elementos que serán de mayor prioridad. Será de ayuda tener a disposición los manuales y catálogos de los proveedores de cada equipo.

Por otro lado, debemos conocer también el tipo de trabajo que realizará el equipo porque de ello dependerá el buen manejo y control del equipo. Asimismo, debemos tener en cuenta si el equipo viene trabajando de una manera continua para llevar un manejo de frecuencia de cambio.

A continuación, se detallará el funcionamiento de los equipos Pulper Voith y SP1200:

- Equipo Pulper Voith: El funcionamiento de este equipo consta en desintegrar la fibra del papel creando una consistencia dentro de los parámetros establecidos como parte del proceso.
- Equipo SP1200: El funcionamiento de este equipo consta en depurar la fibra del papel creando una consistencia dentro de los parámetros establecidos como parte del proceso.

Paso 2: Identificar el despiece de elementos de desgaste (vida útil) (mecánico - eléctrico)

Como segundo paso debemos identificar el despiece de cada equipo para conocer los componentes que serán evaluados por la jefatura de mantenimiento.

A continuación, se mostrarán las imágenes y planos del despiece de elementos de desgaste de los equipos Pulper Voith y SP1200:

Equipo Pulper Voith



Figura 19: Equipo Pulper Voith
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia



Figura 20: Rotor del Pulper Voith
Fuente: Área de mantenimiento
Elaboración: Propia



Figura 21: Tamiz del Pulper Voith
Fuente: Área de mantenimiento
Elaboración: Propia

Equipo SP1200



Figura 23: Equipo SP1200
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia



Figura 24: Sello mecánico del SP1200
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

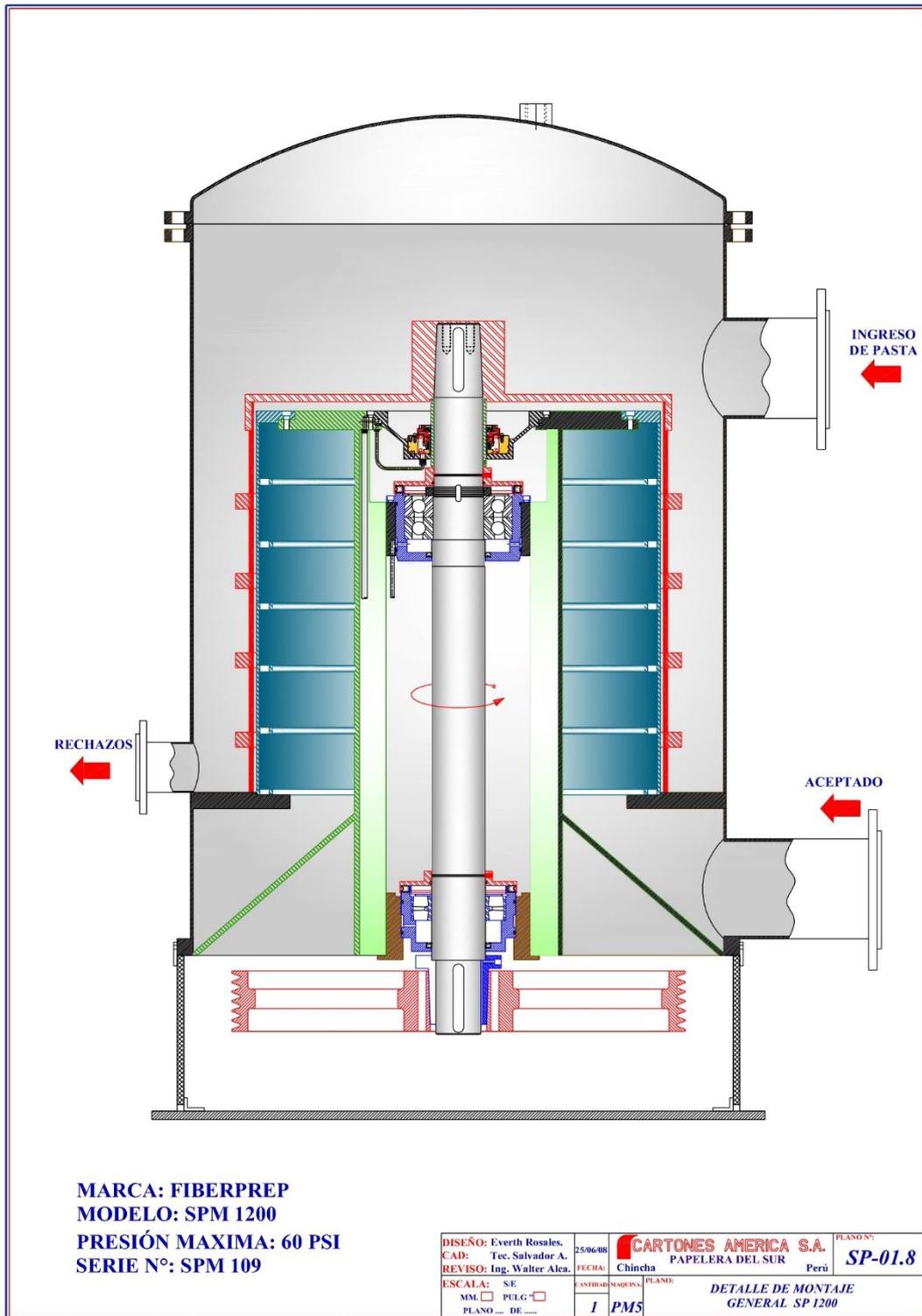


Figura 25: Detalle de montaje general SP1200
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Paso 3: Separar los elementos de desgaste por criticidad

Como tercer paso ya teniendo identificado los componentes de cada equipo, deberemos separar aquellos que estén por desgaste u otro problema y evaluarlos según su criticidad.

A continuación, se detallará los elementos de desgaste por criticidad de los equipos Pulper Voith y SP1200:

- Equipo Pulper Voith:
 - Roturas de piñones caja reductora.
 - Desgaste de tamiz.
 - Desgaste de rotor.
 - Desgaste cuchilla.
 - Deterioro de rodamiento del contra eje.
- Equipo SP1200:
 - Falla sistema de sellado (sello mecánico).
 - Falla rodamientos.
 - Falla SP1200 Por exceso de vibración.
 - Fuga de agua parte baja SP1200.

Paso 4: Identificar repuestos accesibles en compras (nacional - importado)

Como cuarto paso cada componente no tiene la misma adquisición en el mercado nacional. Es por ello, que al identificar estos componentes deberemos tomar la decisión si lo importamos o lo repararemos para no tener una baja producción en la línea gris.

Paso 5: Establecer frecuencias de elementos

Como quinto paso, teniendo una base histórica del tiempo de las fallas de los componentes se procederá a estandarizar las frecuencias que se realicen dependiente de cada actividad.

A continuación, se detallará los planes de mantenimiento de los equipos Pulper Voith y SP1200: (Ver Tabla 8 y Tabla 9)

Equipo Pulper Voith

Tabla 8:
Plan de mantenimiento del equipo Pulper Voith

Plan de mantenimiento	Antes	Ahora	Mantenimiento	Comentario
Análisis vibracional	3 meses	Mensual	M. Predictivo	Lectura de vibración en los rodamientos con tendencias para detectar falla en rodamiento por diversos puntos (falta por falta de lubricación, ajustes inadecuados, exceso de tensiones).
Revisión de tamiz (diámetro = 8mm)	Quincenal	Quincenal	M. Preventivo	Revisión de diámetros de los agujeros, para evitar pase de contaminantes como son plásticos, grapas.
Revisión de cuchilla rotorica	Quincenal	Quincenal	M. Preventivo	Revisión de desgaste de los martillos y cuchillas de corte, para garantizar el menor tiempo de batido y garantizar su shoper en condiciones óptimas.
Inspección de plancha de fondo y laterales	Mensual	Quincenal	M. Preventivo	Revisión de desgaste de la plancha por golpes de contaminantes inadecuados (piedra, madera, fierros).
Inspección de desgaste de cordones de soldaduras	No tienen	Quincenal	M. Preventivo	Revisión de desgaste por trabajo continuo en condiciones normales (para evitar rotura de las planchas protectora de acero inoxidable)
Lubricación de rodamiento	Quincenal	Quincenal	M. Preventivo	Lubricación en forma continua y automática para garantizar que el rodamiento gire y no resbale por un exceso de lubricación.
Inspección de poles motriz y conducida	Mensual	Mensual	M. Preventivo	Controlar el desgaste de los canales de las bandas o fajas para evitar deterioro acelerado de las bandas
Inspección de tensiones de bandas en sistema de transmisión	Mensual	Mensual	M. Preventivo	Controlar el desgaste de las bandas y garantizar una transmisión óptima.
Control de consumo de energía	Quincenal	Quincenal	M. Preventivo	Controlar consumo de energía para evitar sobre calentamiento del motor (sobre carga o exceso)

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Equipo SP1200

Tabla 9:
Plan de mantenimiento del equipo SP1200

Plan de mantenimiento	Antes	Ahora	Mantenimiento	Comentario
Análisis vibracional	Cada 3 meses	Mensual	M. Predictivo	Lectura de vibración en los rodamientos para detectar falla en rodamiento por diversos puntos, se baja la frecuencia para guardar datos estadísticos y encontrar anomalías ante que se produzca una falla (falla por contaminación de agua y, ajustes inadecuados, en alojamientos de los rodamientos).
Inspección de rodamiento	Mensual	Cada 15 días	M. Preventivo	Inspección de rodamientos para detectar daños (ruidos vibraciones).
Cambio caja rodamiento	Anual	Cada 6 años	M. Preventivo	Se cambio por acción preventiva por estar años funcionando y evitar el deterior por corrosión ya que esto va internamente y no se puede visualizar.
Lubricación rodajes	Cada 15 días	Mensual	M. Preventivo	Para mantener y darle mayor vida útil al rodamiento y evitar exceso de temperatura.
Revisión de sello mecánico	Cada 3 meses	Cada año y medio	M. Preventivo	Controlar desgaste del material (Carbón Silicio) para ser cambiado antes que falle
Cambio carbón sello mecánico	Cada 3 meses	Cada año y medio	M. Preventivo	Cambiarlo por desgaste normal de vida útil antes que falle.
Revisión de canastilla	Cada 3 meses	Cada año y medio	M. Preventivo	Controlar desgaste del material (Acero inoxidable)
Revisión de rotor	Cada 3 meses	Cada año y medio	M. Preventivo	Controlar desgaste del material (Acero inoxidable)
Inspección de fajas	Cada 15 días	Cada 15 días	M. Preventivo	Controlar desgaste de fajas (resequedad y rajaduras por tiempo de vida útil o por desgaste de falta de tensión)
Cambio de fajas	Anual	Cada 2 años	M. Preventivo	Cambio de fajas ante que fallen por vida útil

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación del plan de mantenimiento predictivo y preventivo, ha permitido incrementar la disponibilidad de la línea gris de 88.19% a un 90.41%.

Logros:

- Disminución de los costos presupuestados para la realización del mantenimiento.
- Mayor involucramiento de parte del personal del área en la solución de la problemática detectada.
- Mayor disponibilidad de los equipos, debido a la reducción de las fallas presentadas por las mismas, las cuales son atendidas por el personal. Programando de forma casi inmediata el mantenimiento para la corrección de las mismas e igualmente el personal se encuentra mayor capacitado para la detección de los problemas menores que se pueden resolver antes de que los equipos requieran detener su actividad para procesos de mantenimiento correctivo.

➤ Muestra después

Para determinar la disponibilidad de la línea gris del POST TEST en el periodo de estudio (27 de junio del 2022 hasta 07 de agosto del 2022), se procede a la recolección de los datos de acuerdo a la data de los equipos Pulper Voith y SP1200. (Ver Tabla 10)

Tabla 10:
Cálculo de disponibilidad de los equipos – Post Test

Equipo	Fallas	Frecuencia	Semanas	Tiempo (Min)	MTBF	MTTR	Disponibilidad
Pulper	Falla Pulper (Rotura Enchaquetado fondo Tazón Pulper)	1	Semana 26	205	1235	205	85.76%
Pulper	Exceso de hora en cambio de tamiz Pulper	1	Semana 26	51	1389	51	96.46%
SP1200	Intervención de SP1200 cambio de caja de rodamiento	1	Semana 26	268	1172	268	81.39%
SP1200	Falla SP1200 (Mal montaje y material del sello inadecuado)	1	Semana 26	49	1391	49	96.60%
Pulper	Falla Pulper (Por girarse el manguito en el eje)	1	Semana 27	199	1241	199	86.18%
Pulper	Falla contra eje pulper (Se corrió rodamientos por exceso de temperatura)	1	Semana 27	56	1384	56	96.11%

SP1200	Falla conectora de agua sello SP1200 (Por desgaste)	1	Semana 27	263	1177	263	81.74%
SP1200	Falla Sello SP1200 (Por exceso de pegado)	1	Semana 27	77	1363	77	94.65%
Pulper	Cambio rotor Pulper (Por desgaste)	1	Semana 28	195	1245	195	86.46%
Pulper	Perdida de producción cambio de fajas pulper	1	Semana 28	77	1363	77	94.65%
SP1200	Fuga de agua sello SP1200 (Cara sello rayado)	1	Semana 28	261	1179	261	81.88%
SP1200	Falla sello SP1200 (Rotura de resorte interno)	1	Semana 28	94	1346	94	93.47%
Pulper	Cambio Tamiz y Rotor Pulper (Desgaste por tiempo vida útil)	1	Semana 29	186	1254	186	87.08%
Pulper	Falla Polea transmisión P3 (Por romperse manguito de sujeción)	1	Semana 29	78	1362	78	94.58%
SP1200	Intervención de SP1200	1	Semana 29	224	1216	224	84.44%
SP1200	Intervención Sello SP1200	1	Semana 29	97	1343	97	93.26%
Pulper	Falla Pulper (Rotura Enchaquetado fondo Tazón Pulper 3)	1	Semana 30	157	1283	157	89.10%
Pulper	Falla Contra eje Pulper (Eje caído)	1	Semana 30	85	1355	85	94.10%
SP1200	Revisión de SP1200 (Revisión de sistema sellado y sello)	1	Semana 30	168	1272	168	88.33%
SP1200	Falla SP1200 (Fuga de agua por Sello rajados)	1	Semana 30	97	1343	97	93.26%
Pulper	Cambio de Rotor de Pulper	1	Semana 31	125	1315	125	91.32%
Pulper	Falla transmisión contra eje Pulper (falla de rodamientos por exceso de temperaturas)	1	Semana 31	98	1342	98	93.19%
SP1200	Falla SP1200 (Rotura de conector internamente ingreso de agua)	1	Semana 31	107	1333	107	92.57%
SP1200	Intervención de SP1200	1	Semana 31	98	1342	98	93.19%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

El promedio semanal de la disponibilidad fue del 90.41%

Tabla 11:
Disponibilidad Post Test

Semana	Disponibilidad Pulper Voith	Disponibilidad SP 1200	Promedio semanal
Semana 26	91.11%	88.99%	90.05%
Semana 27	91.15%	88.19%	89.67%
Semana 28	90.56%	87.67%	89.11%
Semana 29	90.83%	88.85%	89.84%
Semana 30	91.60%	90.80%	91.20%
Semana 31	92.26%	92.88%	92.57%
Promedio General			90.41%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

❖ **Objetivo específico 02:** Implementar un análisis de averías para reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera.

➤ **Situación Antes (Pre Test)**

La falta de un análisis de averías trae como consecuencia las paradas no planificadas de la línea gris, generando problemas en la producción del equipo CH7.

Se evidenciaron problemas en el área de depurado y limpieza de la línea gris lo que originó paradas no planificadas. Esto se originó debido al fallo de su rodamiento a consecuencia de un mal sellado en su sistema del equipo CH7. Todo esto trajo como consecuencia paradas imprevistas para el proceso productivo a consecuencia de una baja disponibilidad del equipo.

Para determinar los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris del PRE TEST en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022), se hizo un análisis documental para conocer la frecuencia de paradas no planificadas del equipo CH7 de forma diaria, para ello se acudió a información del balance histórico del mantenimiento de los equipos. La información obtenida fue registrada en el formato al cual denominamos Registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, cuyos campos nos permitieron obtener la información necesaria para determinar los tiempos de paradas no planificadas.

El formato de Registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris (Ver Tabla 12) contiene el siguiente detalle:

Tabla 12:

Formato de registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris

Registro de tiempos de paradas no planificadas de la línea gris

Año	2022	
Tiempo de operación	1440	minutos / día
Equipo	CH7	

Enero	Falla	Frecuencia	Tiempo de inactividad (minutos)
Día 1			
Día 2			

Día 3			
Día 4			
Día 5			
Día 6			
Día 7			
Día 8			
Día 9			
Día 10			
Día 11			
Día 12			
Día 13			
Día 14			
Día 15			
Día 16			
Día 17			
Día 18			
Día 19			
Día 20			
Día 21			
Día 22			
Día 23			
Día 24			
Día 25			
Día 26			
Día 27			
Día 28			
Día 29			
Día 30			
Día 31			
Promedio Mes			

Fuente: Elaboración Propia

➤ Muestra antes

El promedio semanal de tiempo de paradas no planificadas fue de 246.33 minutos. (Ver Tabla 13)

Tabla 13:
Tiempo de paradas no planificadas Pre Test

Semana	Falla	Frecuencia	T. de inactividad (minutos)
Semana 12	Desgaste de bocina CH7 y mal montaje de rotor del CH7	1	315
Semana 13	Canastilla rajada del rodamiento	1	297
Semana 14	Desgaste de bocina CH7 y mal montaje de rotor del CH7	1	284
Semana 15	Canastilla rajada del rodamiento	1	261
Semana 16	Roturas de tuberías de rechazos	2	168
Semana 17	Desgaste de tubería	2	153
Promedio General			246.33

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

➤ Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Se presenta un diagrama (Ver Figura 26) para detallar los pasos aplicados en la teoría:

Paso 1: Descripción	Paso 2: Análisis	Paso 3: Solución	Paso 4: Documentación
<ul style="list-style-type: none"> • Paso 1a: Definición del hecho observado • Paso 1b: Descripción del problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Paso 2a: Diferencias encontradas • Paso 2b: Cambios en estas diferencias • Paso 2c: Probables causas, comprobación de causas más probables 	<ul style="list-style-type: none"> • Paso 3a: Toma de decisiones • Paso 3b: Proceso de implementación de mejora 	<ul style="list-style-type: none"> • Paso 4a: Revisar resultados • Paso 4b: Aplicar soluciones estandarizadas • Paso 4c: Validación oficial

Figura 26: Pasos del análisis de averías
Fuente: Elaboración Propia

El equipo CH7 debe reducir los tiempos de paradas no planificadas ya que actualmente está con un promedio de 246.33 minutos, y como objetivo se debe reducir en 217.17 minutos.

Por lo que, a través de un análisis de averías, se buscará reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris. Por lo que se iniciara la implementación de los siguientes pasos:

Paso 1: Descripción

✓ Paso 1a: Definición del hecho observado

El equipo CH7 presenta paradas no planificadas con tiempos de reparación muy variables y, si en caso no se presentan paradas por alguna otra razón, no cumplen con el plan.

El número de paradas no planificadas de la semana 12 a la semana 17 se muestra en la Tabla 14, y en la Figura 27 se presenta el Diagrama de Pareto correspondiente a los minutos de paradas no planificadas en las mismas semanas.

Tabla 14:
Número de paradas no planificadas Pre Test

Semana	Frecuencia	Tiempo de inactividad (minutos)	%	% acumulado
Semana 12	1	315	21%	21%
Semana 13	1	297	20%	41%
Semana 14	1	284	19%	61%
Semana 15	1	261	18%	78%
Semana 16	2	168	11%	90%
Semana 17	2	153	10%	100%
Total	8	1478	100%	

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

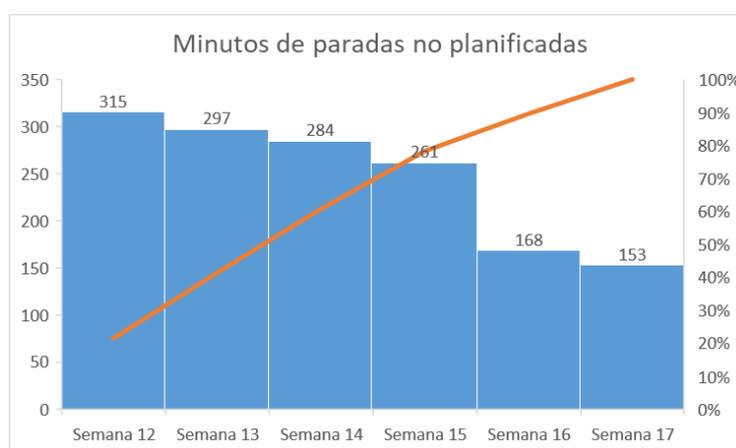


Figura 27: Minutos de paradas no planificadas – Semana 12 al 17
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

A continuación, las fallas de cada semana se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15:
Fallas de cada semana del equipo CH7 Pre Test

Semana	Falla
Semana 12	Desgaste de bocina CH7 y mal montaje de rotor del CH7
Semana 13	Canastilla rajada del rodamiento
Semana 14	Desgaste de bocina CH7 y mal montaje de rotor del CH7
Semana 15	Canastilla rajada del rodamiento
Semana 16	Roturas de tuberías de rechazos
Semana 17	Desgaste de tubería

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

✓ Paso 1b: Descripción del problema

¿Qué está pasando?

Se produjo 8 paradas no planificadas desde la semana 12 a la semana 17. Esto se debe a las fallas por desgaste de bocina CH7, mal montaje de rotor del CH7, canastilla rajada del rodamiento, roturas de tuberías de rechazos y desgaste de tubería. Cada una de estas ha generado un tiempo de inactividad de 1478 minutos causando una baja disponibilidad en la línea gris.

¿Qué defectos deberíamos esperar?

En este tipo de producción solo debería presentar fallas por parte de un mantenimiento correctivo propio del desgaste de algunas partes del equipo CH7 que no fueron debidamente “reparadas” durante el mantenimiento preventivo. Cualquier otro tipo de falla no debería estar ocurriendo.

Paso 2: Análisis

Para esta parte del análisis de averías, se necesitó el apoyo conjunto del jefe de mantenimiento, así como la intervención de operarios del mismo equipo CH7. La idea de diversificar el equipo de trabajo es poder tener sobre la mesa todos los puntos de vista y no solo un determinado enfoque.

✓ Paso 2a: Diferencias encontradas

En esta parte se tendrá que realizar una diferenciación de las fallas más representativas y así poder elaborar un estudio más detallado.

Se realiza un Diagrama de Pareto por semana para analizar el tiempo de paradas no planificadas. En este diagrama se muestra un total de 1478 minutos de inactividad en la línea gris, lo cual se ha mencionado previamente en la parte de descripción de la falla.

✓ Paso 2b: Cambios en estas diferencias

A continuación, se presenta el Diagrama Causa – Efecto de cada una de las fallas correspondientes:

- Desgaste de bocina CH7

El exceso de apriete de las empaquetaduras y la falta de lubricación correcta, hacen que esta ocasiona una rayadura en la parte externa de la bocina originando unos surcos e incrementando la temperatura de trabajo. Así mismo, la falta de ajuste entre la bocina y el eje hacen que la bocina este teniendo vibraciones al giro de cada revolución. Originando mal sellado y desgaste de la bocina. (Ver Figura 28)

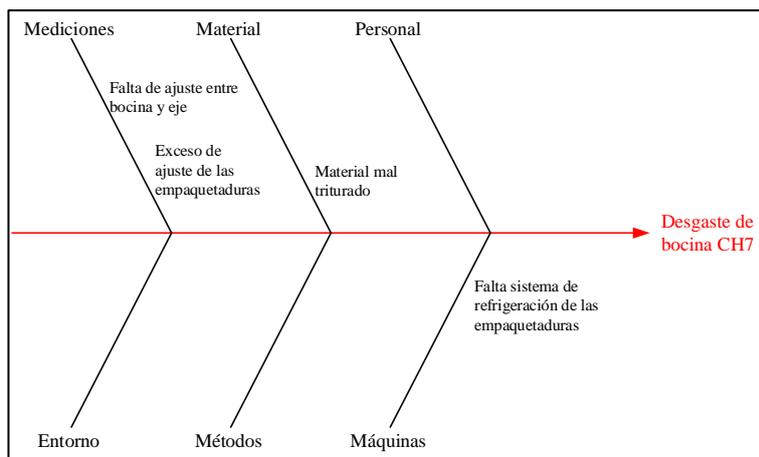


Figura 28: Causas - Desgaste de bocina CH7

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Mal montaje de rotor del CH7

La falta de herramienta induce a un error humano en montar el rotor con un equipo (montacarga), ejerciendo exceso de fuerza axial originando deterioro de los rodamientos. (Ver Figura 29)

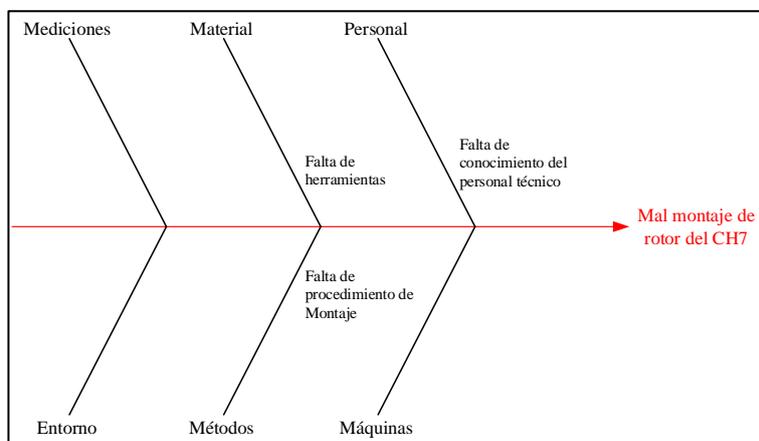


Figura 29: Causas - Mal montaje de rotor del CH7

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Canastilla rajada de rodamiento

Al estar desalineado el rodamiento y sumado a la fuerza axial excedida por un mal montaje hacen que las billas rocen con la canastilla originando desgaste, y por consecuencia rajadura. (Ver Figura 30)

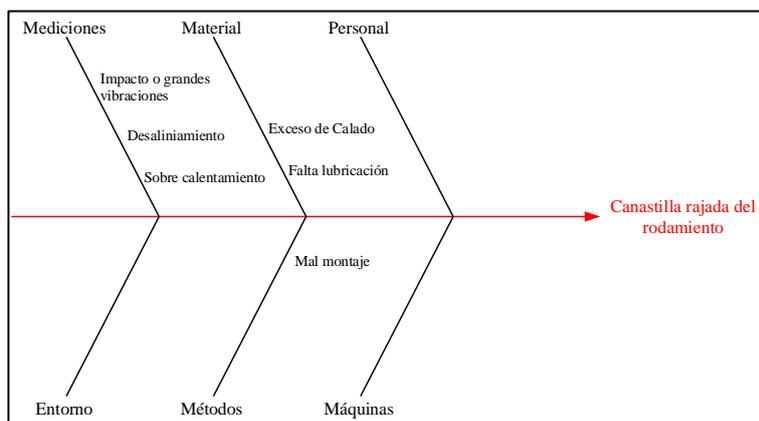


Figura 30: Causas - Canastilla rajada del rodamiento
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

- Roturas de tuberías de rechazos

Al ser un fluido con bastante contaminante (arena) y sumado a la velocidad del fluido que va por la parte interna de la tubería. Esta ocasiona en el tiempo desgaste en los accesorios como son codos por consecuencia derrame del fluido. (Ver Figura 31)

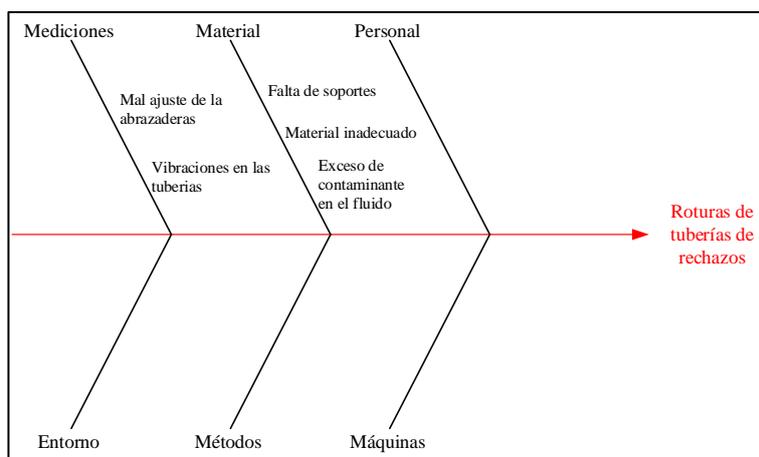


Figura 31: Causas - Desgaste de tubería
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

- Desgaste de tubería

Al estar permanentemente en contacto la parte externa de la tubería con su soporte y no tener abrazaderas, está por la vibración que ejerce el fluido en funcionamiento, va golpeando a la tubería y desgastándola por consecuencia se origina la rajadura. (Ver Figura 32)

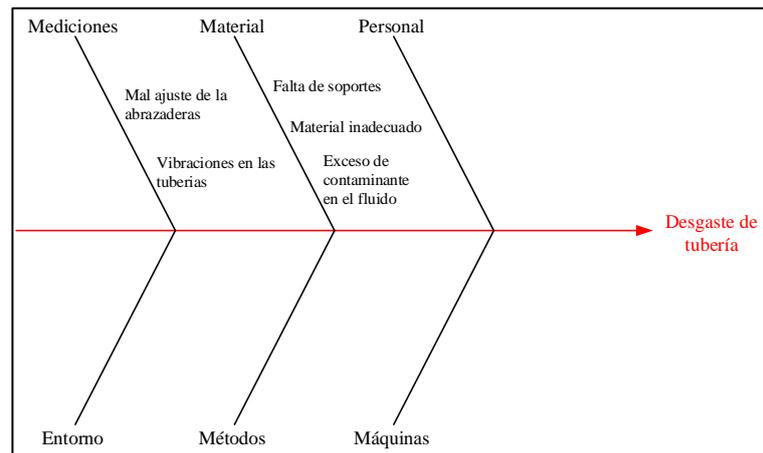


Figura 32: Causas - Roturas de tuberías de rechazos
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

- ✓ Paso 2c: Probables causas, comprobación de causas más probables

Luego de identificar las posibles causas de las fallas, se pudo determinar cuáles serían las que causan dichas fallas. Para poder realizar un buen análisis, se estudió las causas de forma independiente.

Cada causa fue analizada por el jefe de mantenimiento. Todos los análisis se realizaron en dos partes: la primera, en el mismo lugar donde ocurren las fallas y la segunda, recogiendo la información de campo. Con esto, se podrá realizar una serie de supuestos que nos permitirán descartar las causas e identificar las principales.

- Desgaste de bocina CH7

- Exceso de ajuste de las empaquetaduras.
- Falta sistema de refrigeración de las empaquetaduras.

- Falta de ajuste entre bocina y eje.
- Mal montaje de rotor del CH7
 - Falta de herramientas.
 - Falta de procedimiento de montaje y falta de conocimiento del personal técnico.
- Canastilla rajada del rodamiento
 - Mal montaje.
 - Exceso de calado.
 - Desalineamiento.
- Roturas de tuberías de rechazos
 - Vibraciones en las tuberías.
 - Mal ajuste de las abrazaderas.
- Desgaste de tubería
 - Falta de soportes.

Paso 3: Solución

✓ Paso 3a: Toma de decisiones

Se elaboraron diferentes planes de acción para luego ser presentados a la gerencia de mantenimiento para ser aprobados. Los planes fueron:

- Desgaste de bocina CH7
 - Exceso de ajuste de las empaquetaduras → Recuperación de los ajustes entre eje y bocina. (Eje = 125 mm, Bocina = 125.002)
 - Falta sistema de refrigeración de las empaquetaduras → Se rediseño el sistema de refrigeración de las empaquetaduras y se eliminó el anillo de linterna y se instaló un Spirack track.

- Falta de ajuste entre bocina y eje → Se recuperó ajuste de la caja de sellado a 172 ± 0.02
- Mal montaje de rotor del CH7
 - Falta de herramientas → Se fabricaron unas herramientas especiales tipo extractores para que sirvan para desmontaje y montaje del rotor.
 - Falta de procedimiento de montaje y falta de conocimiento del personal técnico → Se realizó un procedimiento de desmontaje del equipo y se realizó una capacitación del personal técnico en función al catálogo del fabricante.
- Canastilla rajada del rodamiento
 - Mal montaje → Capacitación del personal interno y externos (mecánicos) por representantes de la firma SKF TEMA (desmontaje y montaje de rodamientos)
 - Exceso de calado → Procedimiento de calado de los rodamientos 23222CCK/W33 SKF
 - Desalineamiento → Comprar herramientas apropiadas (gay de láminas, alineadores de laser).
- Roturas de tuberías de rechazos
 - Vibraciones en las tuberías → Se incrementa espesor de la tubería clase 10 a clase 40.
 - Mal ajuste de las abrazaderas → En los puntos que tienen codos de 90 grados se cambió por codo de 45 grados.
- Desgaste de tubería
 - Falta de soportes → Se fabrico soportes en acero y se instaló.

Para poder realizar todos estos planes de acción, se tuvo que realizar una elección en función de las herramientas de decisiones del tipo de menor participación y de estilo directivo, debido que el responsable directo era el gerente de mantenimiento.

El gerente de mantenimiento aceptó los planes de acción para las diferentes causas.

✓ Paso 3b: Proceso de implementación de mejora

Al tener la aceptación de la gerencia de mantenimiento solo quedaba realizar unos arreglos para que todo el proceso de implementación de las soluciones fuera de la forma más rápida posible.

Paso 4: Documentación

✓ Paso 4a: Revisar resultados

Luego de implementar los planes de acción aceptados por la gerencia de mantenimiento se hizo un seguimiento del equipo CH7 por 6 semanas. En la Figura 33 se muestra el Diagrama de Pareto correspondiente a los minutos de paradas no planificadas desde la semana 26 a la semana 31. (Ver Figura 33)

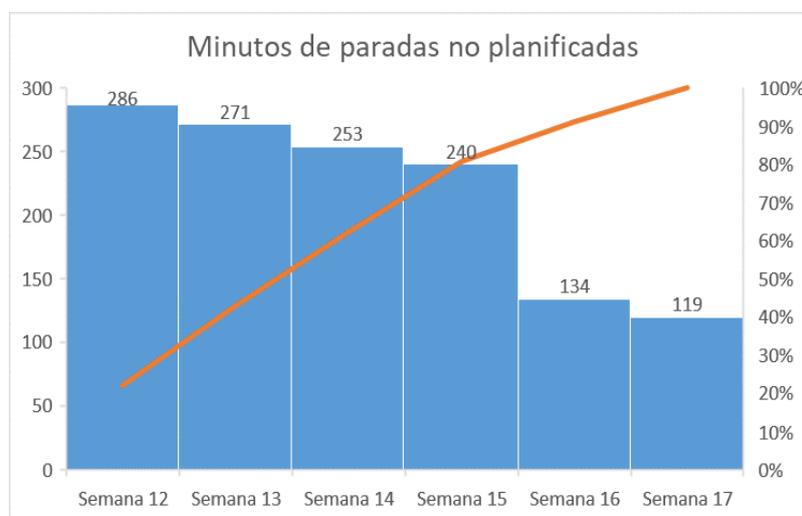


Figura 33: Minutos de paradas no planificadas – Semana 26 al 31

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

✓ Paso 4b: Aplicar soluciones estandarizadas

En este paso se necesitó realizar la estandarización de todos los planes de acción efectuados exitosamente, de manera que el plan de acción implementado se vuelva un hábito para los operarios a la hora que se presente un problema similar.

✓ Paso 4c: Validación oficial

Debido al éxito de los planes de acción, la gerencia de mantenimiento aprobó que las soluciones a dichas fallas permanecieran perennes en el sistema de gestión de la empresa.

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación del análisis de averías ha permitido reducir el promedio de tiempo de paradas no planificadas de la línea gris de 246.33 minutos a 217.17 minutos.

- Durante las semanas del 26 al 31 se presentó un incremento del MTBF, lo cual disminuyó los costos de parada, debido a que estos costos disminuyen al tener un mayor tiempo medio entre fallas. Esto se puede apreciar en la Tabla 16 y Tabla 17 que muestra el promedio semanal del MTBF.

Tabla 16:
MTBF por semana - Pre Test

Semanas	Frecuencia	Tiempo inactividad (Min)	MTBF
Semana 12	1	315	1125.00
Semana 13	1	297	1143.00
Semana 14	1	284	1156.00
Semana 15	1	261	1179.00
Semana 16	2	168	636.00
Semana 17	2	153	643.50
Promedio de las semanas 12 al 17			980.42

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Tabla 17:
MTBF por semana - Post Test

Semanas	Frecuencia	Tiempo inactividad (Min)	MTBF
Semana 26	1	286	1154.00
Semana 27	1	271	1169.00
Semana 28	1	253	1187.00
Semana 29	1	240	1200.00
Semana 30	2	134	653.00
Semana 31	2	119	660.50
Promedio de las semanas 26 al 31			1003.92

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Durante las semanas del 26 al 31 se presentó una disminución del MTTR, lo que benefició la disminución del tiempo medio de reparación y así aumentó el tiempo de utilización de la máquina. Esto se puede apreciar en la Tabla 18 y Tabla 19 que muestra el promedio semanal del MTTR.

Tabla 18:
MTTR por semana - Pre Test

Semanas	Frecuencia	Tiempo inactividad (Min)	MTTR
Semana 12	1	315	315.00
Semana 13	1	297	297.00
Semana 14	1	284	284.00
Semana 15	1	261	261.00
Semana 16	2	168	84.00
Semana 17	2	153	76.50
Promedio de las semanas 12 al 17			219.58

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Tabla 19:
MTTR por semana - Post Test

Semanas	Frecuencia	Tiempo inactividad (Min)	MTTR
Semana 26	1	286	286.00
Semana 27	1	271	271.00
Semana 28	1	253	253.00
Semana 29	1	240	240.00
Semana 30	2	134	67.00
Semana 31	2	119	59.50
Promedio de las semanas 26 al 31			196.08

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

➤ Muestra después

El promedio semanal de tiempo de paradas no planificadas fue de 217.17 minutos. (Ver Tabla 20)

Tabla 20:
Tiempo de paradas no planificadas Post Test

Semana	Falla	Frecuencia	Tiempo de inactividad (minutos)
Semana 26	Desgaste de bocina CH7	1	286
Semana 27	Canastilla rajada del rodamiento	1	271
Semana 28	Desgaste de bocina CH7	1	253
Semana 29	Canastilla rajada del rodamiento	1	240
Semana 30	Roturas de tuberías de rechazos	2	134
Semana 31	Desgaste de tubería	2	119
Promedio General			217.17

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

❖ **Objetivo específico 03: Implementar la herramienta TWTTTP + HERCA para reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.**

➤ **Situación Antes (Pre Test)**

La falta de la herramienta TWTTTP + HERCA trae como consecuencia las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, generando problemas en la producción de la empresa.

Se evidenciaron problemas en las diferentes áreas de la línea gris lo que originó fallas en los procesos por errores humanos. Esto se originó debido a la mala comunicación, exceso de trabajo, líderes con falta de liderazgo, falta de conocimiento y exceso de confianza. Todo esto trajo como consecuencia baja productividad y bajo compromiso con la empresa, es decir no cumplen con sus objetivos.

Para determinar las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris del PRE TEST en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022), se hizo un análisis documental para conocer el número y causa de los errores humanos de forma diaria, para ello se acudió a información del balance histórico de los errores humanos. La información obtenida fue registrada en el formato al cual denominamos Registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris, cuyos campos nos permitieron obtener la información necesaria para determinar las fallas en los procesos por errores humanos.

El formato de Registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris (Ver Tabla 21) contiene el siguiente detalle:

Tabla 21:

Formato de registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris

Registro de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris

Año	2022
-----	------

Enero	Error humano	Frecuencia
Día 1		
Día 2		
Día 3		
Día 4		
Día 5		
Día 6		
Día 7		
Día 8		
Día 9		
Día 10		
Día 11		
Día 12		
Día 13		
Día 14		
Día 15		
Día 16		
Día 17		
Día 18		
Día 19		
Día 20		
Día 21		
Día 22		
Día 23		
Día 24		
Día 25		
Día 26		
Día 27		
Día 28		
Día 29		
Día 30		
Día 31		
Promedio Mes		

➤ Muestra antes

El promedio semanal de fallas en los procesos por errores humanos fue de 12.50 (Ver Tabla 22)

Tabla 22:
Fallas en los procesos por errores humanos Pre Test

Errores Humanos	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Promedio semanal
Mal manejo del equipo CH7	2	1	1	1	1	1	1.17
Mal manejo del equipo pulper voith	2	1	2	2	2	2	1.83
Mal manejo del equipo SP1200	1	1	1	1	1	2	1.17
Mala apertura y cierre de válvulas	1	2	1	1	1	1	1.17
Mal purgado de calderas	2	2	1	2	1	1	1.50
Inadecuada inspección diaria	1	1	2	1	1	1	1.17
Mal manejo de hojas de ruta	1	1	2	2	2	2	1.67
Mal manejo del refinador	1	1	1	2	1	1	1.17
Mal manejo del uso de secadores	1	2	2	1	2	2	1.67
Total	12	12	13	13	12	13	12.50

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

➤ Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

El TWTP + HERCA es una herramienta que nos permite analizar la causa raíz del problema ocasionado por algún error humano y la manera de enseñar que mediante una serie de preguntas que son dadas por entrevistas van dirigido a las personas encargadas del proceso de trabajo. Esta herramienta es presentada mediante un documento o ficha que deberá ser levantada con una fuente en donde se suscita el problema ocasionado, ya sea por inspecciones, hojas de ruta, avisos sap, o/t u otra fuente en donde se puedan tener el problema o avería. El objetivo de esta herramienta es reducir los errores humanos.

Se presenta un diagrama (Ver Figura 34) para detallar los pasos aplicados en la teoría:

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6	Paso 7
• Datos de personas involucradas (operador, jefe o líder, entrevistador)	• Fuente del problema	• Característica del error o avería	• Primera entrevista (TWTP) con el operador encargado del proceso	• Análisis detallado del error humano	• HERCA	• Segunda entrevista (TWTP) con el operador encargado del proceso

Figura 34: Pasos de la herramienta TWTP + HERCA
Fuente: Elaboración Propia

Se debe reducir las fallas en los procesos por errores humanos ya que actualmente está con un promedio de 12.50, y como objetivo se debe reducir las fallas en los procesos por errores humanos en 7.50

Por lo que, a través de la implementación de la Herramienta TWTP + HERCA, se buscará reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris. Existen pasos que se deberán tomar en cuenta para realizar una eficiente ficha o documento de esta herramienta, los pasos a seguir son:

- ❖ Paso 1: Datos de personas involucradas (operador, jefe o líder, entrevistador)

Como primer paso es importante saber quiénes serán las personas implicadas en el proceso de la entrevista, así como el operador a quien se le dará las preguntas debido al problema ocurrido ya que es el que tiene la noción real del evento y que deberá responder con total sinceridad y claridad para que se pueda determinar las contramedidas adecuadas por los miembros del equipo y que estén a disposición de darle seguimiento, asimismo el jefe encargado deberá tomar liderazgo en el proceso de desarrollo que se le brindara al operador para su proceso, ya que es de suma importancia su labor como encargado y es quien toma parte de la solución del problema. Tal cual será para la persona quien, entrevista al operador, ya que deberá tener esa disposición de poder elaborar las preguntas en apoyo con el equipo de trabajo de la zona.

❖ Paso 2: Fuente del problema

Como segundo paso es esencial y necesario tenerlo como prioridad, por lo que será una información previa del análisis de la avería mas no de la causa, porque los factores que pueden hacer que ocurra el problema pueden ser mucho como por la máquina, por la persona, por los repuestos, etc. Anteriormente hemos hablado de las diferentes fuentes del problema como son las inspecciones visuales que se hacen diariamente antes de distribuir los trabajos; las hojas de rutas que son informaciones de los equipos con sus partes que se deben evaluar para el desarrollo dentro del proceso; los avisos sap, son informaciones que salen de una data histórica introducidos en un software y pueden ser mejor manejadas como fuente de información para el análisis de la avería.

❖ Paso 3: Característica del error o avería

Como tercer paso ayudara a determinar cómo empezar a cuestionar al operador durante el trayecto de la entrevista debido a que la avería puede haber sido causada por muchos factores que harán que se tomen diferentes caminos o herramientas para poder buscar la solución o contramedida, tenemos en la ficha las siguientes características que pueden ser tomada para el levantamiento de información como es la operación fallida, proceso sin seguimiento, mala selección del suministro u otros.

❖ Paso 4: Primera entrevista (TWTTP) con el operador encargado del proceso

Como cuarto paso se realizará una serie de preguntas formuladas (preguntas de exploración y verificación), bajo este contexto se usarán preguntas abiertas (que, cuando, donde, como, etc.) para sondear la búsqueda de más detalles teniendo en cuenta la operación de su proceso y los errores o defectos que pudieron haber causado por algún motivo directo hacia el operador. Esta cita que se realiza para la entrevista se debe aclarar que no es una acción disciplinaria. Algunas veces será necesario entrevistar a más de una persona que

conforman el equipo de trabajo, así será más efectivo la búsqueda de la causa raíz del problema, ya concluido de recopilar toda la información se deberán documentar las respuestas de las personas entrevistadas en el documento, deberá haber total claridad de las respuestas para tener la solución más apropiada.

❖ Paso 5: Análisis detallado del error humano

Como quinto paso, en esta sección deberá ser llenado por el entrevistador haciendo uso de las preguntas ya formuladas.

❖ Paso 6: HERCA

Como último paso, durante el desarrollo deberemos identificar a través de causa identificadas en el error humano tales como: deficiencias en el proceso de trabajo, deficiencia en el procedimiento del trabajo, deficiencias técnicas de equipamiento, deficiencias en el entorno y organización del trabajo, falta de atención u olvidos del operador, falta de motivación del empleado. Cada causa debe estar con las preguntas asociadas a la causa porque así se determinará con que herramienta se trabajará para el adiestramiento.

❖ Paso 7: Segunda entrevista (TWTTP) con el operador encargado del proceso

En esta última etapa, el operador deberá pasar su última entrevista, pero con las contramedidas gestionadas e implementadas que han dado solución al problema ligado al error humano. Con ello se dará fin a que el operador pueda tener noción y conciencia de lo que no se puede hacer y para que no se vuelva a repetir.

Luego de explicar los pasos de la herramienta TWTTP + HERCA, se comenzará a implementar dicha herramienta en los siguientes errores humanos:

a) Mal manejo del equipo CH7

TWTP (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis)										
Después de completar TWTP y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.										
PROBLEMA / FENÓMENO: MAL MANEJO DE EQUIPO CH7		Proceso (Instructivo relacionado):				Sede: Chincha Baja				
Fecha del 1er TWTP: 9/05/2022		Fecha del 2do TWTP: 9/05/2022				Unidad de Negocio: Finanzas				
Fecha del HERCA: 9/05/2022		Operador: Nombre: J.Guerrero Lider de equipo: Walter Alca				Estación de trabajo: Mantenimiento Taller de Mantenimiento Mañana				
Fecha del 2do TWTP:		Entrevistador: Nombre: Jannet Martinez Cargo: Coordinadora de RR.HH				Turno o grupo:				
Característica del Error	Operación fallida		Inspecciones		Mecanico de turno					
	Proceso sin seguimiento		Hojas de ruta		Jefe de Mantto					
	Mala selección de suministro		Avisos SAP		Miembros del equipo					
	Otro (describe):		Otro (Describe):		Otros					
TWTP			TWTP (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)			Eval.	TWTP (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)			Eval.
1 ¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los app's que debes utilizar? / ¿Entiendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)			Si conozco los app's que debo utilizar durante el proceso de producción de la máquina en la línea gris, es lo básico como el casco, guantes, taponos auditivos y todo es mediante un control de mando en el que se opera			1 "x"	Sirvio de ayuda extra las capacitaciones y entrenamientos dadas			1 "x"
A Si conoce Bien						A x				A x
B No conoce completamente Falta de Conocimiento						B				B
C No conoce Falta de Conocimiento						C				C
2 ¿CÓMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? / ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente?			Debido a mi experiencia en la empresa en la cual llevo mas de 4 años			2 "x"	A través del entrenamiento pude comprender que la experiencia no es todo y que se debe seguir los procedimientos estandares que por algo estan			2 "x"
A Sigo las instrucciones de trabajo del estándar. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué) Bien						A				A x
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia Falta de Conocimiento						B x				B
C Otro (describe) Falta de Conocimiento						C				C
3 ¿CÓMO SABES QUE TU TRABAJO ESTA SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro?			Porque sigo los manuales de operación del equipo como es que debería trabajar muy a parte de lo que el jefe me da como feedback			3 "x"	Los adiestramientos ayudaron a complementar mi formación			3 "x"
A Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato. Bien						A x				A x
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia Falta de Conocimiento						B				B
C Otro (describe) Falta de Conocimiento						C				C
4 ¿QUÉ HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro?			Seguiría los procedimientos o los planes de acciones establecidos ante un incidente o acto inseguro que pueda ocurrir			4 "x"	El coaching me ayudo a comprender que si en todo momento el apoyo de alguien mas es necesario			4 "x"
A Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo. Bien						A x				A x
B Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas. Falta de Conocimiento						B				B
C Otro (describe) Falta de Conocimiento						C				C
ANÁLISIS DETALLADO (Completado por el entrevistado)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS					
FALTA DE CONOCIMIENTO O HABILIDAD (K= Conocimiento; S = Habilidad)					Comentarios					
					Entrenamiento no en el trabajo, Entrenamiento en el trabajo, Videos, Alumnos, Otros					
1 ¿El problema es resultado de una capacitación insuficiente / incompleta? YES NO K S					No aplica -					
2 ¿El problema se debe a la falta de comprensión del método y / o herramientas que se utilizarán? YES NO K S					No aplica -					
3 ¿El operador acaba de comenzar este trabajo (menos de una semana) O ha pasado más de 3 meses desde que el operador realizó el trabajo? YES NO K S					No aplica -					
4 ¿El empleado no puede realizar el trabajo de acuerdo con el estándar y dentro del tiempo establecido? YES NO K S					Falta de habilidades para cumplir con tiempos Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso J. Produccion					
5 ¿El operador carece de la capacidad natural para realizar la tarea? YES NO K S					No aplica -					
6 ¿Se ha capacitado al operador pero aún no tiene la habilidad necesaria para realizar la tarea? YES NO K S					Hace falta mejorar las habilidades Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso J. Produccion					
HERCA (Completado por el equipo de evaluación)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)					
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO					Entrenamiento (K) , Kabzen , Alumnos , AWWO Métodos , Coaching					
1.1 ¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación? YES NO					No aplica -					
1.2 ¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)? YES NO					No aplica -					
1.3 ¿El proceso permite errores o posibles lesiones? YES NO					No aplica -					
1.4 ¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión? YES NO					No aplica -					
1.5 ¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión? YES NO					No aplica -					
1.6 ¿Los roles del operador son confusos, poco claros? YES NO					No aplica -					
2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO					Entrenamiento (K) , Kabzen , Alumnos , AWWO Métodos , Coaching					
2.1 ¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender? YES NO					Realizar una mejora en la documentación de la operación del proceso J.Produccion					
2.2 ¿Falta algo en la hoja de operaciones? YES NO					No aplica -					
2.3 ¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta? YES NO					Colocar etiquetas o fichas acerca de como operar mejor el equipo J.Produccion					
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					Entrenamiento (K) , Kabzen , Alumnos , AWWO Métodos , Coaching					
3.1 ¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos? YES NO					No aplica -					
3.2 ¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación? YES NO					No aplica -					
3.3 ¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estandar? YES NO					No aplica -					
3.4 ¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea? YES NO					No aplica -					
3.5 ¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea? YES NO					Mejora en la ubicación de las herramientas (fabricar un espacio de herramientas) J.Mantto					

4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO				Entrenamiento	Káizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable				
4.1	¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?	YES	NO							No aplica	-				
4.2	¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes ...)	YES	NO							No aplica	-				
4.3	¿El material del lado de la línea está desorganizado?	YES	NO							No aplica	-				
4.4	¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.	YES	NO							Instalar alumbrado en zona CH7 (dispositivos de control)	J.Mantto				
4.5	¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?	YES	NO							No aplica	-				
5 - ACTITUD & CONDUCTA				Entrenamiento	Káizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable				
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES	NO							No aplica	-				
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES	NO							No aplica	-				
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES	NO							No aplica	-				
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES	NO							No aplica	-				
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO				Entrenamiento	Káizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable				
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES	NO							Realizar entrenamiento y supervisión	J.RRHH / J.Produccion				
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES	NO							No aplica	-				
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES	NO							Distribuir fuerzas/rotación de tareas	J.Produccion				
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES	NO							Tener mas comunicación con el jefe de area para el manejo de preocupacion o temas	J.Produccion				
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES	NO							Rotación de operadores con tiempos establecidos por trabajo	J.Produccion				
6.6	¿El operador estaba demasiado confiado en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES	NO							Supervisar la zona del trabajo del operador	J.Produccion				
7 - TRABAJO EN EQUIPO				Entrenamiento	Káizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable				
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES	NO							No aplica	-				
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES	NO							No aplica	-				
8 - LIDERAZGO				Entrenamiento	Káizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable				
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES	NO							No aplica	-				
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las contramedidas?	YES	NO							No aplica	-				
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES	NO							No aplica	-				
Notas										Leyenda sobre las contramedidas:					
										Menos recomendada					
										Más recomendada					
CIERRE															
Lider del proyecto:				Gerardo O.				Fecha:				9/05/2022			
Asegurese de que todo el check list HERCA este completado al igual que las contramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTP															

Figura 35: Herramienta TWTP + HERCA - Mal manejo del equipo CH7
Fuente: Elaboración Propia

b) Mal manejo del equipo SP1200

TWTP (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis)													
Después de completar TWTP y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.													
PROBLEMA / FENÓMENO: MAL MANEJO DE EQUIPO SP1200				Proceso (Instructivo relacionado):				Sede: Chinchá Baja		Unidad de Negocio: Finanzas			
Fecha del 1er TWTP: 16/05/2022				Fecha del HERCA: 16/05/2022				Sub unidad: Mantenimiento		Estación de trabajo: Taller de Mantenimiento			
Fecha del 2do TWTP:				Operador: Nombre: Juan Mesias				Entrevistador: Nombre: Jannet Martinez		Turno o grupo: Mañana			
Lider de equipo: Walter Alca				Inspecciones				Mecarico de turno		Carga: Coordinadora de RR.HH			
Fuente del problema:				Hojas de ruta				Jefe de Mantto					
Operación fallida				Avisos SAP				Membros del equipo		x			
Proceso sin seguimiento				O/T				Otros					
Mala selección de suministro				Otro (Describe):									
Otro (describe):													
TWTP				TWTP (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)				Eval.		TWTP (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)			
1 ¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los epp's que debes utilizar? / ¿Entiendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)				El arranque del equipo es sencillo pero si debe tomarse varios factores para que no dañen el equipo con respecto a los epp's si los conozco				1 "x"		Sirvio de mucha ayuda las contramedidas que se han gestionado e implementado			
A Si conoce				A				A		A x			
B No conoce completamente				B				B		B			
C No conoce				C				C		C			
2 ¿CÓMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? / ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente?				Porque sigo la secuencia de arranque del equipo según mi experiencia al momento de la capacitación				2 "x"		El adiestramiento como medida de solución fue muy eficiente para que me pueda dar cuenta del mal trabajo que hacía con respecto a mi confianza que excedía mucho			
A Sigo las instrucciones de trabajo del estándar. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué				A				A		A x			
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia				B				B x		B			
C Otro (describe)				C				C		C			
3 ¿CÓMO SABES QUE TU TRABAJO ESTA SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro?				La complejidad de los equipos es grande y la producción es continua, cualquier cosa puede pasar no solo por mi sino arrastrado por otro				3 "x"		La disposición de los procedimientos estándares están a la mano como ayuda			
A Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato.				A				A x		A x			
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia				B				B		B			
C Otro (describe)				C				C		C			
4 ¿QUÉ HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro?				Sigo el plan de acción contra incidentes o accidentes				4 "x"		El coaching me ayudo a comprender que si en todo momento el apoyo de alguien mas es necesario y mas si tengo el apoyo del jefe			
A Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.				A				A x		A x			
B Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas.				B				B		B			
C Otro (describe)				C				C		C			

ANÁLISIS DETALLADO (Completado por el entrevistador)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS									
FALTA DE CONOCIMIENTO O HABILIDAD (K= Conocimiento; S = Habilidad)					Comentarios		Entrenamiento nuevo en el lugar de trabajo	Gestión visual	Entrenamiento en el taller	Videos	Alarmas	Otros	Detalle de la contramedida	Responsable
1	¿El problema es resultado de una capacitación insuficiente / incompleta?	YES	NO	K	S	-						No aplica	-	
2	¿El problema se debe a la falta de comprensión del método y / o herramientas que se utilizarán?	YES	NO	K	S	-						No aplica	-	
3	¿El operador acaba de comenzar este trabajo (menos de una semana) O ha pasado más de 3 meses desde que el operador realizó el trabajo?	YES	NO	K	S	-						No aplica	-	
4	¿El empleado no puede realizar el trabajo de acuerdo con el estándar y dentro del tiempo establecido?	YES	NO	K	S	Falta habilidades de gestión del tiempo del proceso de su equipo						Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso	J. Produccion	
5	¿El operador carece de la capacidad natural para realizar la tarea?	YES	NO	K	S	-						No aplica	-	
6	¿Se ha capacitado al operador pero aún no tiene la habilidad necesaria para realizar la tarea?	YES	NO	K	S	Hace falta mejorar las habilidades						Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso	J. Produccion	
HERCA (Completado por el equipo de evaluación)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)									
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
1.1	¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación?	YES	NO									No aplica	-	
1.2	¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)?	YES	NO									No aplica	-	
1.3	¿El proceso permite errores o posibles lesiones?	YES	NO									No aplica	-	
1.4	¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión?	YES	NO									No aplica	-	
1.5	¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión?	YES	NO									No aplica	-	
1.6	¿Los roles del operador son confusos, poco claros?	YES	NO									No aplica	-	
2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
2.1	¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender?	YES	NO									Realizar una mejora en la documentación de la operación del proceso	J.Produccion	
2.2	¿Falta algo en la hoja de operaciones?	YES	NO									No aplica	-	
2.3	¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta?	YES	NO									Colocar etiquetas o fichas acerca de como operar mejor el equipo	J.Produccion	
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
3.1	¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos?	YES	NO									No aplica	-	
3.2	¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación?	YES	NO									No aplica	-	
3.3	¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estándar?	YES	NO									No aplica	-	
3.4	¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea?	YES	NO									No aplica	-	
3.5	¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea?	YES	NO									No aplica	-	
4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
4.1	¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?	YES	NO									Mejora en apoyo y programación de tiempos en actividades	J.Produccion	
4.2	¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes ...)	YES	NO									No aplica	-	
4.3	¿El material del lado de la línea está desorganizado?	YES	NO									No aplica	-	
4.4	¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.	YES	NO									Instalar alumbrado en zona SP1200 (dispositivos de control)	J.Mantto	
4.5	¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?	YES	NO									No aplica	-	
5 - ACTITUD & CONDUCTA					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES	NO									Escuchar mas y hablar menos por parte del jefe de turno	J.Produccion	
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES	NO									No aplica	-	
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES	NO									No aplica	-	
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES	NO									No aplica	-	
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES	NO									Realizar entrenamiento y supervisión	J.RRHH /J.Produccion	
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES	NO									No aplica	-	
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES	NO									No aplica	-	
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES	NO									Tener mas comunicación con el jefe de area para el manejo de preocupacion o temas personales	J.Produccion	
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES	NO									Rotacion de operadores con tiempos establecidos por trabajo	J.Produccion	
6.6	¿El operador estaba demasiado confiando en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES	NO									Supervisar la zona del trabajo del operador	J.Produccion	
7 - TRABAJO EN EQUIPO					Entrenamiento	Káritem	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable			
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES	NO									Genera confianza mediante adiestramientos	J.Produccion	
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES	NO									Involucrar mas al operador en reuniones cortas entre el Jefe de turno y operador	J.Produccion	

8 - LIDERAZGO				Entrenamiento	Rozar	Alarma	AWWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES	NO							No aplica	-
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las contramedidas?	YES	NO							No aplica	-
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES	NO							No aplica	-
Notas										Leyenda sobre las contramedidas: Menos recomendada Más recomendada	
CIERRE											
Lider del proyecto:						Fecha:			16/05/2022		
Asegure de que todo el check list HERCA este completado al igual que las contramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTTT											

Figura 36: Herramienta TWTTT + HERCA - Mal manejo del equipo SP1200
Fuente: Elaboración Propia

c) Mal purgado de calderas

TWTTT (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis)													
Después de completar TWTTT y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.													
PROBLEMA / FENÓMENO: MAL PURGADO EN CALDERAS Proceso (Instructivo relacionado): ZONA CALDEROS			Sede: Chinchipe Baja Unidad de Negocio: Finanzas Sub unidad: Mantenimiento Estación de trabajo: Taller Turno o grupo: Mañana			Nombre: Jannet Martínez Cargo: Coordinadora RR.HH							
Fecha del 1er TWTTT: 23/05/2022		Fecha del HERCA: 23/05/2022		Operador: Nombre: Jayo C		Lider de equipo: Walter Alca		Entrenador:		Nombre: Jannet Martínez			
Característica del Error		Fuente del problema		Inspecciones		Hojas de ruta		Equipo de evaluación		Mecánico de turno			
Operación fallida				Avisos SAP		O/T				Jefe de Manto			
Otro (describe):		x		Otro (Describe):		x				Miembros del equipo			
										Otros			
TWTTT			TWTTT (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)			Eval.			TWTTT (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)				
1			¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los epp's que debes utilizar? / ¿Entiendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)			1			1				
A Si conoce			Bien			"x"			Las contramedidas trabajadas en equipo me ayudaron a fortalecer mas la noción de la importancia de los EPP'S				
B No conoce completamente			Falta de Conocimiento			A x			A x				
C No conoce						B			B				
						C			C				
2			¿CÓMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? / ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente?			2			2				
A Sigo las instrucciones de trabajo del estándar. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué			Bien			"x"			Las capacitaciones aumentaron mi nivel de formación acerca de los calderos, debido a que el equipo es complejo en cuanto al cuidado				
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia			Falta de Conocimiento			A x			A x				
C Otro (describe)						B			B				
						C			C				
3			¿CÓMO SABES QUE TU TRABAJO ESTÁ SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro?			3			3				
A Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato.			Bien			"x"			La claridad de que no puedo basarme en mi experiencia me ha quedado firme por lo que con las soluciones y el adiestramiento me han dado otra vision en mi trabajo				
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia			Falta de Conocimiento			A			A x				
C Otro (describe)						B x			B				
						C			C				
4			¿QUÉ HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro?			4			4				
A Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.			Bien			"x"			La solución que se adopto durante el desarrollo de la herramienta me ayudo a fortalecer mas la seguridad de los equipos				
B Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas.			Falta de Conocimiento			A x			A x				
C Otro (describe)						B			B				
						C			C				
ANÁLISIS DETALLADO (Completado por el entrevistador)						POSIBLES CONTRAMEDIDAS							
FALTA DE CONOCIMIENTO O HABILIDAD (K= Conocimiento; S = Habilidad)				Comentarios		Entrenamiento	Rozar	Alarma	AWWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
1	¿El problema es resultado de una capacitación insuficiente / incompleta?	YES	NO	K	S						No aplica	-	
2	¿El problema se debe a la falta de comprensión del método y / o herramientas que se utilizarán?	YES	NO	K	S						Aumentar tiempos de supervision con el operador de equipo como capacitaciones tambien	J.RRHH/ J.Mantto	
3	¿El operador acaba de comenzar este trabajo (menos de una semana) O ha pasado más de 3 meses desde que el operador realizó el trabajo?	YES	NO	K	S						No aplica	-	
4	¿El empleado no puede realizar el trabajo de acuerdo con el estándar y dentro del tiempo establecido?	YES	NO	K	S						Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso	J.Mantto	
5	¿El operador carece de la capacidad natural para realizar la tarea?	YES	NO	K	S						No aplica	-	
6	¿Se ha capacitado al operador pero aún no tiene la habilidad necesaria para realizar la tarea?	YES	NO	K	S						Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso	J.Mantto	
HERCA (Completado por el equipo de evaluación)						POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)							
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO						Entrenamiento	Rozar	Alarma	AWWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
1.1	¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación?	YES	NO								No aplica	-	
1.2	¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)?	YES	NO								Capacitación de empresa tercera sobre calderos CB	J.RRHH	
1.3	¿El proceso permite errores o posibles lesiones?	YES	NO								Capacitación de empresa y charlas de 5 minutos	J.RRHH/J.Seguridad	
1.4	¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión?	YES	NO								No aplica	-	
1.5	¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión?	YES	NO								No aplica	-	
1.6	¿Los roles del operador son confusos, poco claros?	YES	NO								No aplica	-	

2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
2.1	¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender?	YES NO							Implementar gestión visual a operación de los equipos	J.Mantto	
2.2	¿Falta algo en la hoja de operaciones?	YES NO							Adquisición de catálogos y manuales de operación del equipo Caldero	J.Mantto	
2.3	¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta?	YES NO							No aplica	-	
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
3.1	¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos?	YES NO							No aplica	-	
3.2	¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación?	YES NO							No aplica	-	
3.3	¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estándar?	YES NO							Compra de instrumentos como mejora de inspección por alguna anomalía	J.Mantto	
3.4	¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea?	YES NO							No aplica	-	
3.5	¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea?	YES NO							No aplica	-	
4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
4.1	¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?	YES NO							No aplica	-	
4.2	¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes ...)	YES NO							No aplica	-	
4.3	¿El material del lado de la línea está desorganizado?	YES NO							No aplica	-	
4.4	¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.	YES NO							Concientizar sobre equipos EPP'S	J.Seguridad	
4.5	¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?	YES NO							No aplica	-	
5 - ACTITUD & CONDUCTA			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES NO							No aplica	-	
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES NO							No aplica	-	
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES NO							No aplica	-	
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES NO							No aplica	-	
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES NO							No aplica	-	
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES NO							No aplica	-	
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES NO							No aplica	-	
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES NO							No aplica	-	
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES NO							No aplica	-	
6.6	¿ El operador estaba demasiado confiado en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES NO							Concientizar y dar seguimiento al operador sobre la compleja y cuidada operación de estos equipos calderos	J.Mantto	
7 - TRABAJO EN EQUIPO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES NO							No aplica	-	
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES NO							No aplica	-	
8 - LIDERAZGO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWD	Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable	
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES NO							No aplica	-	
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las contramedidas?	YES NO							No aplica	-	
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES NO							No aplica	-	
Notas									Leyenda sobre las contramedidas:		Menos recomendada
											Más recomendada
CIERRE											
Lider del proyecto:							Fecha		23/05/2022		
Asegure de que todo el check list HERCA este completado al igual que las contramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTP											

Figura 37: Herramienta TWTP + HERCA - Mal purgado de calderas
Fuente: Elaboración Propia

d) Mal manejo de hojas de ruta

TWTP (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis)										
Después de completar TWTP y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.										
PROBLEMA / FENÓMENO: MALA MANEJO DE HOJAS DE RUTA			Proceso (Instructivo relacionado): ZONA LINEA GRIS				Sede: Chinchipe Baja			
Fecha del 1er TWTP: 6/06/2022			Operador: Nombre: J Prado				Unidad de Negocio: Finanzas			
Fecha del HERCA: 6/06/2022			Lider de equipo: Walter Alca				Sub unidad: Mantenimiento			
Fecha del 2do TWTP:			Entrevistador: Nombre: Jannet Martinez				Estación de trabajo: Taller			
			Cargos: Coordinadora RR.HH				Turno o grupo: Mañana			
Característica del Error	Operación fallida		Fuente del problema		Inspecciones		Mecanico de turno			
	Proceso sin seguimiento				Hojas de ruta		Jefe de Manito			
	Mala selección de suministro				Avisos SAP		Miembros del equipo			
	Otro (describe):		x		O/T		Otros			
TWTP					TWTP (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)		Eval.	TWTP (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)		Eval.
¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los epp's que debes utilizar? / ¿Entiendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)					Ya tenemos establecidos las hojas de ruta de todos los equipos pero hay mucho cambio en ellas por lo que el trabajo es distinto, pueden aparecer varios problemas de diferentes complejidades. Si conozco mis Epp's		1 "x"	Como mecanico ahora tengo mas conciencia del uso de los epps para cada recorrido de las hojas de ruta, el coaching me ayudo mucho		1 "x"
A Si conoce					Bien		A x	A x		A x
B No conoce completamente					Falta de Conocimiento		B	B		B
C No conoce							C	C		C

¿COMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? / ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente?				Por mi experiencia como mecanico industrial. La seguridad me lo da las hojas de rutas pero son conciente que a veces no sigo como se debería hacer el paso paso				Ahora se que debo seguir cada instrucción y hojas estandares establecidos por personas con la experiencia del bueno manejo de ello, gracias a las contramedidas aplicadas																															
A Sigo las instrucciones de trabajo del estándar. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué)				Bien				A x																															
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia				Falta de Conocimiento				B x																															
C Otro (describe)								C																															
¿COMO SABES QUE TU TRABAJO ESTA SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro?				Por lo que monitoreo en diferentes tiempos. Los actos inseguros se cometen por imprudencias o confianza no dire que no la tengo pero son pocas las veces que me gana el tiempo				Gracias al adstramiento por parte del jefe de manito y las charlas implementadas puedo tener en cuenta que todo debe seguir un procedimiento																															
A Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato.				Bien				A x																															
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia				Falta de Conocimiento				B																															
C Otro (describe)								C																															
¿QUE HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro?				Sigo el plan de accion contra incidentes o accidentes				Toda medida es adoptada por algo y el recordar diario por medio de las capacitaciones hacen que reaccione mas rapido a lo que se debe hacer antes cualquier caso o incidente																															
A Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.				Bien				A x																															
B Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas.				Falta de Conocimiento				B x																															
C Otro (describe)								C																															
ANALISIS DETALLADO (Completado por el entrevistador)										POSIBLES CONTRAMEDIDAS																													
FALTA DE CONOCIMIENTO O HABILIDAD (K= Conocimiento; S = Habilidad)										Comentarios										Detalle de la contramedida										Responsable									
¿El problema es resultado de una capacitación insuficiente / incompleta?										-										No aplica										-									
¿El problema se debe a la falta de comprensión del método y / o herramientas que se utilizarán?										Falta de concientizacion de uso de este recurso (hoja de ruta)										Capacitar sobre la importancia de las hojas de ruta y su frecuencia de inspeccion										J.Mantto									
¿El operador acaba de comenzar este trabajo (menos de una semana) O ha pasado más de 3 meses desde que el operador realizó el trabajo?										-										No aplica										-									
¿El empleado no puede realizar el trabajo de acuerdo con el estándar y dentro del tiempo establecido?										Exceso de confianza										Capacitar sobre la importancia de las hojas de ruta y su frecuencia de inspeccion										J.Mantto									
¿El operador carece de la capacidad natural para realizar la tarea?										-										No aplica										-									
¿Se ha capacitado al operador pero aún no tiene la habilidad necesaria para realizar la tarea?										Falta de nocion y criterio										Capacitar sobre la importancia de las hojas de ruta y su frecuencia de inspeccion										J.Mantto									

HERCA (Completado por el equipo de evaluación)			POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)							Detalle de la contramedida	Responsable
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
1.1	¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación?	YES NO							No aplica	-	
1.2	¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)?	YES NO							No aplica	-	
1.3	¿El proceso permite errores o posibles lesiones?	YES NO							No aplica	-	
1.4	¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión?	YES NO							No aplica	-	
1.5	¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión?	YES NO							No aplica	-	
1.6	¿Los roles del operador son confusos, poco claros?	YES NO							No aplica	-	
2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
2.1	¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender?	YES NO							No aplica	-	
2.2	¿Falta algo en la hoja de operaciones?	YES NO							No aplica	-	
2.3	¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta?	YES NO							No aplica	-	
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
3.1	¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos?	YES NO							No aplica	-	
3.2	¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación?	YES NO							No aplica	-	
3.3	¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estándar?	YES NO							No aplica	-	
3.4	¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea?	YES NO							No aplica	-	
3.5	¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea?	YES NO							No aplica	-	
4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
4.1	¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?	YES NO							No aplica	-	
4.2	¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes ...)	YES NO							No aplica	-	
4.3	¿El material del lado de la línea está desorganizado?	YES NO							No aplica	-	
4.4	¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.	YES NO							No aplica	-	
4.5	¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?	YES NO							No aplica	-	
5 - ACTITUD & CONDUCTA			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES NO							No aplica	-	
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES NO							No aplica	-	
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES NO							Concientizar la importancia del buen uso de las hojas de rutas y darle seguimiento diario	J.Mantto	
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES NO							No aplica	-	
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES NO							Adiestrar y capacitar sobre las zonas que necesitan uso de instrumentos de inspección	J.Mantto	
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES NO							Implementar charlas de inicio en actividades del trabajo	J.Mantto	
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES NO							Establecer una frecuencia confiable	J.Mantto	
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES NO							No aplica	-	
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES NO							No aplica	-	
6.6	¿El operador estaba demasiado confiado en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES NO							Aprobar cada inspección a detalle de la hoja de trabajo/con imágenes de cada equipo inspeccionado	J.Mantto	
7 - TRABAJO EN EQUIPO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES NO							No aplica	-	
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES NO							No aplica	-	
8 - LIDERAZGO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	AMWO	Métodos	Coaching			
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES NO							No aplica	-	
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las contramedidas?	YES NO							No aplica	-	
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES NO							No aplica	-	
Notas		Leyenda sobre las contramedidas:							Menos recomendada	Más recomendada	
CIERRE											
Lider del proyecto:					Fecha:			6/06/2022			
Asegurece de que todo el check list HERCA este completado al igual que las contramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTP											

Figura 38: Herramienta TWTP + HERCA - Mal manejo de hojas de ruta
Fuente: Elaboración Propia

e) Mal manejo del refinador

TWTPP (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis)																								
Después de completar TWTPP y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.																								
PROBLEMA / FENÓMENO: MALA OPERACIÓN EN REFINADOR BELLOIT				Proceso (Instructivo relacionado): ZONA REFINADORES			Sede: Chinchá Baja																	
Fecha del 1er TWTPP: 30/05/2022				Unidad de Negocio: Finanzas			Sub unidad: Mantenimiento																	
Fecha del HERCA: 30/05/2022				Estación de trabajo: Taller			Turno o grupo: Mañana																	
Fecha del 2do TWTPP: []				Operador: Nombre: J. Guerrero			Entrevistador: Nombre: Jannet Martinez																	
Operación fallida				Inspecciones			Mecánico de turno																	
Proceso sin seguimiento				Fuentes del problema: Hojas de ruta			Jefe de Manro																	
Mala selección de suministro				O/T			Miembros del equipo																	
Otro (describa): x				Otro (Describa): x			Otros																	
TWTPP		TWTPP (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)		Eval.		TWTPP (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)		Eval.																
1. ¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los epp's que debes utilizar? / ¿Entiendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)		El arranque y el manejo no es complejo por lo que esta todo controlado mediante un panel, lo unico que uno debe tener en cuenta son los parametros en los que debe trabajar el equipo. Conozco mis epp's perfectamente		1 "x"		Sirvio de ayuda extra las capacitaciones y entrenamientos dadas		1 "x"																
A Si conoce		Bien		A x		A		A																
B No conoce completamente		Falta de Conocimiento		B		B		B																
C No conoce				C		C		C																
2. ¿COMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? / ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente?		Me apoyo en mi experiencia y en hojas de procedimientos		2 "x"		A través del entrenamiento pude comprender que la experiencia no es todo y que se debe seguir los procedimientos estandares que por algo estan		2 "x"																
A Sigo las instrucciones de trabajo del estándar. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué		Bien		A x		A		A x																
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia		Falta de Conocimiento		B		B		B																
C Otro (describa)				C		C		C																
3. ¿COMO SABES QUE TU TRABAJO ESTA SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro?		Porque manejo yo los factores bien parametrizados		3 "x"		Los adiestramientos ayudaron a complementar mi formación		3 "x"																
A Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato.		Bien		A x		A		A x																
B Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia		Falta de Conocimiento		B		B		B																
C Otro (describa)				C		C		C																
4. ¿QUÉ HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro?		Sigo el plan de acción contra incidentes o accidentes		4 "x"		El coaching me ayudo a comprender que si en todo momento el apoyo de alguien mas es necesario		4 "x"																
A Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.		Bien		A x		A		A x																
B Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas.		Falta de Conocimiento		B x		B		B																
C Otro (describa)				C		C		C																
ANÁLISIS DETALLADO (Completado por el entrevistado)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS																			
FALTA DE CONOCIMIENTO O HABILIDAD (K= Conocimiento; S = Habilidad)				Comentarios		Entrenamiento en el trabajo		Gestión Visual		Entrenamiento en sala		Video		Alarma		Otros		Detalle de la contramedida		Responsable				
1. ¿El problema es resultado de una capacitación insuficiente / incompleta?				YES NO K S		-												No aplica		-				
2. ¿El problema se debe a la falta de comprensión del método y / o herramientas que se utilizarán?				YES NO K S		-														No aplica		-		
3. ¿El operador acaba de comenzar este trabajo (menos de una semana) O ha pasado más de 3 meses desde que el operador realizó el trabajo?				YES NO K S		-														No aplica		-		
4. ¿El empleado no puede realizar el trabajo de acuerdo con el estándar y dentro del tiempo establecido?				YES NO K S		Falta habilidades de gestion del tiempo del proceso de su equipo														Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso		J. Produccion		
5. ¿El operador carece de la capacidad natural para realizar la tarea?				YES NO K S		-														No aplica		-		
6. ¿Se ha capacitado al operador pero aún no tiene la habilidad necesaria para realizar la tarea?				YES NO K S		Hace falta mejorar las habilidades														Adiestrar mejor en operación del equipo para un mejor proceso		J. Produccion		
HERCA (Completado por el equipo de evaluación)					POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)																			
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO					Entrenamiento en sala		Kaizen		Alarma		Video		Alarma		Otros		Detalle de la contramedida		Responsable					
1.1. ¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación?					YES NO														No aplica		-			
1.2. ¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)?					YES NO																No aplica		-	
1.3. ¿El proceso permite errores o posibles lesiones?					YES NO																No aplica		-	
1.4. ¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión?					YES NO																No aplica		-	
1.5. ¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión?					YES NO																No aplica		-	
1.6. ¿Los roles del operador son confusos, poco claros?					YES NO																No aplica		-	
2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO					Entrenamiento en sala		Kaizen		Alarma		Video		Alarma		Otros		Detalle de la contramedida		Responsable					
2.1. ¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender?					YES NO														Realizar una mejora en la documentación de la operación del proceso		J. Produccion			
2.2. ¿Falta algo en la hoja de operaciones?					YES NO																No aplica		-	
2.3. ¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta?					YES NO														Colocar etiquetas o fichas acerca de como operar mejor el equipo		J. Produccion			
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					Entrenamiento en sala		Kaizen		Alarma		Video		Alarma		Otros		Detalle de la contramedida		Responsable					
3.1. ¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos?					YES NO																No aplica		-	
3.2. ¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación?					YES NO																No aplica		-	
3.3. ¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estandar?					YES NO																No aplica		-	
3.4. ¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea?					YES NO																No aplica		-	
3.5. ¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea?					YES NO																No aplica		-	
4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO					Entrenamiento en sala		Kaizen		Alarma		Video		Alarma		Otros		Detalle de la contramedida		Responsable					
4.1. ¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?					YES NO														Mejora en apoyo y programación de tiempos en actividades		J. Produccion			
4.2. ¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes...)					YES NO																No aplica		-	
4.3. ¿El material del lado de la línea está desorganizado?					YES NO																No aplica		-	
4.4. ¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.					YES NO														Instalar alumbrado en zona SP1200 (dispositivos de control)		J. Manro			
4.5. ¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?					YES NO																No aplica		-	

5 - ACTITUD & CONDUCTA			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	5M/5P/5W/5H	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES NO						Escuchar mas y hablar menos por parte del jefe de turno	J.Produccion
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES NO						No aplica	-
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES NO						No aplica	-
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES NO						No aplica	-
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	5M/5P/5W/5H	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES NO						Realizar entrenamiento y supervision	J.RRHH /J.Produccion
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES NO						No aplica	-
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES NO						Distribuir fuerzas/rotacion de tareas	J.Produccion
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES NO						Tener mas comunicación con el jefe de area para el manejo de preocupacion o temas personales	J.Produccion
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES NO						Rotacion de operadores con tiempos establecidos por trabajo	J.Produccion
6.6	¿El operador estaba demasiado confiado en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES NO						Supervisar la zona del trabajo del operador	J.Produccion
7 - TRABAJO EN EQUIPO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	5M/5P/5W/5H	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES NO						Genera confianza mediante adiestramientos	J.Produccion
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES NO						Involucrar mas al operador en reuniones cortas entre el Jefe de turno y operador	J.Produccion
8 - LIDERAZGO			Entrenamiento	Kaizen	Alarmas	5M/5P/5W/5H	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES NO						No aplica	-
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las contramedidas?	YES NO						No aplica	-
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES NO						No aplica	-
Notas						Leyenda sobre las contramedidas:		Menos recomendada Más recomendada	
CIERRE									
Lider del proyecto:						Fecha		30/05/2022	
Asegurese de que todo el check list HERCA este completado al igual que las contramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTP									

Figura 39: Herramienta TWTP + HERCA - Mal manejo del refinador
Fuente: Elaboración Propia

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación de la herramienta TWTP + HERCA ha permitido reducir el promedio de fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris de 12.50 a un 7.50

Cada contramedida e idea sugerida con los miembros de apoyo del equipo de cada zona en donde se encontraron o visualizaron problemas por errores humanos tuvieron seguimientos a través de los días que se gestionó a implementar, cada solución tuvo como soporte herramientas de apoyo para poder dar ejecución a los problemas y operadores a su vez. Cabe recalcar una vez más que esto no es una acción disciplinaria con suspensión o castigos, sino que sirve para poder mejorar la calidad y desempeño de la persona encargada de la operación del equipo que se le otorga con el objetivo de mejorar la disponibilidad y confiabilidad del activo para su elevada o estabilidad en la producción. Esta herramienta una vez más da como hecho no quedarse en el tiempo, sino

que puede seguir dando mejora en el entorno de la empresa para valorar el esfuerzo humano. Asimismo, la participación de cada integrante ayudo de manera significativa para poder levantar la información desde una fuente en donde se valida que no solo existe el error humano, sino que a su vez el equipo como tal pueda presentar fallas desconocidas.

➤ Muestra después

El promedio semanal de fallas en los procesos por errores humanos fue de 7.50 (Ver Tabla 23)

Tabla 23:
Fallas en los procesos por errores humanos Post Test

Errores Humanos	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Promedio semanal
Mal manejo del equipo CH7	1	0	0	0	0	0	0.17
Mal manejo del equipo pulper voith	2	1	2	2	2	2	1.83
Mal manejo del equipo SP1200	0	0	0	0	0	1	0.17
Mala apertura y cierre de válvulas	1	2	1	1	1	1	1.17
Mal purgado de calderas	1	1	0	1	0	0	0.50
Inadecuada inspección diaria	1	1	2	1	1	1	1.17
Mal manejo de hojas de ruta	0	0	1	1	1	1	0.67
Mal manejo del refinador	0	0	0	1	0	0	0.17
Mal manejo del uso de secadores	1	2	2	1	2	2	1.67
Total	7	7	8	8	7	8	7.50

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

El resumen de resultados se puede ver en la Tabla 24.

Tabla 24:
Resumen de resultados

	Hipótesis Especificas	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador VD	Pre test	Post test	Diferencia	%
Problema específico 1	Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera	Plan de mantenimiento predictivo y preventivo	Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = (MTBF / (MTBF + MTTR)) semanal	88.19%	90.41%	2.21%	2.51%
Problema específico 2	Si se implementa un análisis de averías, entonces reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera	Análisis de averías	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas (minutos) / Semana	246.33	217.17	-29.17	-11.84%
Problema específico 3	Si se implementa la Herramienta TWTP + HERCA, entonces reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera	Herramienta TWTP + HERCA	Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	12.50	7.50	-5.00	-40.00%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

4.2 Análisis de resultados

Generalidades

En este punto se detalla el desarrollo y resultados obtenidos de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis para la investigación en desarrollo, donde se proporcionará el detalle de la información reunida de las muestras en el pre test y en el post test, de forma tal que se pueda comprobar la variación entre las muestras, a través de la estadística inferencial desarrollada en la investigación para cada una de las hipótesis específicas. Para todos los resultados de las pruebas se ha empleado el software estadístico SPSS, versión 27.

El presente estudio utiliza variables dependientes ya que las muestras de las 03 hipótesis específicas corresponden a una muestra relacionada pues los resultados presentados pertenecen a datos recopilados de los equipos pulper voith, SP1200, CH7 y operarios, además de ser variables del tipo cuantitativo numérico. (Ver Figura 40)

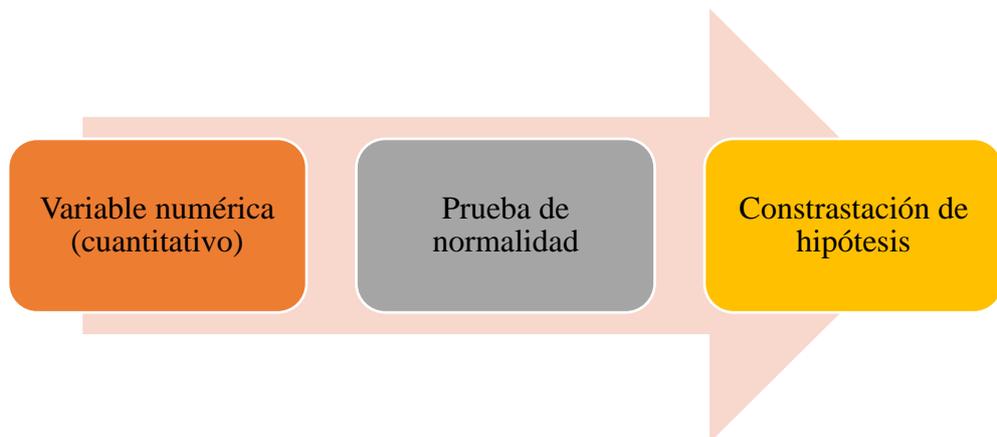


Figura 40: Aplicación de pruebas en variable cuantitativa
Fuente: Elaboración propia

Pruebas de normalidad (para las tres hipótesis)

Para las pruebas de normalidad se exponen las siguientes hipótesis:

H_0 : Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal

H_1 : Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0). Por consiguiente, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.
- Si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. ≤ 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1). Por consiguiente, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

Contrastación de hipótesis (para las tres hipótesis)

Para la contrastación de hipótesis se presenta la siguiente validez de la hipótesis:

H_0 : Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre Test y la muestra Post Test.

H_1 : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre Test y la muestra Post Test.

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.
- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. ≤ 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1). Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

❖ Primera hipótesis específica: Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.

Prueba de normalidad

- Pre Test: Muestra variable dependiente 01

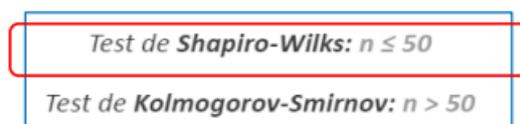
Para el desarrollo de esta primera muestra se tomaron los valores Pre Test, obtenidos en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022). (Ver Tabla 25)

Tabla 25:
Valores de la primera variable dependiente - Pre Test

Semanas	Disponibilidad
Semana 12	86.89%
Semana 13	86.41%
Semana 14	86.79%
Semana 15	88.45%
Semana 16	89.69%
Semana 17	90.94%
Promedio	88.19%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.



Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 41):

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad de la línea gris - Pre Test	,262	6	,200*	,894	6	,341

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 41: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Primera hipótesis
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.341), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), por consiguiente, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

- Post Test: Muestra variable dependiente 01

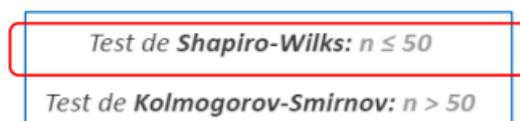
Para el desarrollo de esta primera muestra se tomaron los valores Post Test, obtenidos en el periodo de estudio (27 de junio del 2022 hasta 07 de agosto del 2022). (Ver Tabla 26)

Tabla 26:
Valores de la primera variable dependiente - Post Test

Semanas	Disponibilidad
Semana 12	90.05%
Semana 13	89.67%
Semana 14	89.11%
Semana 15	89.84%
Semana 16	91.20%
Semana 17	92.57%
Promedio	90.41%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.



Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 42):

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad de la línea gris Post Test	,278	6	,163	,895	6	,345

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 42: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Primera hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.345), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), por consiguiente, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

Muestra Pre Test: Sig. = 0.341 > 0.05 la distribución es normal

Muestra Post Test: Sig. = 0.345 > 0.05 la distribución es normal

Contrastación de hipótesis

Por medio de este procedimiento se logrará evidenciar si las muestras basadas en la hipótesis de nuestra investigación tienen una validación o un enunciado razonable. Para constatar la prueba de hipótesis, definiremos nuestra hipótesis específica.

Hipótesis específica: Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.

- Validez de la hipótesis específica

H_0 : Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces NO incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.

H_1 : Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces SI incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelera.

Como primer paso procedemos a organizar la información de nuestras muestras (Ver Tabla 27) considerando que están son relacionadas, debido a que la información obtenida corresponde a los mismos equipos Pulper Voith y SP1200 tanto en el escenario Pre y Post.

Tabla 27:
Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Primera hipótesis

Semanas	Disponibilidad Pre Test	Disponibilidad Post Test
Semana 12	86.89%	90.05%
Semana 13	86.41%	89.67%
Semana 14	86.79%	89.11%
Semana 15	88.45%	89.84%
Semana 16	89.69%	91.20%
Semana 17	90.94%	92.57%

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Con los resultados en la prueba de normalidad, se obtuvo que las muestras Pre y Post siguen una distribución normal:

Pre	normal	Post	normal
-----	--------	------	--------

De manera que al ser ambos normales, estamos ante una situación de muestras paramétricas con un nivel de significancia mayor al 5% y la prueba de hipótesis que emplearemos será la T - Student para muestras relacionadas.

Por lo cual se procede a ingresar en el software SPSS la información obtenida.

- Resultados de la contrastación

Se pueden visualizar en la Figura 43 y Figura 44.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Disponibilidad de la línea gris - Pre Test	,881950	6	,0182748	,0074606
	Disponibilidad de la línea gris Post Test	,904067	6	,0126347	,0051581

Figura 43: Resultado de la estadística de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	Disponibilidad de la línea gris - Pre Test- Disponibilidad de la línea gris Post Test	-,0221167	,0083856	,0034234	-,0309168	-,0133166	-6,460	5	,001	

Figura 44: Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Regla de decisión

Si el nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. \leq 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

La prueba T: Sig. 0.001 < 0.05 rechazamos la H_0 y se acepta la H_1 .

H_1 : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre Test y la muestra Post Test, es decir que se acepta que implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, SI incrementó la disponibilidad de la línea gris en la empresa papelera.

- Estadísticos descriptivos

Los cuales se pueden visualizar en la Tabla 28:

Tabla 28:

Estadísticos descriptivos - Primera hipótesis específica

		Descriptivos	
		Estadístico	Error estándar
Disponibilidad de la línea gris - Pre Test	Media	0,881950	0,0074606
	Mediana	0,876700	
	Varianza	0,000	
	Desviación estándar	0,0182748	
Disponibilidad de la línea gris Post Test	Media	0,904067	0,0051581
	Mediana	0,899450	
	Varianza	0,000	
	Desviación estándar	0,0126347	

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

❖ Segunda hipótesis específica: Si se implementa un análisis de averías, entonces reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelera.

- Pre Test: Muestra variable dependiente 02

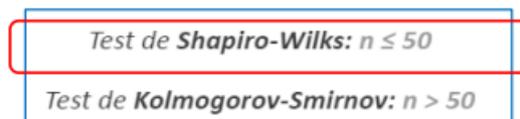
Para el desarrollo de esta segunda muestra se tomaron los valores Pre Test, obtenidos en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022). (Ver Tabla 29)

Tabla 29:
Valores de la segunda variable dependiente - Pre Test

Semanas	Tiempos de paradas no planificadas
Semana 12	315
Semana 13	297
Semana 14	284
Semana 15	261
Semana 16	168
Semana 17	153
Promedio	246,33

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.



Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 45):

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Pre Test	,251	6	,200 [*]	,853	6	,168

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 45: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Segunda hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.168), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), por consiguiente, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

- Post Test: Muestra variable dependiente 02

Para el desarrollo de esta segunda muestra se tomaron los valores Post Test, obtenidos en el periodo de estudio (27 de junio del 2022 hasta 07 de agosto del 2022). (Ver Tabla 30)

Tabla 30:
Valores de la segunda variable dependiente - Post Test

Semanas	Tiempos de paradas no planificadas
Semana 12	286
Semana 13	271
Semana 14	253
Semana 15	240
Semana 16	134
Semana 17	119
Promedio	217.17

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.

<i>Test de Shapiro-Wilks: $n \leq 50$</i>
<i>Test de Kolmogorov-Smirnov: $n > 50$</i>

Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 46):

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Post Test	,291	6	,123	,831	6	,110

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 46: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Segunda hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.110), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), por consiguiente, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

Muestra Pre Test: Sig. = 0.168 > 0.05 la distribución es normal

Muestra Post Test: Sig. = 0.110 > 0.05 la distribución es normal

Contrastación de hipótesis

Por medio de este procedimiento se logrará evidenciar si las muestras basadas en la hipótesis de nuestra investigación tienen una validación o un enunciado razonable. Para constatar la prueba de hipótesis, definiremos nuestra hipótesis específica.

Hipótesis específica: Si se implementa un análisis de averías, entonces reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera.

- Validez de la hipótesis específica

H_0 : Si se implementa un análisis de averías, entonces NO reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera.

H_1 : Si se implementa un análisis de averías, entonces SI reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera.

Como primer paso procedemos a organizar la información de nuestras muestras (Ver Tabla 31) considerando que están son relacionadas, debido a que la información obtenida corresponde al mismo equipo CH7 tanto en el escenario Pre y Post.

Tabla 31:
Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Segunda hipótesis

Semanas	Tiempos de paradas no planificadas Pre Test	Tiempos de paradas no planificadas Post Test
Semana 12	315	286
Semana 13	297	271
Semana 14	284	253
Semana 15	261	240
Semana 16	168	134
Semana 17	153	119

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Con los resultados en la prueba de normalidad, se obtuvo que las muestras Pre y Post siguen una distribución normal:

Pre	normal	Post	normal
-----	--------	------	--------

De manera que al ser ambos normales, estamos ante una situación de muestras paramétricas con un nivel de significancia mayor al 5% y la prueba de hipótesis que emplearemos será la T - Student para muestras relacionadas.

Por lo cual se procede a ingresar en el software SPSS la información obtenida.

- Resultados de la contrastación

Se pueden visualizar en la Figura 47 y Figura 48.

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Pre Test	246,3333	6	68,93959	28,14447
	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Post Test	217,1667	6	72,10386	29,43628

Figura 47: Resultado de la estadística de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas								
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
					Inferior	Superior				
Par 1	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Pre Test- Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Post Test	29,16667	5,03653	2,05616	23,88115	34,45218	14,185	5	<.001	

Figura 48: Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Regla de decisión

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. \leq 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

La prueba T: Sig. 0.000 < 0.05 rechazamos la H_0 y se acepta la H_1 .

H_1 : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre Test y la muestra Post Test, es decir que se acepta que implementar un análisis de averías, SI redujo los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en la empresa papelera.

- Estadísticos descriptivos

Los cuales se pueden visualizar en la Tabla 32:

Tabla 32:

Estadísticos descriptivos - Segunda hipótesis específica

		Descriptivos	
		Estadístico	Error estándar
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Pre Test	Media	246,3333	28,14447
	Mediana	272,5000	
	Varianza	4752,667	
	Desviación estándar	68,93959	
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris Post Test	Media	217,1667	29,43628
	Mediana	246,5000	
	Varianza	5198,967	
	Desviación estándar	72,10386	

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

❖ Tercera hipótesis específica: Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

❖ Pre Test: Muestra variable dependiente 03

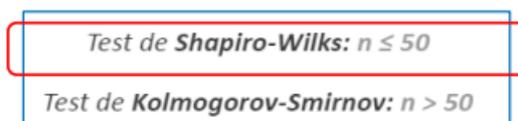
Para el desarrollo de esta tercera muestra se tomaron los valores Pre Test, obtenidos en el periodo de estudio (21 de marzo del 2022 hasta 01 de mayo del 2022). (Ver Tabla 33)

Tabla 33:
Valores de la tercera variable dependiente - Pre Test

Semanas	Fallas en los procesos por errores humanos
Semana 12	12
Semana 13	12
Semana 14	13
Semana 15	13
Semana 16	12
Semana 17	13
Promedio	12.50

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.



Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 49):

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Pre Test	,319	6	,056	,683	6	,004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 49: Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Tercera hipótesis
Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.004), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. ≤ 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), por consiguiente, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

❖ Post Test: Muestra variable dependiente 03

Para el desarrollo de esta tercera muestra se tomaron los valores Post Test, obtenidos en el periodo de estudio (27 de junio del 2022 hasta 07 de agosto del 2022). (Ver Tabla 34)

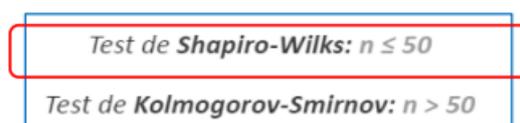
Tabla 34:
Valores de la tercera variable dependiente - Post Test

Semanas	Fallas en los procesos por errores humanos
Semana 12	7
Semana 13	7
Semana 14	8
Semana 15	8
Semana 16	7
Semana 17	8
Promedio	7.50

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Al emplear la prueba de normalidad utilizando el software estadístico SPSS se harán uso de los valores del test de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras tomadas son menores o iguales que 50.



Luego de ingresar los valores en SPSS se obtuvieron los siguientes resultados (Ver Figura 50):

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Post Test	,319	6	,056	,683	6	,004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 50: Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Tercera hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Con el resultado obtenido de significancia (Sig. = 0.004), verificamos las reglas de decisión descritas al inicio de este punto y respecto a ello decidimos si la distribución obtenida es normal.

Conforme a nuestra regla de decisión para esta prueba normalidad se establece que: El nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. ≤ 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), por consiguiente, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

Muestra Pre Test: Sig. = 0.004 ≤ 0.05 la distribución NO es normal

Muestra Post Test: Sig. = 0.004 ≤ 0.05 la distribución NO es normal

Contrastación de hipótesis

Por medio de este procedimiento se logrará evidenciar si las muestras basadas en la hipótesis de nuestra investigación tienen una validación o un enunciado razonable. Para constatar la prueba de hipótesis, definiremos nuestra hipótesis específica.

Hipótesis específica: Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

- Validez de la hipótesis específica

H_0 : Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces NO reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

H_1 : Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces SI reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

Como primer paso procedemos a organizar la información de nuestras muestras (Ver Tabla 35) considerando que están son relacionadas, debido a que la información obtenida corresponde a los mismos operarios tanto en el escenario Pre y Post.

Tabla 35:
Valores Pre Test y Post Test obtenidos - Tercera hipótesis

Semanas	Fallas en los procesos por errores humanos Pre Test	Fallas en los procesos por errores humanos Post Test
Semana 12	12	7
Semana 13	12	7
Semana 14	13	8
Semana 15	13	8
Semana 16	12	7
Semana 17	13	8

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.
Elaboración: Propia

Con los resultados en la prueba de normalidad, se obtuvo que las muestras Pre y Post NO siguen una distribución normal:

Pre	No normal	Post	No normal
-----	-----------	------	-----------

Por lo tanto, estamos ante un escenario de muestras no paramétricas con un nivel de significancia menor al 5% para el Pre Test y un nivel de significancia menor al 5% para el Post Test, por lo que la prueba de hipótesis que aplicaremos será la Wilcoxon para muestras relacionadas.

Por lo cual se procede a ingresar en el software SPSS la información obtenida.

- Resultados de la contrastación

Cuyo resultado se puede visualizar en la Figura 51.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Pre Test y Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Post Test es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,014	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Figura 51: Resultado contraste de hipótesis Pre Test y Post Test - Tercera hipótesis

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

- Regla de decisión

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5.00% (Sig. > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0).

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5.00% (Sig. ≤ 0.05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1).

La prueba Wilcoxon: Sig. 0.014 < 0.05 rechazamos la H_0 y se acepta la H_1 .

H_1 : Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre Test y la muestra Post Test, es decir que se acepta que implementar la herramienta TWTP + HERCA, SI redujo las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelera.

- Estadísticos descriptivos

Los cuales se pueden visualizar en la Tabla 36:

Tabla 36:
Estadísticos descriptivos - Tercera hipótesis específica

		Descriptivos	
		Estadístico	Error estándar
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Pre Test	Media	12,5000	,22361
	Mediana	12,5000	
	Varianza	,300	
	Desviación estándar	,54772	
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris Post Test	Media	7,5000	,22361
	Mediana	7,5000	
	Varianza	,300	
	Desviación estándar	,54772	

Fuente: Área de mantenimiento – Papelera del Sur S.A.

Elaboración: Propia

Teniendo los resultados de las pruebas de normalidad en la Tabla 37, el análisis de resultados en la Tabla 38 y la descripción de procesamiento de datos en la Tabla 39.

Tabla 37:
Resultados de pruebas de normalidad

Muestra variable dependiente 01	Pre Test	Normal	Post Test	Normal
Muestra variable dependiente 02	Pre Test	Normal	Post Test	Normal
Muestra variable dependiente 03	Pre Test	No Normal	Post Test	No Normal

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38:
Análisis de resultados

Hipótesis	Prueba de normalidad	Tipo de variable	Tipo de muestreo	Inferencias
Primera hipótesis específica	Paramétricas (Distribución normal)	Cuantitativa (razón)	Relacionadas	T de Student de muestras relacionadas
Segunda hipótesis específica	Paramétricas (Distribución normal)	Cuantitativa (razón)	Relacionadas	T de Student de muestras relacionadas
Tercera hipótesis específica	Paramétricas (Distribución normal)	Cuantitativa (razón)	Relacionadas	Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39:
Descripción de procesamiento de datos

Variable	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = $MTBF / (MTBF + MTTR)$	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana)	T de Student de muestras relacionadas
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana)	T de Student de muestras relacionadas
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	Escala de Razón	Tendencia central (media aritmética, mediana)	Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El resultado de la aplicación del plan de mantenimiento predictivo y preventivo incrementó la disponibilidad de la línea gris de 88.19% a 90.41%, con una variación de 2.21%, lo que representa un 2.51% de incremento, y esto se debe porque se identificó los elementos de desgaste de cada equipo para poder desarrollar un nuevo plan de mantenimiento.
2. El resultado de la aplicación del análisis de averías redujo los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris de 246.33 minutos a 217.17 minutos, con una variación de 29.17 minutos, lo que representa un 11.84% de reducción, y esto se debe porque se rediseño el sistema de refrigeración de las empaquetaduras, se fabricaron unas herramientas especiales tipo extractores para que sirvan para desmontaje, se fabricó soportes en acero, etc.
3. El resultado de la aplicación de la herramienta TWTTP + HERCA redujo las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris de 12.50 a 7.50, con una variación de 5, lo que representa un 40.00% de reducción, y esto debe porque se realizó un seguimiento continuo a cada operario.
4. La implementación de la gestión de mantenimiento, es un proceso al que cualquier empresa en el rubro, se puede someter si quiere identificar oportunidades de mejora en sus procesos. Por esta razón se crean programas de mantenimiento para tener de una manera ordenada y controlada la acción de mantenimiento sobre las máquinas de producción dentro de una empresa.

RECOMENDACIONES

1. A fin de mantener el resultado de la mejora de la disponibilidad, se recomienda cumplir con el plan de mantenimiento predictivo y preventivo de manera quincenal, mensual y anual según la evaluación del equipo Pulper Voith y SP1200.
2. A fin de continuar con la reducción de los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris, se recomienda implementar KPI's con el fin de poder controlar y medir los tiempos del equipo CH7.
3. A fin de continuar con la reducción del número de fallas en los procesos por errores humanos, se recomienda aplicar el formato de una manera trimestral y de esta manera saber si el trabajador está cumpliendo con las observaciones levantadas en cada entrevista.
4. El sistema de gestión de mantenimiento que se ha desarrollado servirá como base a otras organizaciones que tengan deficiencias en esta área, lo cual incrementará la eficiencia y competitividad de nuestra industria a nivel internacional.

REFERENCIAS

- Albán, S., & Zamorano, D. (2021). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento bajo los lineamientos del mantenimiento preventivo para optimizar el uso de los recursos y mejorar el desempeño de una empresa peruana de la industria papelera* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655789>
- Alfaro, C. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería*. Recuperado de https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf
- Andrade, S. (2005). *Diccionario de economía* (3ra. ed.). México: Ed. Andrade. Recuperado el 28 de mayo 2022, de <https://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación* (6ª edición). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Arias, J. (2009). *Evaluación de la eficiencia bancaria en Venezuela desde el análisis de fronteras deterministas (período 2005 - 2008)* (Tesis de maestría). Universidad de Oriente, Cumaná. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/224648>
- Baptista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (sexta ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación* (segunda ed.). México: Pearson Educación.
- Blánquez, A. (1998). *Diccionario latino - español* (3ª ed.). Barcelona, España: Ramón Sopena, Tomo I.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. Córdoba, Argentina: Editorial Científica Universitaria.
- Camacho, M., Martínez, A., & Muñoz, F. (2018). *Manual Para Evaluar la Confiabilidad y el Error Humano en Procesos Industriales*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.

- Chiavenato, I. (2011). *Administración de Recursos Humanos: El capital humano de las Organizaciones* (9ª ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Cuatrecasas, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Díaz, J. (2011). *Técnicas de mantenimiento industrial*. Madrid, España: VV.AA.
- Farrell, M.J. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. *Journal of the Royal Statistics Society, Serie A*, 120, pp. 253-281.
- Fiat Chrysler Automoviles. (2021). *Taller sobre Desarrollo de las Personas en WCM – Wave 2*. Lima, Perú: FCA.
- Gamarra, J. (2018). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625101>
- García, A. (2011). *Productividad y Reducción de Costos: para la Pequeña y Mediana Industria* (segunda ed.). México: Trillas.
- García, O. (2012). *Gestión moderna del mantenimiento industrial. Principios fundamentales*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education.
- Hernández, C., Saldaña, J., & Velandia, P. (2021). *Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota* (Tesis de maestría). Universidad ECCI, Bogotá. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2581>
- Huerta, J. (2004). *La Teoría de la Eficiencia Dinámica*. *Revista Europea de Economía Política*, 1(1), 11-71
- Jenofonte (1966). *Económico. Edición, traducción y notas por Juan Gil*. Madrid, España: Sociedad de Estudios y Publicaciones.

- Koontz, H., & Weihrich, H. (2004). *Administración. Una perspectiva global* (12 ed.). España: McGraw-Hill Interamericana.
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Mejía, E., Novoa, E., Ñaupas, H., & Villagómez, A. (2013). *Metodología de la investigación. Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis* (cuarta ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Molina, G., Sandoval, E., & Tenorio, V. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de gestión del mantenimiento en planta industrial de Ingenio el Ángel* (Tesis de maestría). Universidad Don Bosco, San Salvador. <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/1721>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Niño, V. (2011). *Metodología de investigación* (1ª edición). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Palma, S. (2021). *Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la fabricación de muebles para oficina en melamina* (Tesis de maestría). Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Paredes, F. (2017). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa de confecciones Danpar E.I.R.L* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11565>
- Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Bucaramanga, Colombia: Ediciones USTA.
- Posada, C. (31 de enero del 2022). Los estragos de la COVID-19 en la industria del papel. Recuperado de <https://lacamara.pe/los-estragos-de-la-covid-19-en-la-industria-del-papel/>
- Propenko, J. (1989). *La gestión de la productividad: manual práctico*. Ginebra, Suiza: OIT

- Robbins, S., & Coulter, M. (2005). *Administración* (octava ed.). México: Pearson Educación.
- Rothbard, M. (1999). *Historia del pensamiento económico, volumen I, El pensamiento económico hasta Adam Smith*. Madrid, Unión Editorial.
- Schellenberg, T. (1956). *Modern archives: principles and techniques* (2.^a ed.). Chicago: University of Chicago.
- Southern California Evidence Review Center (2008). *Identifying, Categorizing, and Evaluating Health Care Efficiency Measures*.
<https://archive.ahrq.gov/research/findings/final-reports/efficiency/efficiency.pdf>
- Velásquez, C. (2010). Plan de mejoras de mantenimiento para una empresa del sector de materiales compuestos (Tesis de pregrado). Universidad EAFIT, Medellín.
<https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/4275>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR VI	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR VD
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿En qué medida la implementación de la gestión de mantenimiento mejorará la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelerera?	Implementar la gestión de mantenimiento para mejorar la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelerera	Si se implementa la gestión de mantenimiento, entonces mejorará la eficiencia de los equipos de la línea gris en una empresa papelerera	Gestión de mantenimiento	-	Eficiencia	-
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas				
¿De qué manera se podrá incrementar la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelerera?	Implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para incrementar la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelerera	Si se implementa un plan de mantenimiento predictivo y preventivo, entonces incrementará la disponibilidad de la línea gris en una empresa papelerera	Plan de mantenimiento predictivo y preventivo	SI/NO	Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = (MTBF / (MTBF + MTTR)) semanal
¿De qué manera se podrá reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera?	Implementar un análisis de averías para reducir los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera	Si se implementa un análisis de averías, entonces reducirá los tiempos de paradas no planificadas de la línea gris en una empresa papelerera	Análisis de averías	SI/NO	Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana
¿De qué manera se podrá reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelerera?	Implementar la herramienta TWTP + HERCA para reducir las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelerera	Si se implementa la herramienta TWTP + HERCA, entonces reducirá las fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris en una empresa papelerera	Herramienta TWTP + HERCA	SI/NO	Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Plan de mantenimiento predictivo y preventivo	SI/NO	El mantenimiento predictivo se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos. (Pérez, 2021)	Reporte mensual del mantenimiento predictivo y preventivo realizado
Análisis de averías	SI/NO	El análisis de averías se podría definir como el conjunto de actividades de investigación que, aplicadas sistemáticamente, trata de identificar las causas de las averías y establecer un plan que permita su eliminación. (García, 2010)	Reporte mensual del número de averías
Herramienta TWTP + HERCA	SI/NO	TWTP identifica la causa raíz debida a la falta de conocimientos o habilidades. HERCA identifica la causa raíz debida a otras razones. (Fiat Chrysler Automoviles, 2021)	Determina la causa raíz de los errores cometidos por una persona
Variable dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Disponibilidad de la línea gris	Disponibilidad = (MTBF / (MTBF + MTTR)) semanal	La relación entre el tiempo requerido para trabajar y el tiempo que realmente está operativo. (Cuatrecasas, 2011)	Fracción de tiempo que el equipo está operando
Tiempos de paradas no planificadas de la línea gris	Tiempos de paradas no planificadas / Semana	Permite reducir las paradas imprevistas de las máquinas. (Palma, 2021)	Reporte mensual del número de paradas no planificadas
Fallas en los procesos por errores humanos de la línea gris	Número de fallas en los procesos por errores humanos / Semana	El error humano puede ser clasificado de diferentes maneras, una de ellas es la distinción entre errores de comisión y errores de omisión. Así pues, los errores de comisión son aquellos que ocurren cuando el operario realiza una acción que no debió haber llevado a cabo. En contraste, los errores de omisión son aquellos en los que el operario falla en llevar a cabo la acción que debió haber realizado. (Camacho, Martínez & Muñoz, 2018)	Reporte mensual de errores humanos

Anexo 3: Permiso de la empresa Papelera del Sur S.A.



Chincha, 25 de mayo del 2022

Por la presente, autorizamos a los señores Bachilleres **Walter Daniel Alca Matías** y al señor **Charlie Alexis Burgos Salazar**, a fin de que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular me despido,

Atentamente,

CARTONES
AMERICA

PAPELERA DEL SUR S.A.
PLANTA CHINCHA

WALTER ALCA OJEDA
JEFE DE MANTENIMIENTO

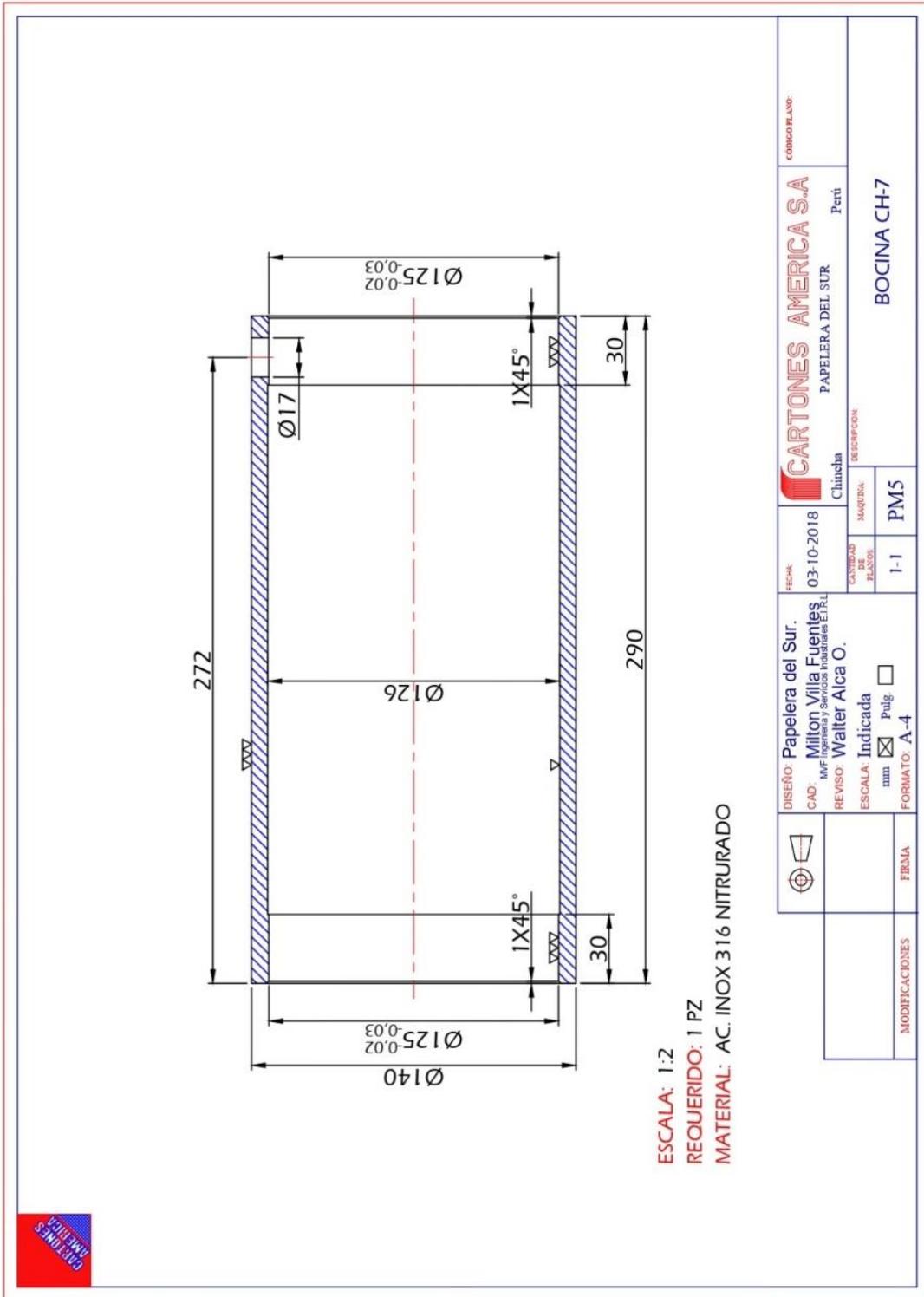
Anexo 4: Herramienta TWTP + HERCA

HERCA (Completado por el equipo de evaluación)			POSIBLES CONTRAMEDIDAS (Lo sombreado en gris no es lo más recomendado)									
1 - DEBILIDAD DEL PROCESO			Entrenamiento	SOP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
1.1	¿Hay problemas ergonómicos al realizar esta operación?	YES NO										
1.2	¿Es esta operación excesivamente compleja, difícil o una operación ciega (visión poco clara de la operación)?	YES NO										
1.3	¿El proceso permite errores o posibles lesiones?	YES NO										
1.4	¿El proceso se realizó fuera de orden o secuencia causando un error o lesión?	YES NO										
1.5	¿El proceso tiene operadores que trabajan demasiado cerca el uno del otro como resultado de un error o lesión?	YES NO										
1.6	¿Los roles del operador son confusos, poco claros?	YES NO										
2 - DEBILIDAD DEL PROCEDIMIENTO			Entrenamiento	SOP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
2.1	¿La operación necesita ser descrita de una manera más clara, simple y fácil de entender?	YES NO										
2.2	¿Falta algo en la hoja de operaciones o en los SOP's?	YES NO										
2.3	¿La gestión visual no es muy clara o incluso falta?	YES NO										
3 - HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			Entrenamiento	SOP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
3.1	¿Hay una falta de condiciones básicas / mantenimiento para herramientas / equipos?	YES NO										
3.2	¿Las herramientas no son adecuadas (debilidad de diseño) para realizar la operación?	YES NO										
3.3	¿Falta alguna herramienta de trabajo según lo descrito en el estándar?	YES NO										
3.4	¿De las herramientas disponibles, se seleccionó una incorrecta para la tarea?	YES NO										
3.5	¿La herramienta se ubica en un lugar que no facilita realizar la tarea?	YES NO										
4 - LUGAR DE TRABAJO/ ESTACIÓN DE TRABAJO			Entrenamiento	SOP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Métodos	Coaching	Detalle de la contramedida	Responsable
4.1	¿Hay problemas causados por una carga de trabajo excesiva?	YES NO										
4.2	¿La estación de trabajo está desorganizada y puede conducir fácilmente a errores? (p. ej., gestión visual no posicionada correctamente, diseño, contenedores no conformes...)	YES NO										
4.3	¿El material del lado de la línea está desorganizado?	YES NO										
4.4	¿Hay condiciones de estación desfavorables, tales como: poca iluminación, temperatura inadecuada, ruido excesivo, etc.	YES NO										
4.5	¿Hay algún componente / herramienta similar en la estación de trabajo que pueda generar errores?	YES NO										

TWTP (The Way to Teach People) + HERCA (Human Error Root Cause Analysis) (E1 o 00)													
Después de completar TWTP y HERCA, marque la categoría de causa raíz y la contramedida adecuada.													
PROBLEMA / FENÓMENO:			Proceso (Instructivo relacionado):				Sede						
							Unidad de Negocio						
							Sub unidad						
							Estación de trabajo						
							Turno o grupo						
Fecha del 1er TWTP				Operador:		Nombre:		Entrevistador:					
Fecha del HERCA				Lider de equipo:		Nombre:		Cargos:					
Fecha del 2do TWTP													
Característica del Error	Operación fallida				EWO				Lider de la Unidad				
	Proceso sin seguimiento				SEWO				Lider del proyecto				
	Mala selección de suministro				QA Network				Lider de pilar (WO/QC/SAF)				
	Otro (describe):				No conformidad - Cliente				Miembros del proyecto				
				Otro (Describe):				Otros					
TWTP				TWTP (1ra entrevista) (Respuesta del entrevistado)				Eval.	TWTP (2da entrevista) (Respuesta del entrevistado)				Eval.
1				¿CÓMO SE REALIZA ESTE TRABAJO? / ¿Conoces los epp's que debes utilizar? ¿Entendes las actividades que estás realizando? (Explica qué, cómo y por qué)				1					1
								"x"					"x"
				A Si conoce				A					A
				B No conoce completamente				B					B
				C No conoce				C					C
2				¿CÓMO SABES QUE HACES CORRECTAMENTE EL TRABAJO? / ¿Cómo sabes que trabajas de manera segura? ¿Cómo puedes verificar que estás trabajando correctamente? [Sigo las instrucciones de trabajo del estándar publicado (SOP, OPL, etc. Pídale al operador que explique qué, cómo y por qué)]				2					2
								"x"					"x"
				A [Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia]				A					A
				B [Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia]				B					B
				C Otro (describe)				C					C
3				¿CÓMO SABES QUE TU TRABAJO ESTA SIN DEFECTOS? / ¿Cómo sabes que NO cometes un acto inseguro? [Se ejecutan controles y recibo feedback de el coordinador de calidad o de mi jefe inmediato.]				3					3
								"x"					"x"
				A [Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia]				A					A
				B [Sé automáticamente qué hacer en base a mi propia experiencia]				B					B
				C Otro (describe)				C					C
4				¿QUÉ HACES EN CASO DE TENER PROBLEMAS? / ¿Que harías si ocurriese un incidente por tu acto inseguro? [Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.]				4					4
								"x"					"x"
				A [Aviso inmediatamente al jefe inmediato o sigo el plan de acción definido en la estación de trabajo.]				A					A
				B [Hablo con el jefe inmediato cuando me hace preguntas.]				B					B
				C [Otro (describe)]				C					C

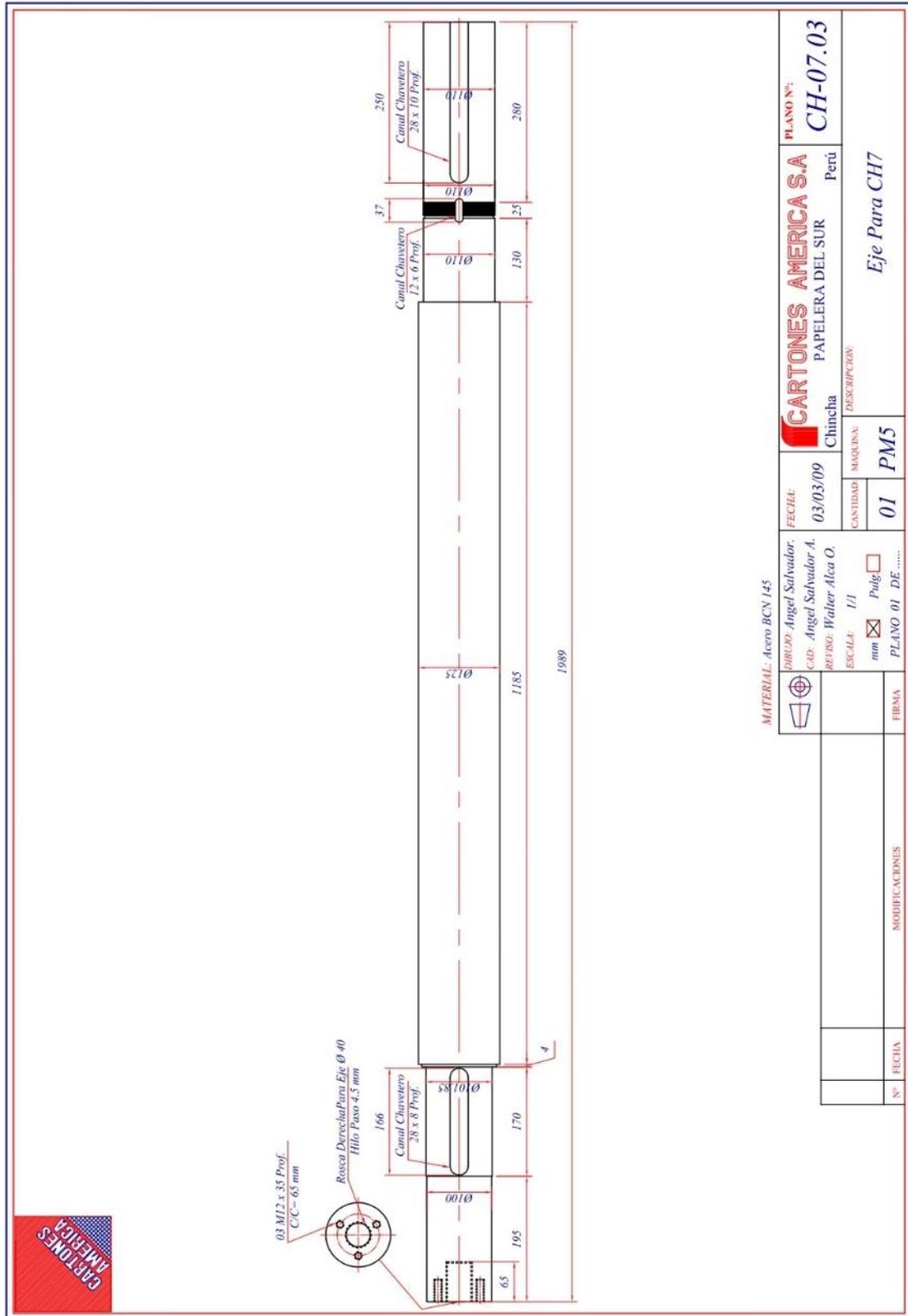
5 - ACTITUD & CONDUCTA			Entrenamiento TTP	SDP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Mejoras	Coaching	Detalle de la constramedida	Responsable		
5.1	¿El operador demuestra una baja emoción de la operación que está realizando?	YES NO												
5.2	¿Hay una falta general de motivación?	YES NO												
5.3	¿Viola el operador a sabiendas las reglas, regulaciones y / o políticas de la compañía?	YES NO												
5.4	¿El operador, a sabiendas, se saltó la secuencia o salió del orden para completar el trabajo?	YES NO												
6 - FALTA DE ATENCIÓN U OLVIDO			Entrenamiento TTP	SDP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Mejoras	Coaching	Detalle de la constramedida	Responsable		
6.1	Al momento del error o lesión, ¿Había alguna fuente de distracción física del operador? (Ruido, luz, etc.)	YES NO												
6.2	¿Estaba el operador mentalmente distraído?	YES NO												
6.3	¿La actividad del trabajo es excesivamente repetitivo?	YES NO												
6.4	¿Estaba el operador mentalmente cansado?	YES NO												
6.5	¿La duración del ciclo fue excesivamente larga?	YES NO												
6.6	¿El operador estaba demasiado conrado en sus habilidades de tal manera que no estaban atentos?	YES NO												
7 - TRABAJO EN EQUIPO			Entrenamiento TTP	SDP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Mejoras	Coaching	Detalle de la constramedida	Responsable		
7.1	¿El operador no está involucrado adecuadamente en el trabajo?	YES NO												
7.2	¿El operador no está integrado en el equipo?	YES NO												
8 - LIDERAZGO			Entrenamiento TTP	SDP	OPL	Poka Yoke	Kaizen	Alarmas	AMWO Mejoras	Coaching	Detalle de la constramedida	Responsable		
8.1	¿Hay falta de comunicación o mala comunicación con respecto al error?	YES NO												
8.2	¿Existe una falta de compromiso de liderazgo en la aplicación y el seguimiento de las constramedidas?	YES NO												
8.3	¿El líder dio un ejemplo inconsistente con respecto a los errores?	YES NO												
Notas											Leyenda sobre las constramedidas:		Menos recomendada	
													Más recomendada	
CIERRE														
Lider del proyecto:							Fecha							
Asegure de que todo el check list HERCA este completado al igual que las constramedidas cerradas antes de proceder con la 2da evaluación TWTP														

Anexo 5: Bocina CH7



	DISEÑO: Papelera del Sur. CAD: Milton Villa Fuentes Ingenieria y Servicios Industriales E.I.R.L.	FECHA: 03-10-2018	CARGO PLANO: CARTONES AMERICA S.A PAPELERA DEL SUR Perú
	REVISO: Walter Aica O.	CANTIDAD: 1-1	
ESCALA: Indicada mm <input checked="" type="checkbox"/> Pulg <input type="checkbox"/>	MODIFICACIONES	MARCA: PM5	DESCRIPCION: BOCINA CH-7
FIRMA	FORMATO: A-4		

Anexo 6: Eje para CH7



Anexo 7: Rotor CH7

