



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIAS PESADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TPM EN LA EMPRESA FERREYROS S.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Jhony Edgar Camargo Pitoy

Asesor:

Mg. Daniel Luiggi Ortega Zavala

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mis padres, hermanos, mi esposa e hijo; porque son el soporte principal de mi vida, ya que sin ellos no hubiera sido posible llegar a concretar mis objetivos y más aún no sería posible llegar lejos sin la suma de todo el esfuerzo de mi familia.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por su gran bondad y por permitirme concretar este proyecto y por conservar a mi familia con salud, bienestar y en unión. También agradecer a todas las personas quienes contribuyeron de manera directa e indirecta en la elaboración del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....	10
1.1.    Realidad Problemática.....	10
1.2.    Formulación del Problema .....	29
1.3.    Objetivos.....	29
1.3.1.    Objetivo general .....	29
1.3.2.    Objetivos específicos.....	29
1.4.    Hipótesis .....	30
1.4.1.    Hipótesis general .....	30
1.4.2.    Hipótesis específicas.....	30
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	33
2.1. Tipo de investigación .....	33
2.2. Enfoque de la investigación .....	33
2.3. Diseño de la investigación .....	33
2.4. Variables .....	33
2.7. Procedimiento .....	35
2.7.1. Observación directa y análisis de documentos .....	35
2.7.2. Entrevista .....	36
2.8. Procedimiento .....	38
CAPITULO III. RESULTADOS .....	40
3.1. Resultado de objetivo 1:.....	40
3.1.1. Indicador 1: Mantenimiento preventivo.....	40
3.1.2. Indicador 2: Mantenimiento correctivo.....	41
3.1.3. Indicador 3: % de cumplimiento de entrega .....	41
3.1.4. Indicador 4: Sobrecarga de servicios de mantenimiento.....	42
3.1.5. Indicador 5: No conformidad de mantenimientos.....	43
3.2. Resultado del objetivo 2:.....	44
3.2.1. TPM.....	44
3.2.2. Mejoras enfocadas en Kaizen.....	46
3.2.3. Implementación de la metodología 5´S.....	47
3.2.4. Metodología del trabajo estandarizado.....	57

2.3.5. Cálculo de los indicadores después de la mejora .....	61
3.3. Resultado del objetivo 3:.....	64
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	69
4.1. Discusión .....	69
4.1.1. Limitación.....	69
4.1.2. Comparativas .....	69
4.1.3. Implicancias.....	71
4.2. Conclusiones.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	73
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Ranking mundial de fabricantes de maquinaria pesada 2016 .....	10
<b>Tabla 2:</b> Priorización de las causas.....	16
<b>Tabla 3:</b> Matriz de operacionalización .....	32
<b>Tabla 4:</b> Plan de recopilación de datos .....	35
<b>Tabla 5:</b> Especificación de la camión minero.....	38
<b>Tabla 6:</b> Mantenimiento preventivo.....	40
<b>Tabla 7:</b> Mantenimiento correctivo .....	41
<b>Tabla 8:</b> % de incumplimiento de entrega .....	42
<b>Tabla 9:</b> sobrecarga de mantenimiento.....	43
<b>Tabla 10:</b> No conformidad de mantenimientos .....	43
<b>Tabla 11:</b> Metodología 5´S .....	48
<b>Tabla 12:</b> Puntuación de las 5´S .....	48
<b>Tabla 13:</b> Resultado de la auditoria inicial de las 5´S .....	49
<b>Tabla 14:</b> Puntuación inicial vs final de las 5S .....	56
<b>Tabla 15:</b> Implementación de la metodología trabajo estandarizado .....	57
<b>Tabla 16:</b> Descripción de actividades que no generan valor .....	59
<b>Tabla 17:</b> Resultados de los indicadores .....	63
<b>Tabla 18:</b> Matriz de consistencia.....	67
<b>Tabla 19:</b> Cronograma de actividades de la tesis .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:Tendencia de desempeño del top 40 de empresas del rubro minero.....	12
<b>Figura 2:</b> Diagrama de Ishikawa Fuente: elaboración propia .....	15
<b>Figura 4:</b> Camión minero .....	39
<i>Figura 5:</i> Carta de compromiso .....	45
<b>Figura 6:</b> Hoja de Capacitación de Kaizen.....	46
<b>Figura 7:</b> Formato propuesto para control de parada de trabajo.....	47
<b>Figura 8:</b> Auditoria inicial de las 5´S Elaboración: propia.....	49
<b>Figura 9:</b> Hoja de capacitación de TPM.....	50
<b>Figura 10:</b> Hoja de capacitación de las 5´S .....	51
<b>Figura 11:</b> Tarjeta roja .....	52
<b>Figura 12:</b> Panel de herramientas propuesto .....	53
<b>Figura 13:</b> Imagen propuesto .....	53
<b>Figura 14:</b> Programa de limpieza propuesto Elaboración: propia.....	54
<b>Figura 15:</b> Asignación de controles visuales propuesto Elaboración: propia .....	54
<b>Figura 16:</b> Comunicación Fuente: la empresa.....	55
<b>Figura 17:</b> Auditoria final de las 5´S Elaboración: propia .....	56
<i>Figura 18:</i> Hoja de capacitación de trabajo estandarizado.....	58
<b>Figura 19:</b> Diagrama de actividades de mantenimiento.....	59
<b>Figura 20:</b> Diagrama de actividades después de la mejora .....	60
<b>Figura 21:</b> Tiempo de actividades antes y después de la implementación del TPM.....	60
<b>Figura 22:</b> Costo tangible del proyecto .....	64
<b>Figura 23:</b> Costo intangible del proyecto de investigación Elaboración: propia .....	65
<b>Figura 24:</b> Lucro cesante.....	65
<b>Figura 25:</b> Flujo de caja.....	66

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero. En el análisis del estudio se pudo determinar que la empresa presenta demorar en la entrega del servicio de mantenimiento con tiempo de 18.6 días. El tipo de investigación es aplicada con diseño pre experimental, teniendo como población a las actividades que realizan en el área de mantenimiento de la empresa. Asimismo, se logró determinar como la aplicación del TPM influye positivamente en el tiempo de las actividades del mantenimiento logrando como resultado una reducción de 4 días del tiempo total, dando como resultado el incremento del servicio de mantenimiento preventivo en un 18%, también se incrementó el servicio de mantenimiento correctivo en un 11%. También, se redujo en incumplimiento de entregas en un 24% mediante la aplicación de la estandarización de las actividades del mantenimiento. Además, se logró reducir la no conformidad de 40% a un 18% mediante la aplicación de la herramienta. Finalmente, se realizó el análisis de flujo de caja y se obtuvieron indicadores de rentabilidad del proyecto, donde el VAN es de 160,846.27 soles y un TIR de 226%, lo cual indica que el proyecto es viable. Además, el IR es de 10.40 soles, lo que quiere decir que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 9.40 soles.

**Palabras claves:** TPM, mantenimiento, mejora continua, sector minero

## ABSTRACT

The objective of this research work is to determine the influence of the application of Total Productive Maintenance (TPM) in the improvement of the maintenance service of heavy machinery in a company in the mining sector. In the analysis of the study, it was determined that the company has a delay in the delivery of the maintenance service with a time of 18.6 days. The type of research is applied with a pre-experimental design, taking as a population the activities carried out in the maintenance area of the company. Likewise, it was possible to determine how the application of the TPM positively influences the time of maintenance activities, achieving as a result a reduction of 4 days in total time, resulting in an 18% increase in preventive maintenance service, it also increased corrective maintenance service by 11%. Also, non-compliance with deliveries was reduced by 24% through the application of the standardization of maintenance activities. In addition, it was possible to reduce non-compliance from 40% to 18% through the application of the tool. Finally, the cash flow analysis was carried out and the project's profitability indicators were obtained, where the NPV is 160,846.27 soles and an IRR of 226%, which indicates that the project is viable. In addition, the IR is 10.40 soles, which means that for each sun invested, a profit of 9.40 soles is obtained.

**Keywords:** TPM, maintenance, continuous improvement, mining sector

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Según el ranking mundial de fabricantes de maquinaria pesada en el año 2017, la empresa Caterpillar y Komatsu se posicionan en los primeros puestos, y debajo de ellos, Terex ha desplazado a Hitachi en la industria y Liebherr ha escalado a expensas de la empresa Volvo. Luego están las demás empresas con menor participación (Infominero, 2018).

**Tabla 1:** *Ranking mundial de fabricantes de maquinaria pesada 2016*

Nro.	Empresa	%
1	Caterpillar	18.1%
2	Komatsu	10.5%
3	Terex	4.9%
4	Hitachi	4.9%
5	Liebherr	4.7%
6	Volvo CE	4.5%
7	Jhon Deere	4.5%
8	Doosan Infracore	3.6%
9	XCMG	3.4%
10	JCB	2.6%

Nota: ranking mundial de fabricantes de maquinaria pesada. Infominero (2018)

Asimismo, debido a la caída de los precios mundiales de los productos básicos en el año 2017, se generó que los 50 mayores fabricantes de equipos pesados en el mundo tuvieron ingresos US \$ 133 mil millones, con una representación del 16,2% menor respecto al año anterior. Registrando ingresos más bajos desde el periodo 2009, cuando las ventas de la industria cayeron sustancialmente (Infominero, 2018).

Según López y de Oca (2019), a nivel de Latinoamérica, los desperfectos técnicos y los altos costos operativos son las principales causas por las cuales se decide retirar el equipamiento minero. Los altos costos operativos comprometen la competitividad del equipo, con el tiempo se produce una degradación del rendimiento económico por

necesidad de mantenimiento excesivo y aumento del consumo de energía, llamándose a esto envejecimiento, el cual se evidencia cuando es preciso gastar cada vez más, obteniendo cada vez menos disponibilidad y productividad.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020), la producción nacional tuvo una disminución de 32,75% en mayo del 2020, mostrando un comportamiento negativo por tercer mes consecutivo. Este porcentaje demuestra el desempeño negativo de los sectores productivos, principalmente de la minería e hidrocarburos, comercio, manufactura, construcción, transporte y servicios prestados a otras empresas.

En este contexto, las empresas se están enfocando en adoptar nuevas estrategias con el fin de mejorar sus procesos y la calidad de sus servicios, y el aprovechamiento de los recursos disponibles que les permita lograr sus objetivos. También, el incremento de la competencia mundial genera que las compañías busquen nuevas maneras de lograr ventajas respecto a costos, calidad y tiempo de entrega (Ardila et. al, 2016).

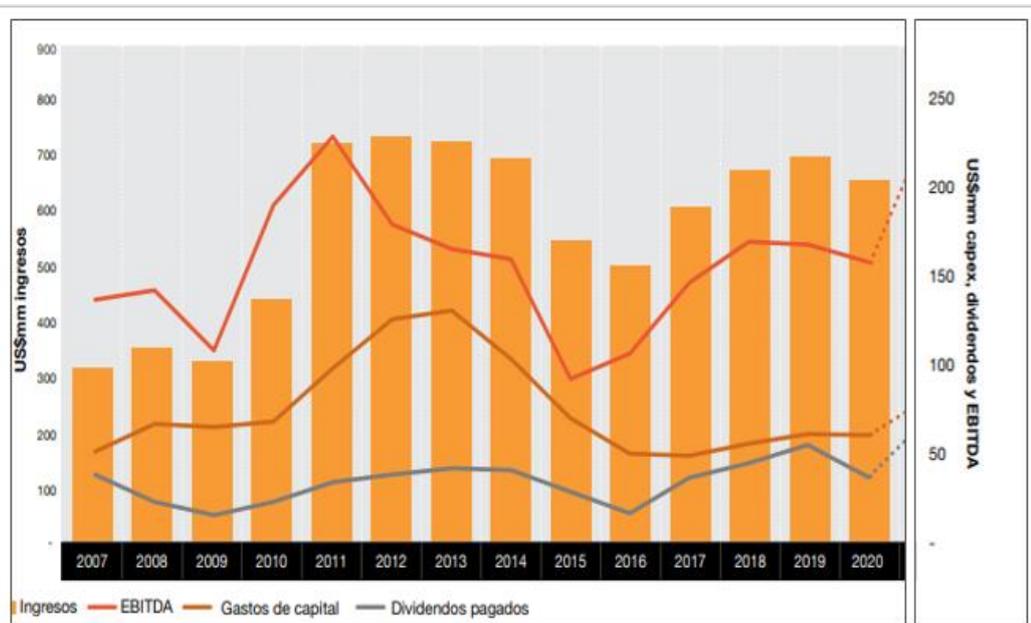
El mercado de mantenimiento de equipos pesados que prestan servicios al sector construcción, minería, saneamiento y otros en Perú, vienen mostrando un incremento en la misma medida que la adquisición de nuevos equipos por las empresas líderes en el sector (García y Sotomayor,2015).

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnico como económica del mantenimiento, por lo que las maquinarias de construcción y minería es una tarea difícil, puesto que los que están a cargo de los equipos deben tomar decisiones técnicas y económicas complejas sobre el destino de las máquinas que son de su responsabilidad.

Según el Ministerio de Energía y Mina (Minem, 2021), en los últimos años, el

sector minero ha impulsado aproximadamente en un 10% al PBI nacional, también ha contribuido con el 60% de las ventas al exterior, representando el 23% en la inversión extranjera. El Perú se encuentra en las posiciones importantes en el ranking de producción y reservas mineras del mundo. Sin embargo, en la emergencia nacional por la pandemia, el desafío para el sector consistió en asegurar las operaciones; fomentar las exploraciones; así como alentar la ejecución minera, con el fin de fortalecer la economía del país.

Asimismo, los ingresos de las Top 40 fueron de 545 mm de dólares en el periodo 2020, siendo este un equivalente a 4% más que el año 2019. Los principales impulsores de este crecimiento fueron el oro, el mineral de hierro y los incrementos de la producción de oro y cobre (PWC, 2021).



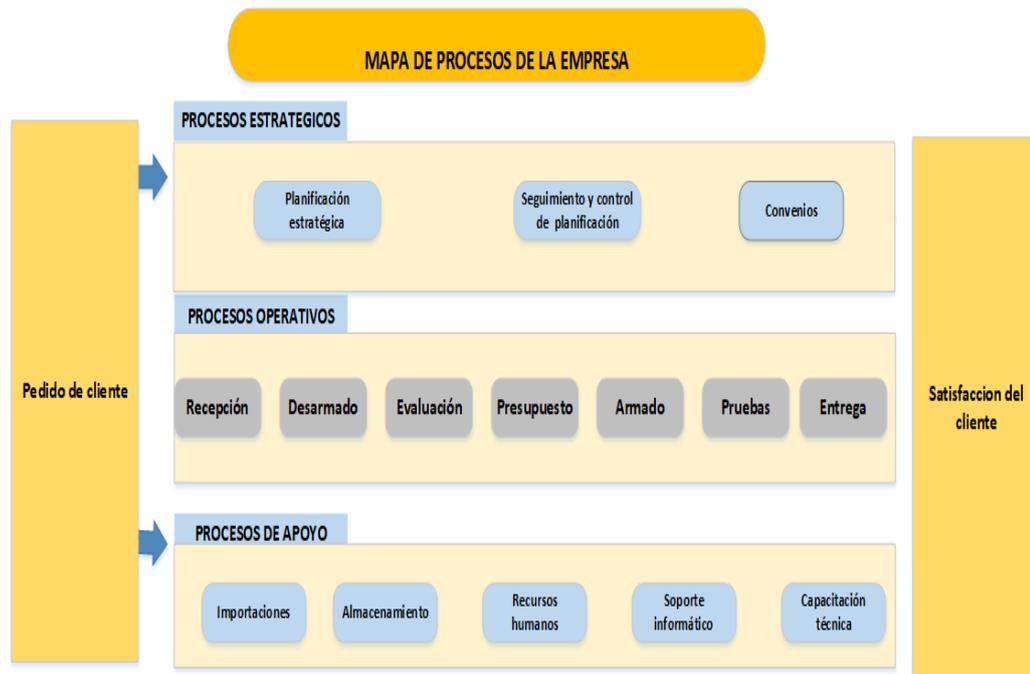
*Figura 1:* Tendencia de desempeño del top 40 de empresas del rubro minero (PWC, 2021).

De acuerdo a la figura 1, se evidencia que en los últimos años el sector ha tenido un crecimiento, por ejemplo, en el año 2019 la utilidad neta se incrementó en un 15%, el efectivo disponible en un 40% y la capitalización del mercado creció dos tercios. Sin

embargo, en el año 2020 las cifras se han mantenido debido a la crisis sanitaria que estamos atravesando (PWC, 2021).

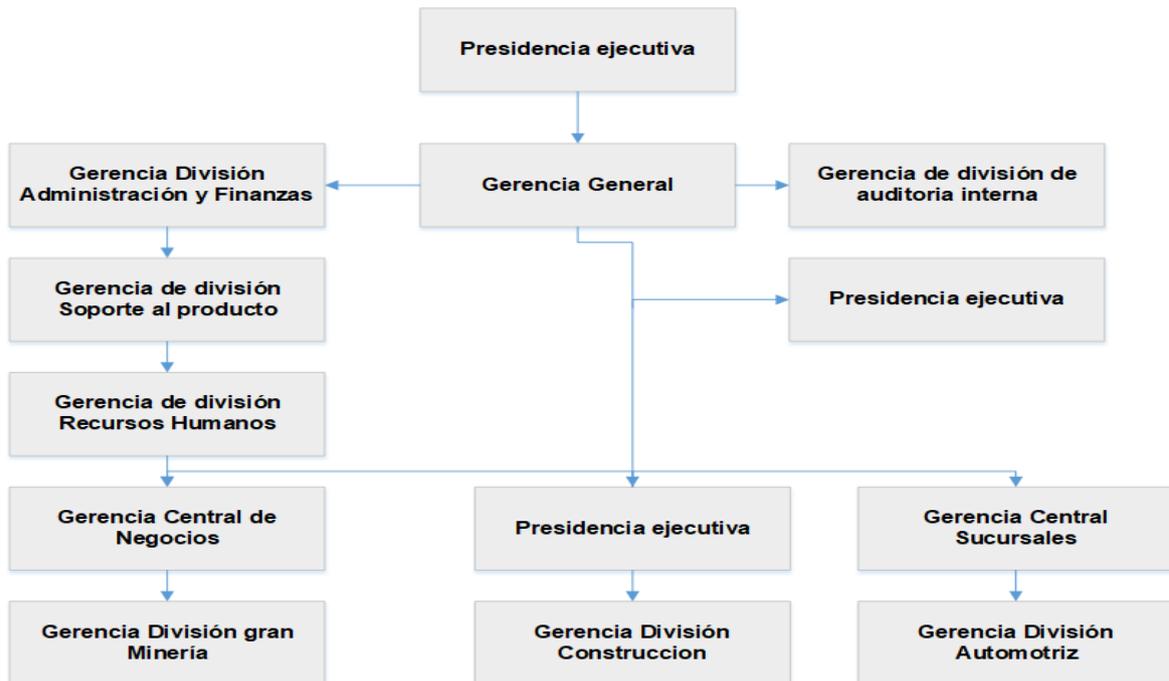
### Mapa de proceso de la organización

En la empresa, se han identificado tres procesos: proceso estratégico, proceso claves y proceso de apoyo. El proceso estratégico, tiene como finalidad generar alianzas estratégicas con empresas clientes y proveedores. También se identificó siete procesos claves dentro de la organización: recepción, desarme, evaluación, presupuesto, armado, pruebas y entrega. Finalmente, como soporte de los dos procesos descritos anteriormente, la empresa cuenta con tres procesos principales de soporte: importaciones, almacenamiento, capacitación administrativa, soporte informático, capacitación técnica entre otros.



**Figura 2:** Mapa de procesos

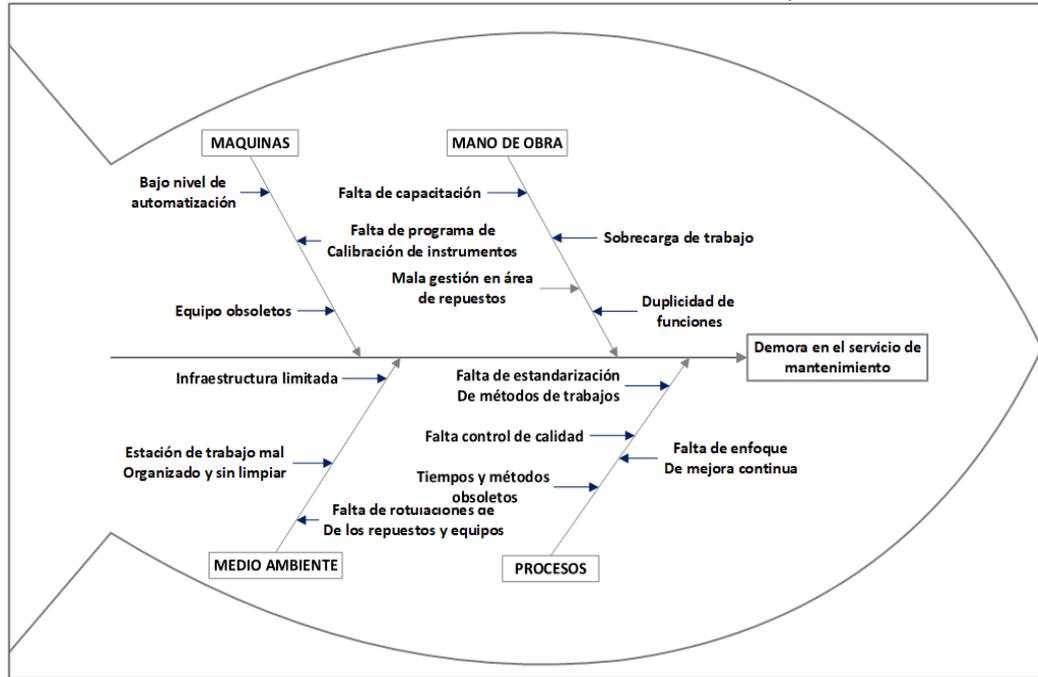
Fuente: Ferreyros S.A



**Figura 4:** *Organigrama de la empresa.* Fuente: la empresa

La empresa en estudio presenta demora de entrega de los equipos a los clientes, lo que genera una insatisfacción de los clientes. La demora en el proceso de reparación de equipo genera un impacto económico en horas hombre y como consecuencia una baja rentabilidad a la empresa.

Los tiempos de demora impactan negativamente a la empresa, ya que se genera horas extras del personal para cumplir con las fechas estimadas de entrega, costo de máquina, equipos que se deprecian, etc.



**Figura 2:** Diagrama de Ishikawa

Fuente: elaboración propia

Una vez realizado el diagrama de causa y efecto, se determinó razones por las cuales hay demora en el servicio de mantenimiento, considerando cuatro aspectos importantes:

### **Procesos:**

La gestión de mantenimiento de la empresa, no cuentan con métodos de trabajo estandarizados, también falta un enfoque de mejora continua y debido a que hace falta control para determinar la necesidad del mantenimiento.

### **Maquinas:**

Respecto a la maquinaria que posee la empresa, tienen bajo nivel de automatización, no se maneja cronograma de calibración de los instrumentos, no se encuentran inventariadas y tienen mucho tiempo de uso.

### **Mano de obra:**

Debido a que todos los trabajadores cumplen con perfiles similares, existe la sobrecarga de trabajo, asimismo no existe una capacitación constante para el armado de los equipos.

### Medio ambiente:

El ambiente de trabajo no es adecuado para el buen desempeño laboral debido a que las estaciones de trabajo mal organizados, saturados con piezas y componentes, asimismo la infraestructura es limitada, falta de rotulado de los repuestos y equipos.

### Priorización de las causas del problema

Con el objetivo de priorizar las causas, se procede con la elaboración del diagrama de Pareto.

**Tabla 2:** *Priorización de las causas*

Causas	Descripción	Total	% acumulado	
			%	
C4	Inadecuada planificación	45	18%	18%
C6	Falta de estandarización de métodos de trabajo	40	16%	35%
C1	Sobrecarga de trabajo	35	14%	49%
C3	Falta enfoque de mejora continua	35	14%	63%
C7	Estación de trabajo mal organizado y sin limpiar	30	12%	76%
C8	Equipos y repuestos sin rotular	25	10%	86%
C2	Falta de programa de calibración de instrumentos	20	8%	94%
C5	Falta de capacitación	10	4%	98%
C9	Infraestructura limitada	5	2%	100%
<b>Total</b>		<b>245</b>	<b>100%</b>	

Elaboración: propia

Seguidamente, se elaboró el diagrama de Pareto para las causas que generan demora en el servicio de mantenimiento en la empresa de estudio

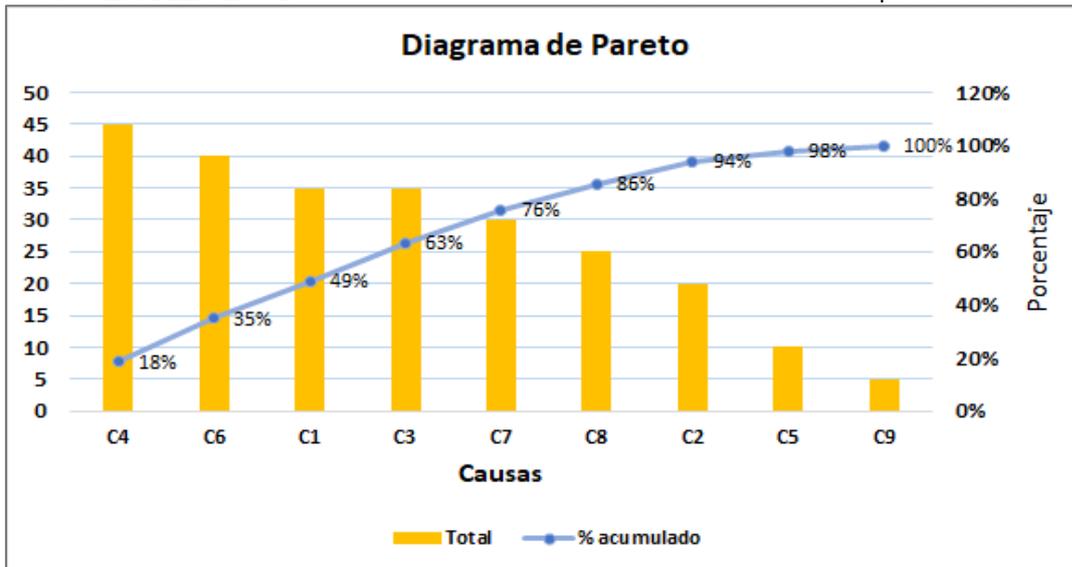


Figura 3: Diagrama de Pareto

Elaboración: propia

En el siguiente gráfico podemos observar que, el 76% de las causas están generando el problema actual y estas son las siguientes: inadecuada planificación, falta de estandarización de métodos de trabajo, sobrecarga de trabajo, falta enfoque de mejora continua y estación de trabajo mal organización y sin limpiar.

### 1.1.1 Antecedentes internacionales y nacionales

#### 1.1.1.1 Antecedentes internacionales

Cevallos (2017) en su investigación titulada “Diseño de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la maquinaria de la mina Blanca V”; planteó como propósito reducir el gasto por adquisición de repuestos incurridos en los mantenimientos mayormente correctivos, aplicando herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos e identificar oportunidades de mejora. La población de la investigación han sido el conjunto de actividades de mantenimiento. Como resultado se redujo el gasto incurrido en adquisición de repuestos por sustitución en los equipos de USD\$ 3210.00 a USD\$ 85.00. Finalmente, concluye que, el mantenimiento preventivo en una empresa es muy importante debido que si todo el equipo operativo se encuentra

en perfectas condiciones la producción está asegurada en un rendimiento que satisface las necesidades de los clientes y aumenta la calidad del producto. La importancia de la investigación fue determinar los tipos de mantenimiento de mayor prioridad, puesto que el mantenimiento está relacionado directamente con la producción de la compañía con el fin de cumplir con los tiempos de entrega de los requerimientos.

Espinoza (2018) en su investigación titulada “Mejoramiento de la producción y operaciones de mantenimiento de equipo pesado, mediante un modelo de mantenimiento productivo total (TPM), para la empresa Hormiconcretos CÍA. LTDA”, tuvo como propósito de reducir el costo incurridos en el mantenimiento de sus equipos aplicando un modelo de Mantenimiento Productivo Total, utilizando herramientas para caracterizar los procesos, levantar información de costos históricos e identificar oportunidades de mejora. La población de la investigación fueron las actividades de mantenimiento de equipo pesado de la empresa. Como resultado se lograría es n del departamento de reducir en costos de mantenimientos y repuestos de un monto cuatrimestral de \$507.716,50 a \$482.330,68 o \$456.944,85 dependiendo del escenario evaluado. Finalmente, concluye que, El TPM permite tomar decisiones en el momento oportuno dando prioridad al mantenimiento preventivo del equipo pesado, evitando de esta forma la paralización del cronograma de trabajo. La importancia de la investigación fue el mejoramiento de la producción y operaciones en el área de mantenimiento de equipos pesados a través de la herramienta TPM.

Castañeda, Junca y Quila (2020) en su investigación titulada “Propuesta de gestión de mantenimiento basado en el modelo de gestión TPM para mejorar el servicio en la empresa Montacargas AM&M en la sede de Bogotá”, tuvo como propósito reducir los costos de mantenimiento e instalación de repuestos en 51 de sus 60 equipos montacargas,

donde utilizaron herramientas de ingeniería para caracterizar el proceso, lo cual les permitió analizar e identificar oportunidades de mejora. La investigación no tuvo población ya que la metodología se basa en la recolección de datos. Como resultado se redujo considerablemente el costo por adquisición de respuestas, entre ellos la drástica reducción anual de \$ 56.610.000 a \$ 17.850.000 (pesos colombianos) por compras de Empaquetaduras. Finalmente, concluye que, para cumplir con la implementación de los pilares viables del TPM es recomendable seguir las indicaciones respecto a los montacargas, operarios y servicio al cliente, ya que en cada aspecto se determinan factores que promueven la planificación de las actividades para mitigar fallas y anteponerse a los errores. La importancia de la investigación radica en el desarrollo de la propuesta que brinde solución al problema, ya que no solo afecta la parte financiera, administrativa y de servicio.

Inga (2017) en su investigación titulada “Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos” plantea el objetivo de incrementar la disponibilidad de los equipos, así como disminuir el tiempo de paradas, utilizando herramientas de ingeniería para caracterizar los procesos, así como identificar los cuellos de botella y determinar las oportunidades de mejora. La población del estudio fueron las actividades de mantenimiento de la maquina en la empresa láctea. Como resultado, se logró incrementar la disponibilidad de las Línea Nano 2 de 70.1% a 72.0% y la Línea Nano 3 de 56.9% a 60.6%, así mismo se logró disminuir el tiempo de paradas mensual de 7.5% a 4.5% y de 17.6% a 10.3% en la Línea Nano 2 y la Línea Nano 3 respectivamente. Finalmente, concluye que, los factores de éxito en la implementación del TPM son: Implementación de equipos de trabajo, enfoque total al mantenimiento, involucramiento de operarios, capacitación constante, apoyo de la gerencia, creación de indicadores de desempeño, desarrollo de un plan de

implementación. La importancia de la investigación radica en la propuesta de la mejora mediante el TPM para incrementar la disponibilidad de las líneas Nano 2 y Nano3.

Jaime (2011), en su proyecto de tesis titulada “Implementación del mantenimiento autónomo en el área de inyección en Amanco Plastigama S.A.; tuvo como propósito diseñar una propuesta para mitigar el problema que afecta a la empresa, con el fin de incrementar la eficiencia, eficacia y la vida útil de las máquinas para garantizar el buen funcionamiento de los operadores. La población del estudio estuvo conformada por las actividades del área de mantenimiento. Como resultado de la investigación lograron incrementar el OEE y el costo de inversión inicial para la aplicación fue de \$ 8.110,00 que será recuperado en 3 meses, indicando una TIR de 185%, un VAN de \$91.919,87 y un coeficiente Beneficio-Costo de \$11,33. Concluyendo que la inversión es viable y es sustentable para los intereses de la empresa. La importancia de la investigación radica en la evaluación del TPM desde el punto de vista financiero, observando el impacto que genera hacia la empresa en estudio.

### **1.1.1.2 Antecedentes nacionales**

Rubio (2019) en su investigación titulada “Plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita”, tuvo como propósito implementar un plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos al servicio del municipio de Motavita orientada a reducir la cantidad de mantenimientos correctivos, donde se utilizaron herramientas de ingeniería para caracterizar procesos e identificar las oportunidades de mejora. La población del estudio es el área de mantenimiento del municipio Motavita. Como resultado se redujo el porcentaje de mantenimientos correctivos de 60% a 30% con la realización de un programa de mantenimiento enfocado a la mejora continua de las

máquinas. Finalmente, concluye que, de acuerdo a los resultados obtenidos, las máquinas requieren de un plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar su vida útil y disponibilidad, generando reducción en costos de mantenimiento que se verán reflejados a mediano y largo plazo. La importancia de este proyecto de investigación fue el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo programado, mediante el cual pudieron garantizar el servicio de las máquinas. La importancia de la investigación radica en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo programado, centrado en mejorar la vida útil, disponibilidad y reducir los costos de mantenimiento.

Agustini (2016) en su investigación titulada “Mejora de los procedimientos del mantenimiento preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras”, tuvo como propósito reducir el costo de intervención en fallas de las grúas y descortezadoras en producción e incrementar la producción de láminas de zinc en la planta de electrólisis, aplicando herramientas de ingeniería para diagnosticar las actividades que se ejecutan, así como para identificar oportunidades de mejora. Para el presente estudio la población estaba compuesta por 24 personas. Como resultado se redujo el costo de intervención en las máquinas por fallas se redujo en 40%, como consecuencia de ello se incrementó la producción de láminas de zinc, del 6% al 22% en las estaciones de trabajo de las descortezadoras. Finalmente, concluye que los reportes de falla, registrados por los jefes de guardia durante el turno, muestran una reducción del 63% mostrando un incremento en la confiabilidad operacional en grúas y descortezadoras. La importancia de la investigación radica en el estudio realizado al procedimiento de mantenimiento preventivo, donde pudieron determinar un impacto significativo en los costos de intervención como en el planeamiento, función operacional de las máquinas.

López (2019) en su investigación titulada “Implementación de la metodología

TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI S.A. Lima 2019”, tuvo como propósito incrementar la disponibilidad mecánica y la confiabilidad de sus maquinarias pesadas de construcción, utilizando herramientas de ingeniería para diagnosticar procesos e identificar oportunidades de mejora aplicables. Como resultado, se incrementó la disponibilidad mecánica de los equipos de 73% a 90%~100% y la confiabilidad de los equipos de 50% a 100%. Finalmente, concluye que, el mantenimiento preventivo usada como filosofía para las empresas logra aumentar la productividad al lograr reducir las demoras por fallas. La importancia de la investigación radica en el planteamiento de nuevos procedimientos para el mantenimiento preventivo de las máquinas, con el fin de reducir los costos de intervención en una planta de electrolisis.

Martínez (2016) en su investigación denominada “Propuesta de sistema de gestión integral en mantenimiento para una empresa de maquinaria de Línea Amarilla”, tuvo como propósito incrementar la operatividad de los equipos a través de una eficiente gestión de mantenimiento, donde se utilizaron herramientas de ingeniería para diagnosticar los procesos, lo cual permitió analizar e identificar oportunidades de mejora aplicables al área evaluada. La población del estudio estaba conformada por el personal involucrado en el área de mantenimiento. Como resultado, se redujo en 50% las pérdidas por inoperatividad de los equipos, expresadas en \$ / Horas - máquina, generando un ingreso positivo en el orden de \$ 76,290.00 dólares americanos anuales en ahorros por mantenimiento. Finalmente, concluye que, el problema en mantenimiento no solo genera pérdidas por el desgaste y la inoperatividad de las máquinas, si no que detienen las operaciones por ser parte fundamental en el aparato productivo de la empresa, generan sobre costos en el mismo mantenimiento y genera incertidumbre en la productividad. La

importancia de la investigación radica en adquirir ventajas competitivas, con el fin de mejorar las condiciones de la empresa frente a sus competidores.

De La Cruz (2018) en su investigación titulada “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en el TPM para mejorar la productividad de los equipos de bombeo de la empresa Agroindustrias San Jacinto SAA”, propuso desarrollar una mejora en la gestión de mantenimiento en el área de pozos apoyado en la herramienta TPM, con el fin de incrementar la productividad de los equipos de bombeo. La población de la investigación estuvo conformada por el personal que labora en el área de estudio. Como resultado de la investigación redujeron el tiempo de demoras por paradas logrando obtener personal más productivo; asimismo, realizó un análisis económico donde pudo determinar la viabilidad del proyecto obteniendo un VAN de S/. 624,133 y un TIR de 59,10% y un retorno de inversión de 1.98 años. La importancia de la investigación radica en el desarrollo de las fases para la implementación de la herramienta TPM en el área de pozos mediante capacitaciones y temas de discusión, con el objetivo de educar y crear una cultura apoyada en el TPM.

### **1.1.2 Marco Teórico**

#### **1.1.2.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Según Rey (2021), en su libro define que el TPM es una metodología que asume el reto de cero fallos, cero incidencias y cero defectos, con el fin de mejorar la eficiencia de la producción, logrando reducir costos, stocks en procesos y en producto terminado. Asimismo, tiene como acción principal cuidar y explotar los procesos básicos productivos manteniéndolo en su estado de referencia y aplicando la mejora continua. Por lo tanto, mantiene el estado de referencia con un buen Mantenimiento Productivo Total (TPM) en cuanto a los siguientes puntos: tiempo de ciclo, proceso, calidad, parámetros eléctricos, entre otros.

El TPM es una herramienta que enfoca en reducir aquellas actividades que no agregan valor al cliente, logrando reducir los costos, y cuidando los procesos básicos de producción y aplica la mejora continua.

El TPM ha sido definido en Japan Institute of Plant Maintenance (JIMP), ya que las actividades de la metodología fueron contempladas en el departamento de producción, incluyendo cinco estrategias: maximizar la eficiencia global de la máquina, establecer un sistema PM global, involucrar a todo el personal, involucrar a los directivos, promover el TPM (Suzuki,2017. p.93)

### **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El Mantenimiento Productivo Total TPM es un plan de mantenimiento de equipos que es muy usado empleado en las industrias manufactureras para reducir pérdidas en los procesos productivos, incrementar la vida útil de las máquinas y garantizar el uso efectivo de los mismos y reducir los accidentes (Tian y Jen, 2021).

Según Singh et al. (2018) una implementación típica de TPM precisa la participación de todo el personal de la empresa y los resultados se puede evidenciar después de los doce meses. La principal razón de este tiempo de duración, se debe a la participación y capacitación básica en los equipos. En la siguiente figura, se muestra los ocho pilares de la metodología TPM y en tabla se describen cada una de las actividades.

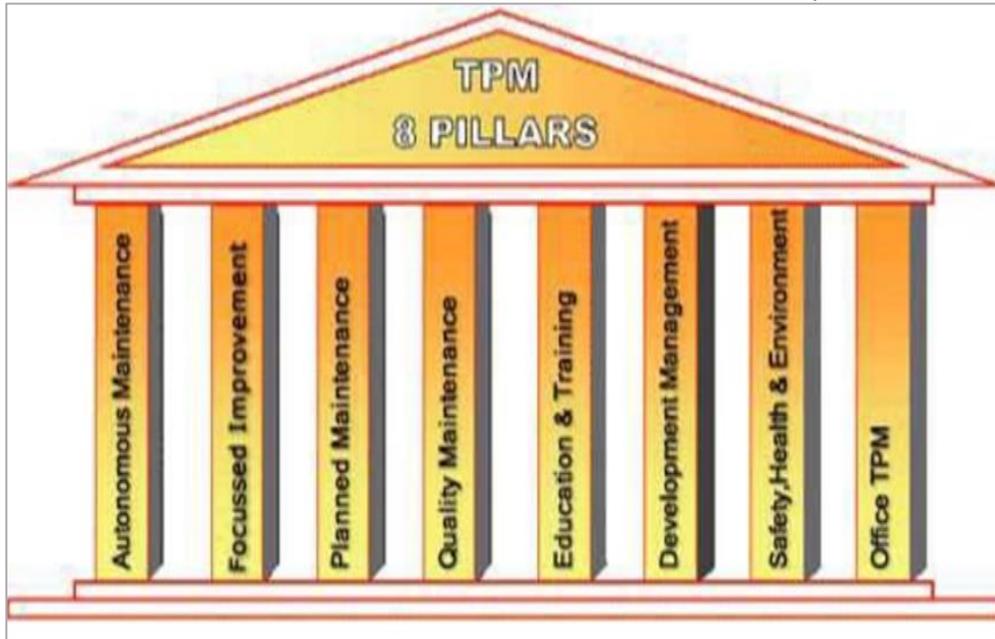


Figura 3: Los ocho pilares del mantenimiento

Nota: adoptado de Success of TPM concept in a manufacturing unit- case de study.

Fuente: (Singh et al, 2018)

#### a) **Objetivos principales del TPM**

Para Gisbert et al. (2018) el TPM se basa en los siguientes principios:

- Reducción de fallas en los equipos
- Reducción del tiempo de espera y habilitación de los equipos
- Uso eficiente de los equipos
- Control de las herramientas y equipos
- Conservación de los recursos
- Capacitación y entrenamiento de los colaboradores

#### b) **Confiabilidad**

Según Zambrano et al. (2015), la confiabilidad es la probabilidad de que una máquina o sistema de producción desarrolle su función según especificaciones y en un tiempo determinado. Asimismo, es importante manifestar que la confiabilidad de un equipo, está en función al mantenimiento y al diseño idóneo para el cumplimiento del

requerimiento de la producción. Por ello, al no llevar a cabo un mantenimiento y no poseer un diseño acorde a la producción, se tendrá una baja confiabilidad

### **c) Disponibilidad**

Zambrano et al. (2015) define a la disponibilidad como la capacidad del equipo para realizar un trabajo requerido en un tiempo específico, o sea, es la disponibilidad funcional del equipo en los procesos productivos Zambrano et al. (2015).

### **d) Pilares del TPM:**

#### **1. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo es un grupo de actividades que se ejecutan habitualmente por los colaboradores en las máquinas que se emplean en la producción. Asimismo, estas actividades comprenden inspección, lubricación, limpieza, intervención, cambios de piezas, análisis y solución de problemas (Castillo et al., 2018).

#### **2. Mantenimiento planificado**

El mantenimiento planificado tiene como propósito crear un sistema efectivo de intervenciones de actividades planificadas, con el fin de asegurar una producción estable. Este tipo de mantenimiento se enfoca en las tareas destinadas a prevenir las averías e incluyen actividades como la inspección, control, sustitución, diagnóstico entre otros. La ventaja más importante del mantenimiento planificado es un mayor flujo de producción, reducción de fallas y su impacto en la calidad. Por esta razón, la planificación es elemento clave para la adopción del TPM (Castillo et al., 2018).

#### **3. Educación y entrenamiento**

Este punto consiste en la preparación y entrenamiento de los colaboradores para que tengan la habilidad y la técnica del mantenimiento autónomo (Singh et al., 2018).

#### **4. Mantenimiento de calidad**

Este tipo de mantenimiento es el establecimiento de condiciones de la máquina, lo cual no permitirá fallas y se requiere un control de las condiciones (Singh et al, 2018).

#### **5. Control inicial**

Se crea un sistema para la presentación de los nuevos productos y equipos en un tiempo de mínimo de ejecución (Singh et al, 2018).

#### **6. Seguridad, Higiene y Medio Ambiente**

La función principal de la Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, es crear un lugar de trabajo seguro, saludable y libre accidentes (Singh et al, 2018).

#### **7. Mejora enfocada (Kobetsu Kaizen) Continuamente, incluso pequeños pasos de mejora**

La mejora centrada (Kobetsu Kaizen) continuamente, hasta en los pequeños pasos de mejora (Singh et al, 2018).

#### **8. Oficina TPM**

Este punto consiste en crear una oficina de trabajo eficiente, con el fin de eliminar los desperdicios (Singh et al, 2018).

### **e) Productividad**

Según Vargas et al. (2018) la productividad del factor humano es un componente clave para el cumplimiento de los objetivos de las empresas, de su desempeño y para seguir compitiendo en el mercado.

#### **1.1.2.2 SERVICIO DE MANTENIMIENTO**

Lourival (1996) manifiesta que, el servicio de mantenimiento contempla la revisión periódica de las máquinas, y recomienda que los servicios sean aplicados

correctamente y bien controlados. De esta práctica resultan economías favorables, soluciones, garantía de atención de trabajo, ya que impactan en tres aspectos importantes: 1) equipos de tecnología avanzada, que necesita personal especializado y herramientas específicos; 2) servicio no continuo con un costo definido (pintura de edificio, equipos de oficina, jardinería, etc.); 3) servicios que no están relacionados con la actividad de la compañía. Además, antes de iniciar los servicios de mantenimiento se debe establecer claramente la especificación del servicio, tipo, programa de mantenimiento a cubrir, periodicidad de intervenciones, entre otros.

Para Cruz (2004) el servicio de mantenimiento es la función empresarial a la que se le encarga el control del estado de las instalaciones, tanto de las producciones como las auxiliares y de servicios. Asimismo, se puede afirmar el mantenimiento son acciones necesarias para conservar en buen estado la maquinaria y a un costo mínimo. En este sentido, para poder llevar el mantenimiento de manera correcta es preciso emplear la especificación técnica y continuar con la recepción, instalación, y puesta en marcha.

Actualmente, en el servicio de mantenimiento la competitividad intensa en cuanto a la calidad hace que sea difícil para una empresa diferenciarse de la competencia; por lo que la constante búsqueda de nuevas estrategias se ha convertido en una prioridad para llevar una buena gestión de mantenimiento. De esta manera, si la empresa quiere sobrevivir en la industria de los servicios de mantenimiento, debe desarrollar estrategias para satisfacer las necesidades de sus clientes; desarrollar lealtad del cliente no es una opción, es una manera de desarrollar excelencia competitiva sostenible. En definitiva, la entrega de un servicio de alta calidad es fundamental para obtener ventaja frente a los competidores (Mejías, Godoy y Piñas, 2018).

El servicio de mantenimiento agrupa una serie de actividades mediante las cuales

un equipo, maquina, construcción civil, se mantienen en un estado óptimo para llevar a cabo los trabajos, considerando la calidad de los productos. Asimismo, para cualquier empresa el mantenimiento es considerado como un factor estratégico en la constante búsqueda de aumentar la producción, calidad y seguridad. También, el desenvolvimiento de un sistema de mantenimiento involucra un buen manejo de la información, lo cual permite a los altos directivos de la empresa adoptar acciones durante el desarrollo de los procedimiento y actividades (Oliva et al., 2010).

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cómo influye la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero?

### **1.2.1. Problemas específicos**

PE1) ¿Cómo influye el TPM en el porcentaje de cumplimiento de entrega a tiempo?

PE2) ¿Cómo influye el TPM en la sobrecarga de servicio de mantenimiento?

PE3) ¿Cómo influye el TPM en la no conformidad de servicio de mantenimiento?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

OE1) Determinar la influencia del TPM en el porcentaje de incumplimiento de entrega a tiempo.

OE2) Determinar la influencia del TPM en la sobrecarga de servicio de mantenimiento.

OE3) Determinar la influencia del TPM en la no conformidad de servicio de mantenimiento.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total si influye positivamente en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

HE1) El TPM influye en el porcentaje de cumplimiento de entrega a tiempo

HE2) El TPM influye en la sobrecarga de servicio de mantenimiento

HE3) El TPM influye en la no conformidad de servicio de mantenimiento

## **1.5. Justificación**

### **1.5.1 Justificación Teórica**

Según Méndez (2012), “la justificación teórica se da cuando el propósito de la investigación es generar reflexión y debate académico referente al conocimiento ya existente, es decir, conformar una teoría, resultados”.

La presente investigación contribuye teóricamente, puesto que, se propone mejorar el servicio de mantenimiento de maquinarias pesada a través de la aplicación de la herramienta TPM. Los resultados serán servirán para futuras investigaciones que pueden tomar como ejemplo y contrastar lo logrado, ya que en el presente documento se estaría demostrando la mejora del servicio con la herramienta TPM.

### **1.5.2 Justificación Practica**

Para (Fernandez,2020, p.70) este tipo de justificación sucede cuando esta genera aportes prácticos directos, los cuales están relacionados al problema.

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de mejorar el servicio de mantenimiento de maquinarias pesada mediante la aplicación de la herramienta TPM en una empresa del sector minero, considerando mejorar los tiempos de entrega de las reparaciones, reduciendo el tiempo de ciclo de las actividades, etc.

### **1.6. Consideraciones éticas**

En el presente estudio se respeta la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos recopilados, y se respeta la propiedad intelectual por lo que todos conceptos citados pertenecen a los autores.

## Matriz de operacionalización

**Tabla 3:** Matriz de operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Independiente:</b>  TPM (X)	El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios( Tian y Jen, 2021, pg. 15)	El TPM se va a medir mediante el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.	Mantenimiento preventivo	$MP = \frac{\text{Total mant. preventivo ejecutado}}{\text{Total de mant. preventivo programado}} \times 100$	Razón
			Mantenimiento correctivo	$MC = \frac{\text{Total de mantenimiento correctivo}}{\text{Total de mantenimiento programado}} \times 100$	Razón
<b>Dependiente:</b>  Servicio de mantenimiento (Y)	El servicio de mantenimiento contempla la revisión periódica de la maquinaria, lo cual es considerado un factor estratégico (Lourival,1996,pg. 45)	El servicio de mantenimiento se va a medir mediante el cumplimiento de las entregas a tiempo.	% de cumplimiento de entrega a tiempo	$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{total de mantenimeinto entregado con atraso}}{\text{Total de mantenimiento realizado}}$	Razón
			Sobrecarga de servicios de mantenimiento	$SCSM = \frac{\sum HMEX - \sum HMPR}{\sum HMPR} \times 100$ <p>HMEX: Horas Mantenimiento Ejecutado HMPR: Horas de Mantenimiento Previsto</p>	Razón
			No conformidad de mantenimientos	$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} \times 100$ <p>NMPR: Total de Mantenimientos Previstos NMEX: Total de Mantenimientos Ejecutados</p>	Razón

Elaboración: propia

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca mejorar el servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero a través del mantenimiento productivo total (TPM). La investigación aplicada también es conocida como investigación empírica, la cual se caracteriza por la búsqueda de la aplicación del conocimiento que se adquieren (Hernández et al., 2004).

### **2.2. Enfoque de la investigación**

El presente estudio es cuantitativo, ya que se analizan datos cuantitativos para luego realizar las pruebas estadísticas. El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de los datos, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación y probar la hipótesis planteada (Hernández et al., 2004).

### **2.3. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es pre experimental, puesto que mediante la aplicación del TPM se mejorará el servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en la empresa del rubro minero. En la investigación pre experimental se requiere la manipulación intencional de una determinada acción con el propósito de analizar sus resultados (Hernández et al., 2004).

### **2.4. Variables**

- Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Variable dependiente: Servicio de mantenimiento.

## **2.5. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.5.1. Población**

Para (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 170) “la población es el conjunto de todos los casos que concuerda con determinadas especificaciones”. Para la presente investigación que se basa en la implementación de la herramienta TPM para mejorar el servicio de mantenimiento de máquinas pesadas en una empresa del sector minero, se seleccionó como población al mantenimiento que realizan en el taller por un periodo de 7 meses.

### **2.5.2. Muestra**

Para (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.173) : “la muestra es un subgrupo de la población de interés para la recolección de datos, previamente definido y delimitado con precisión”. En la presente investigación la muestra será igual a la población, ya que tal como menciona (Arias, 2017, p.55) no es necesario extraer una muestra cuando el número de unidades que lo integran resulta accesible en su totalidad.

## **2.6. Plan de recolección de datos**

Según el autor Bernal (2010), afirma que “En la actualidad, en investigación científica hay una variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una terminada investigación. De acuerdo con el método y el tipo de investigación que se va a realizar, se utilizan unas u otras técnicas”. Las técnicas que se aplicaron en la investigación fueron las siguientes: Observación no Experimental, el Análisis Documental y la Observación de Campo. Además, la observación directa ha permitido recopilar datos de interés para llevar a cabo la investigación empleando la técnica, justificación y el instrumento.

**Tabla 4:** Plan de recopilación de datos

Técnica	Instrumento	Aplicado en	Responsable de recolección de datos	Método de recolección	Frecuencia de la medida
Observación directa	Hoja de apuntes	En personal técnico de mantenimiento	Jhony Camargo/ encargado del area mantenimiento	Manual	Mensual
Entrevista	Guía de entrevista y cuestionario	Jefe de mantenimiento	Jhony Camargo/ encargado del area	Manual	Mensual
Análisis de documentos	Laptop y Microsoft Office, calculadora.	Registros físicos de procesos.	Jhony Camargo/ encargado del area mantenimiento	Manual	Mensual
Análisis estadístico de datos históricos	Excel y Minitab	Registros de datos históricos del servicio de mantenimiento	Jhony Camargo/ encargado del area mantenimiento	Manual	Mensual

Elaboración: propia

## 2.7. Procedimiento

### 2.7.1. Observación directa y análisis de documentos

**Objetivo:** Identificar problemas actuales de mantenimiento.

**Procedimiento a seguir:**

- Analizar el área de mantenimiento y recopilar la información de las actividades.
- Realizar un registro de acuerdo a los formatos y la secuencia lógica de las actividades.

**Preparación:**

- Se solicitó permiso al gerente de la empresa para llevar a cabo las visitas.

**Desarrollo:**

- Se identificó los procesos de mantenimiento para registrar los problemas actuales.

**Secuela:**

- Análisis de cada trabajo que realizan los colaboradores de mantenimiento.

- Observación y análisis de las actividades realizadas por los técnicos.

**Instrumento:**

- Cuaderno de apuntes
- Guía de observación
- Cámara fotográfica

**2.7.2. Entrevista**

**Objetivo:** Obtener información de cada una de las actividades y procesos de mantenimiento.

**Procedimiento a seguir:**

- Se realizará una entrevista con el fin de conocer el estado actual del mantenimiento de maquinarias pesadas en la empresa del sector minero.

**Preparación:**

- Se llevó a cabo un modelo de entrevista, con el objetivo de recolectar información referente al mantenimiento de maquinaria pesada.
- Se entrevistó al jefe mantenimiento (encargado de gestionar el área de mantenimiento)
- La entrevista tendrá una duración de 15 minutos

**Secuencia**

- Escribir los resultados
- Colocar en un archivador los resultados de la entrevista para analizar posteriormente

**Instrumentos:**

- Papel
- Lapiceros
- Laptop

### **2.7.3. Procedimiento de análisis estadístico**

**Objetivo:** este procedimiento permitirá llevar a cabo la recopilación y procesamiento de data para identificar los resultados del mantenimiento, incidencias y los indicadores.

**Procedimiento:**

- Realizar el levantamiento de la información histórica de mantenimiento
- Realizar procesamiento de los datos y elaborar indicadores

**Secuela:** Tabular los datos

- Colocar en un Excel y detallar los promedios y participación

**Instrumento**

- Excel
- Minitab

**a) Herramientas de mejora**

**a.1) Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es una gráfica que facilitara la representación de forma ordenada la importancia, la frecuencia de ocurrencia de las causas del problema actual de mantenimiento.

**a.2) Diagrama de Ishikawa**

Es una técnica que va a permitir realizar análisis y dar solución al problema de mantenimiento, lo cual también se le conoce como diagrama de causa y efecto, que facilitara el análisis de los factores que involucran el servicio.

**a.3) Flujograma de procesos**

Mediante el flujograma se realizará la representación gráfica del proceso de mantenimiento. Donde cada paso será representado con un símbolo diferente, lo cual contiene una breve descripción de cada una de las etapas del proceso.

#### a.4) Diagrama de Actividades (DAP)

El diagrama de actividades permitirá describir las actividades entrelazadas entre si, con el fin de mejorar el proceso de mantenimiento.

### 2.8. Procedimiento

#### 2.8.1. Empresa del sector minero

Ferreyros es la empresa líder en la comercialización de bienes de capital en el Perú y en la provisión de servicios en este ámbito. Es representante de maquinaria pesada y equipos Caterpillar en el país, así como de marcas aliadas. Asimismo, se dedica a la prestación de servicios de mantenimiento de maquinaria pesada, lo cual le permite diferentes opciones de prevención, rehabilitación y sustitución de componentes, según sus necesidades: tiempo de contrato, presupuesto de inversión y tiempo de intervención, con el objetivo de optimizar el rendimiento de las máquinas. Por esta razón, la empresa cuenta con talleres equipados con herramientas especiales de diagnóstico y de mantenimiento en el país, colaboradores calificados, quienes logran que la máquina opere al 100%.

**Tabla 5:** *Especificación de la camión minero*

<b>Especificaciones Camión Minero Cat</b>				
<b>Camión Minero Caterpillar</b>	<b>Modelo Máquina</b>	<b>Serie</b>	<b>Grupo</b>	<b>Modelo Motor Cat C175-20</b>
Potencia	797F SAEJ1995 : 4,000 Hp	LAJ	3258	
Peso bruto	623,690 kg			
Capacidad de carga útil	400 tons			
Velocidad máxima con carga	67.6 km/h			

Fuente: Ferreyros



*Figura 4:* Camión minero

Fuente: Ferreyros S.A.

### CAPITULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultado de objetivo 1:

- Diagnóstico actual del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero

##### 3.1.1. Indicador 1: Mantenimiento preventivo

A continuación, se detalla los porcentajes mes a mes del mantenimiento preventivo que ha realizado la empresa durante siete meses en el año 2021.

$$MP = \frac{\text{Total mant. preventivo ejecutado}}{\text{Total de mant. preventivo programado}} \times 100$$

$$MP = \frac{19}{28} \times 100 = 68\%$$

*Tabla 6: Mantenimiento preventivo*

Mes	Total Mantenimiento programado	Total Mantenimiento ejecutado	%
Enero	5	3	60%
Febrero	3	2	67%
Marzo	3	3	100%
Abril	4	3	75%
Mayo	5	3	60%
Junio	3	2	67%
Julio	5	3	60%
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>68%</b>

Fuente: Ferreyros

De acuerdo a la tabla, el porcentaje de mantenimiento preventivo que realiza la empresa es de 68%, lo cual está muy por debajo de lo deseado.

Para mejorar este indicador se le aplicara la herramienta TPM con el fin de mejorar los tiempos de ejecución de las actividades del proceso de mantenimiento.

### 3.1.2. Indicador 2: Mantenimiento correctivo

Respecto al mantenimiento correctivo, los datos se han extraído del historial del área de mantenimiento, donde se recopiló la cantidad de mantenimiento programado durante los últimos siete meses del año 2021 y el total de mantenimiento ejecutado en ese mismo periodo. A continuación, se presenta el porcentaje actual del mantenimiento correctivo.

$$MC = \frac{\text{Total de mantenimiento correctivo}}{\text{Total de mantenimiento programado}} \times 100$$

$$MC = \frac{36}{49} \times 100 = 73\%$$

**Tabla 7:** *Mantenimiento correctivo*

Mes	Total Mantenimiento programado	Total Mantenimiento ejecutado	%
Enero	8	7	88%
Febrero	7	5	71%
Marzo	6	4	67%
Abril	7	6	86%
Mayo	8	5	63%
Junio	7	5	71%
Julio	6	4	67%
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>36</b>	<b>73%</b>

Fuente: Ferreyros S.A.

De acuerdo a la tabla, el porcentaje de mantenimiento correctivo es del 73%. Con el fin de mejorar este porcentaje se le aplicara la herramienta TPM.

### 3.1.3. Indicador 3: % de cumplimiento de entrega

A continuación, se muestra el porcentaje de cumplimiento de las entregas de los equipos. Se ha tomado los datos históricos del total de mantenimiento entregado con atraso y el total de mantenimiento realizado en los primeros siete meses de año 2021.

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{total de mantenimiento entregado con atraso}}{\text{Total de mantenimiento realizado}}$$

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{19}{55} \times 100 = 35\%$$

**Tabla 8:** % de incumplimiento de entrega

Mes	Total de mantenimiento realizado	Total de mantenimiento entregado con atraso	%
Enero	10	3	30%
Febrero	7	3	43%
Marzo	7	2	29%
Abril	9	2	22%
Mayo	8	2	25%
Junio	7	3	43%
Julio	7	4	57%
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>19</b>	<b>35%</b>

Fuente: Ferreyros

Como se puede evidenciar en la tabla, el porcentaje del incumplimiento de las entregas es del 35%. Por esta razón, se implementará la herramienta TPM, lo cual va a ayudar a los técnicos a realizar su trabajo de manera eficiente, con el fin de cumplir con los tiempos de entrega del servicio.

#### 3.1.4. Indicador 4: Sobrecarga de servicios de mantenimiento

$$SCSM = \frac{\sum H_{MEX} - \sum H_{MPR}}{\sum H_{MPR}} \times 100$$

H<sub>MEX</sub>: Horas Mantenimiento Ejecutado

H<sub>MPR</sub>: Horas de Mantenimiento Previsto

$$SCSM = \frac{\sum 240 - \sum 195}{\sum 240} \times 100 = 23\%$$

**Tabla 9:** *sobrecarga de mantenimiento*

<b>Sobrecarga de mantenimiento</b>			
<b>Mes</b>	<b>Horas Mantenimiento Ejecutado</b>	<b>Horas de Mantenimiento Previsto</b>	<b>Sobrecarga de servicios de mantenimiento</b>
Enero	250	195	22%
Febrero	220	195	13%
Marzo	230	195	18%
Abril	210	195	8%
Mayo	245	195	26%
Junio	260	195	33%
Julio	267	195	37%
<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>195</b>	<b>23%</b>

Fuente: Ferreyros S.A.

La empresa tiene el 23 % de sobrecarga de mantenimiento.

### 3.1.5. Indicador 5: No conformidad de mantenimientos

A continuación, se presenta el porcentaje de conformidades de mantenimiento de la empresa.

$$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} \times 100$$

NCFM: No conformidad de Mantenimientos  
 NMPR: Total de Mantenimientos Previstos  
 NMEX: Total de Mantenimientos Ejecutados  
 NMPR: Total de Mantenimientos Previstos

$$NCFM = \frac{77 - 55}{77} \times 100 = 40\%$$

**Tabla 10:** *No conformidad de mantenimientos*

<b>Mes</b>	<b>Total de mantenimiento previstos</b>	<b>Total de mantenimiento ejecutados</b>	<b>No conformidad de mantenimiento</b>
Enero	13	10	30%
Febrero	10	7	43%
Marzo	9	7	29%
Abril	11	9	22%
Mayo	13	8	63%
Junio	10	7	43%
Julio	11	7	57%

**Total**

**77**

**55**

**40%**

---

Fuente: Ferreyros S.A

En la siguiente tabla, se muestra que el porcentaje de no conformidades del mantenimiento es del 40%. Por ello, se implementará el TPM con el fin de reducir este porcentaje de no conformidades incrementando la cantidad de mantenimientos.

### **3.2. Resultado del objetivo 2:**

- Diseñar e implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa del sector minero.

#### **3.2.1. TPM**

##### **Paso 1: Etapa preliminar**

Previo a la implementación de la herramienta TPM, es importante considerar las siguientes pautas o indicaciones como factores críticos de éxito:

1. Lograr el apoyo y compromiso de la alta gestión en el desarrollo de un enfoque estratégico que contemple visión, metas, recursos etc.
2. Constituir un equipo de trabajo que facilite las técnicas y monitoree el proceso de implementación.
3. Diseñar una plantilla informativa en el que se contemple el objetivo de cada herramienta.

Asimismo, se genera una carta de compromiso al personal administrativo y al personal técnico con el objetivo de que puedan ser partícipes de las mejoras.

<b>CARTA DE COMPROMISO</b>	
Fecha: _____	
<p>El personal Administrativo y Operativo de la empresa Ferreyros, mediante la presente se compromete a apoyar y participar activamente en todas las actividades necesarias para lograr un cambio que permita el incremento del beneficio y el bienestar de todos, pues estamos consientes de la necesidad de nuevas prácticas operacionales acorde con los tiempos y los nuevos desafíos del mercado; en esta línea reiteramos nuestro apoyo sin el cual no serían posibles estas mejoras. En acto de pleno acuerdo firmamos:</p>	
_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____

*Figura 5: Carta de compromiso*

Elaboración: propia

## **Paso 2: Conformar el quipo TPM**

Se genera un equipo de trabajo, lo cual está conformado por el administrador de la empresa en coordinación con los principales jefes del área de mantenimiento. Esto permitirá una interesante sinergia por medio del intercambio de información entre las diferentes áreas. La principal función del equipo de trabajo es reducir la resistencia al cambio, siendo su resistencia al cambio la principal causa del fracaso y el principal obstáculo en los procesos de mejora, el equipo de trabajo deberá contemplar las siguientes funciones:

1. Involucrar a los trabajadores en el planeamiento del cambio, ya que depende de ellos que se realice el cambio.
2. Los altos directivos deberían visiblemente apoyar el cambio.
3. Crear un cambio que sea consistente con las necesidades de los trabajadores y los valores existentes.
4. Crear un ambiente de apertura apoyado en la buena comunicación.

5. Permitir la flexibilidad.

**Paso 3:** Campaña de difusión del método

La implementación del TPM dependerá la capacitación del personal de mantenimiento para que todos puedan cooperar y participar de las actividades pertinentes dentro de la empresa.

La campaña de difusión se realizar a través de afiches, correos electrónicos fomentado la participación activa de todos los trabajadores. A continuación, se muestra la plantilla de un acta de Control de asistencia, capacitaciones y reuniones.

**Paso 4:** Asesorar al equipo de trabajo TPM

HOJA DE CAPACITACION KAIZEN		
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACION</b>		
Introduccion y despliegue de la herramienta KAIZEN		
<b>OBJETIVOS DE LA CAPACITACION</b>		
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>		
Objetivo general 1:	Capacitar al equipo de trabajo TPM en determinar los medios para alcanzar los objetivos clave.	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Objetivo general 1:	Integrar a todo el personal hacia los objetivos clave	
Objetivo general 2:	Integrar todas las tareas o actividades hacia los objetivos clave	
Objetivo general 3:	Realignar los objetivos clave en función de los cambios del entorno	
<b>CONTENIDO TEMÁTICO</b>		
Audiencia	Tema	Contenido
Equipo de trabajo TPM	Kaizen	Definicion aplicación y beneficios mejora de procesos Desarrollo Modelo Formatos y registros

**Figura 6:** Hoja de Capacitación de Kaizen

Elaboración: propia

**3.2.2. Mejoras enfocadas en Kaizen**

El proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando a procedimientos y técnicas de mantenimiento va a ayudar a clarificar

el problema, con el fin de determinar la causa raíz de la problemática referente al mantenimiento de las máquinas pesadas. Asimismo, el comité definirá el proyecto a desarrollar siguiendo la metodología de la mejora continua.

Con el objetivo de facilitar el trabajo, se plantea la utilización de los siguientes formatos:

 UNA EMPRESA FERREYCORP <b>PROPUESTA DE FORMATO PARA CONTROL DE PARADA DE TRABAJO</b>					
PARADA EMERGENTES					
Nro.	Hora inicio	Hora fin	Tipo de evento		Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Figura 7: Formato propuesto para control de parada de trabajo

Elaboración: propio

La herramienta Kaizen es una de las herramientas más importantes del TPM, lo cual se basa en una plantilla que se utiliza para el seguimiento de anomalías de la maquinaria o de la producción, detallando el tiempo y cantidad de fallas.

El objetivo del formato es registrar el tiempo de demora en parada de producción, asimismo registrar los tipos de eventos y observaciones que se consideren precisas durante el control en el área de mantenimiento.

### 3.2.3. Implementación de la metodología 5'S

A continuación, se muestra la metodología de implementación 5'S

**Tabla 11:** Metodología 5 S

---

**PASOS**

---

1. Ejecución de la capacitación y difusión
  2. Implantación 5 S
    - Seiri
    - Seiton
    - Seiso
    - Seiketsu
    - Shitsuke
  3. Mantenimiento y mejora
- 

Elaboración: propio

**Tabla 12:** Puntuación de las 5 S

<b>Puntuación de las 5 S</b>	
0	Inexistente- Ninguna realidad respecto a lo preguntado
1	Insuficiente – Cumplimiento menor al 30%
2	Bien – Grado de cumplimiento es > del 30% y < del 80%
3	Muy bien - Grado de cumplimiento es >del 80% y < del 90%
4	Excelente - Grado de cumplimiento es > al 90%

Fuente: Elaboración propia

AUDITORIA INICIAL DE LAS 5'S						
<b>Seiri (Clasificar)</b>	<b>Distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es</b>	0	1	2	3	4
	¿Se han catalogado los objetos cómo útiles o inútiles?		X			
	¿Se observan solo objetos que son necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento?		X			
	¿Solo las máquinas y equipos que son necesarios estan en el area de mantenimiento?			X		
	¿Existen reglas o normas para separar los objetos que no son necesarios?		X			
	¿Se encuentran rotulados los objetos y herramientas del area?			X		
	<b>Total</b>					<b>7</b>
<b>Seiton (Ordenar)</b>	<b>Un lugar para cada cosa</b>	0	1	2	3	4
	¿Se tiene un sitio adecuado para cada objeto?		X			
	¿Se dispone de sitios debidamente identificados para elementos que se utilizan con poca frecuencia?		X			
	¿Estan los lugares debidamente marcados e identificados?			X		
	¿La disposición de los elementos es de acuerdo a la utilización, es decir entre mas frecuente mas cercano?		X			
	¿Emplean herramientas como códigos de color, señalización,hojas de verificación?		X			
	<b>Total</b>					<b>6</b>
<b>Seiso (Limpiar)</b>	<b>Limpiar y buscar formas para mantener limpio el lugar</b>	0	1	2	3	4
	¿El área de mantenimiento se percibe como absolutamente limpia?		X			
	¿Se encuentra limpio los pasillos, herramientas y equipos?			X		
	¿Se han eliminado las fuentes de contaminación?		X			
	¿Existe una rutina de limpieza por parte de los ayudantes y tecnicos del área?			X		
	¿Hay espacios especificos para disponer de la basura?			X		
	<b>Total</b>					<b>8</b>
<b>Seikestu (Estandarizar)</b>	<b>Mantener y controlar las tres primeras categorias</b>	0	1	2	3	4
	¿Se mantiene la organización, el orden y la limpieza?			X		
	¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?		X			
	¿Se emplean moldes o plantillas para tener mas ordenado el area de trabajo?		X			
	¿Se tiene un cronograma de análisis de utilidad y estado de cada elemento?		X			
	¿Se han desarrollado lecciones de un punto o procedimientos operativos estándar?		X			
	<b>Total</b>					<b>6</b>
<b>Shitsuke (Mantener)</b>	<b>Acatar las reglas</b>	0	1	2	3	4
	¿Existe proactividad en el desarrollo de la metodologia 5s?				X	
	¿Se llevan a cabo las tareas de acuerdo al plan estipulado?		X			
	¿Los ayudantes y tecnicos cumplen con el horario de reunion?			X		
	¿La empresa cuenta con normas de trabajo en el taller de mantenimiento?			X		
	¿El personal esta dispuesto a continuar con la mejora?			X		
	<b>Total</b>					<b>10</b>

Figura 8: Auditoria inicial de las 5'S Elaboración: propia

Tabla 13: Resultado de la auditoria inicial de las 5'S

Etapas	Puntuación Inicial
Seiri (Clasificar)	7
Seiton (Ordenar)	6
Seiso (Limpiar)	8
Seikestu (Estandarizar)	6
Shitsuke (Mantener)	10
<b>Total</b>	<b>37</b>

Elaboración: propia

## 1. Ejecución de la capacitación y difusión

La capacitación estará a cargo de un consultor contratado, quien expondrá los siguientes puntos:

- Objetivos
- Conceptos
- Implementación
- Beneficios

Previamente se llevará a cabo la capacitación TPM que permitirá el entendimiento de las metodologías posteriores. A continuación, se muestra la hoja de la capacitación:

HOJA DE CAPACITACION TPM		
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACION</b>		
Introduccion y despliegue de la herramienta TPM		
<b>OBJETIVOS DE LA CAPACITACION</b>		
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>		
Objetivo general 1:	Satisfacer al cliente mediante la entrega a tiempo, precio correcto y utilizando la minima cantidad de materiales	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Objetivo general 1:	Personal preparado para entender el cambio	
Objetivo general 2:	Personal capaz de determinar los principios TPM	
Objetivo general 3:	Determinacion de las actividades que no generan valor al servicio de mantto	
<b>CONTENIDO TEMÁTICO</b>		
Audiencia	Tema	Contenido
Equipo de trabajo TPM	TPM	Factores criticos de éxito Determinacion de agentes de cambio Administracion de equipos de trabajo Mejora continua Uso de herramientas para la implementacion Beneficios de la aplicación

Figura 9:Hoja de capacitación de TPM

HOJA DE CAPACITACION 5'S		
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACION</b>		
Introduccion de las 5'S de TPM		
<b>OBJETIVOS DE LA CAPACITACION</b>		
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>		
Objetivo general 1:	Mejorar los tiempos de respuesta, costos y calidad mediante la intervención de un personal entrenado y capacitado en el cuidado de las instalaciones, los equipos y maquinarias , asi como el incremento de la moral por el trabajo mediante un cambio cultural que nos permita desarrollarnos como un equipo de trabajo de alto desempeño	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Objetivo general 1:	Lograr un lugar de trabajo organizado, ordenado y limpio	
Objetivo general 2:	Conseguir una mayor productividad	
Objetivo general 3:	Conseguir un mejor entorno laboral mejorando la seguridad	
<b>CONTENIDO TEMÁTICO</b>		
Audiencia	Tema	Contenido
Equipo de trabajo TPM	Metodologia 5'S	¿Qué es 5S? ¿Qué no es 5S? Las 5S El proceso 5S Los beneficios de las 5S Formatos y registros Auditorías y controles

Figura 10:Hoja de capacitación de las 5'S

Es importante contar con un buen soporte material para la prestación de un buen servicio

**Fase 1: Seiri (separar lo necesario de lo innecesario)**

1. La implementación de la primera S empezará con la colocación de las tarjetas rojas a los elementos innecesarios dentro del taller de operaciones.
2. Seguidamente, se procederá con el retiro de estos elementos al área destinada para su almacenamiento temporal.
3. Después se realizará un listado de los diferentes hallazgos obtenidos en esta fase.

4. Finalmente, se procede a un análisis sobre los elementos innecesario encontrados con el propósito de fijar su disposición final.

A continuación, se puede apreciar una imagen de la tarjeta roja

**Fecha:**

**Localizacion:**

**Razon:**

**ACCION SUGERIDA**

**Agrupar**  
**Eliminar**  
**Reubicar**  
**Reparar**  
**Reciclar**

**Comentario:**

*Figura 11: Tarjeta roja*

## **Fase 2: Seiton (ordenar)**

1. Para la implementación de la segunda S es importante segmentar los elementos necesarios en lugar que corresponde, para que luego se ubique fácilmente, economizando tiempos y movimientos.
2. Se identificarán mediante líneas marcadas en el piso pasillos, corredores u áreas de trabajo, así como zona de máquinas y lugares de seguridad.
3. Se colocarán anuncios de color amarillo.
4. Se colocará un letrero indicador de lugar, que muestre la zona de herramientas, la zona de recepción y la zona de acopio de desperdicios.

En la siguiente imagen se puede visualizar el tipo de disposición de las herramientas, lo cual permitirá tener un mejor control de estas y también facilitará el habilitado reduciendo los tiempos en el servicio.



*Figura 12:*Panel de herramientas propuesto

Elaboración: propia



*Figura 13:*Imagen propuesto

### **Fase 3: Seiso (limpiar)**

Para la implementación de esta tercera S se va a hacer mediante dos tipos de limpieza:

1. Limpieza de las instalaciones. - En este tipo de limpieza se requiere retirar de la zona de trabajo la suciedad, el polvo, grasa en pisos y las paredes.

2. Limpieza de maquinarias y herramientas: Respecto a la limpieza de las

herramientas, se realizará utilizando algún tipo de solvente para grasa y se podrá

realizar al final o al inicio de jornada durante 10 minutos.

PROGRAMA DE LIMPIEZA				
Nro.	Descripción de las tareas de limpieza	Nombre del area	Responsable	Frecuencia
1	Limpiar pisos	Taller/oficinas	Ver cronograma	Diario
2	Limpiar pasadizos	Taller/oficinas	Ver cronograma	Diario
3	Limpiar baños	Taller	Ver cronograma	Diario
4	Limpiar el frontis	Taller/tienda	Ver cronograma	Diario
5	Limpiar estaciones de trabajo	Taller	Ver cronograma	Semanal
6	Limpiar laboratorio y paneles herramientas	Taller	Ver cronograma	Semanal
7	Limpiar paredes	Taller	Ver cronograma	Semanal

Figura 14: Programa de limpieza propuesto

Elaboración: propia

#### Fase 4: Seiketsu (estandarizar)

Esta cuarta fase está fuertemente ligada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en optimiza condiciones, el objetivo es mantener el funcionamiento de las tres primeras S a través de una “Limpieza Estandarizada”.

1. Para mantener en el tiempo los tres pilares, se creó un registro de asignación de controles visuales, con sus respectivas ubicaciones.

A continuación, se presenta el grafico con la asignación de los controles visuales.

ASIGNACIÓN DE CONTROLES VISUALES			
Nro.	Descripción de artículo	Ubicación	Justificación
1	Semaforo de tiempo ciclo	Estación de trabajo	Medicion de tiempo
2	Panel de herramientas	Fondo de Taller	fácil ubicación
3	Marcado de piso	Área total	Delimitar área
4	Marcado de mobiliario	Almacén, Laboratorio	Fácil ubicación
5	Pizarrón visual documentos Trabajo estandarizado	Fondo de Taller	Ver cronograma
6	Señalización aérea	Estaciones de trabajo	Ver cronograma
7	Señalización de estanterías	Almacén, Oficina	Ver cronograma

Figura 15: Asignación de controles visuales propuesto

Elaboración: propia

### **Fase 5: Shitsuke (disciplina)**

En esta última fase, es importante utilizar los métodos establecidos y estandarizados para llevar acabo la limpieza en el área de mantenimiento.

1. El jefe de mantenimiento utilizara un check list 5S, con el fin de evaluar hasta que se logre el hábito.
2. Se realizar reuniones periódicas con el personal del área, donde se difundirá los beneficios de la herramienta. Luego de cada reunión, se tomará una pequeña evaluación.



*Figura 16: Comunicación*

Fuente: la empresa

AUDITORIA FINAL DE LAS 5'S						
<b>Seiri (Clasificar)</b>	<b>Disitnguir entre lo que es necesario y lo que no lo es</b>	0	1	2	3	4
	¿Se han catalogado los objetos cómo útiles o inútiles?				X	
	¿Se observan solo objetos que son necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento?				X	
	¿Solo las máquinas y equipos que son necesarios estan en el area de mantenimiento?					X
	¿Existen reglas o normas para separar los objetos que no son necesarios?					X
	¿Se encuentran rotulados los objetos y herramientas del area?				X	
<b>Total</b>					<b>17</b>	
<b>Seiton (Ordenar)</b>	<b>Un lugar para cada cosa</b>	0	1	2	3	4
	¿Se tiene un sitio adecuado para cada objeto?				X	
	¿Se dispone de sitios debidamente identificados para elementos que se utilizan con poca frecuencia?				X	
	¿Estan los lugares debidamente marcados e identificados?				X	
	¿La disposición de los elementos es de acuerdo a la utilización, es decir entre mas frecuente mas cercano?					X
	¿Emplean herramientas como códigos de color, señalización,hojas de verificación?				X	
<b>Total</b>					<b>16</b>	
<b>Seiso (Limpiar)</b>	<b>Limpiar y buscar formas para mantener limpio el lugar</b>	0	1	2	3	4
	¿El área de mantenimiento se percibe como absolutamente limpia?				X	
	¿Se encuentra limpio los pasillos, herramientas y equipos?				X	
	¿Se han eliminado las fuentes de contaminación?					X
	¿Existe una rutina de limpieza por parte de los ayudantes y tecnicos del área?					X
	¿Hay espacios especificos para disponer de la basura?					X
<b>Total</b>					<b>18</b>	
<b>Seikestu (Estandarizar)</b>	<b>Mantener y controlar las tres primeras categorías</b>	0	1	2	3	4
	¿Se mantiene la organización, el orden y la limpieza?					X
	¿Se utiliza evidencia visual respecto al mantenimiento de las condiciones de organización, orden y limpieza?				X	
	¿Se emplean moldes o plantillas para tener mas ordenado el area de trabajo?					X
	¿Se tiene un cronograma de análisis de utilidad y estado de cada elemento?				X	
	¿Se han desarrollado lecciones de un punto o procedimientos operativos estándar?					X
<b>Total</b>					<b>18</b>	
<b>Shitsuke (Mantener)</b>	<b>Acatar las reglas</b>	0	1	2	3	4
	¿Existe proactividad en el desarrollo de la metodologia 5s?					X
	¿Se llevan a cabo las tareas de acuerdo al plan estipulado?					X
	¿Los ayudantes y tecnicos cumplen con el horario de reunion?				X	
	¿La empresa cuenta con normas de trabajo en el taller de mantenimiento?					X
	¿El personal esta dispuesto a continuar con la mejora?					X
<b>Total</b>					<b>19</b>	

Figura 17: Auditoria final de las 5'S Elaboración: propia

Tabla 14: Puntuación inicial vs final de las 5S

<b>Etapas</b>	<b>Puntuación Inicial</b>	<b>Puntaje final</b>
Seiri (Clasificar)	7	17
Seiton (Ordenar)	6	16
Seiso (Limpiar)	8	18
Seikestu (Estandarizar)	6	18
Shitsuke (Mantener)	10	19
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>88</b>

Elaboración: propia

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de la auditoria inicial y final, donde se puede verificar que el puntaje subió de 37 a 88 puntos luego de la implementación de la herramienta 5´S.

### 2.3.4. Metodología del trabajo estandarizado

En la siguiente tabla, se muestra la metodología para Trabajo estandarizado.

**Tabla 15:** *Implementación de la metodología trabajo estandarizado*

---

**PASOS**

---

1. Ejecución de la capacitación y difusión
  2. Implantación del trabajo estandarizado
    - Observar el método de trabajo
    - Realizar un estudio de tiempos
    - Identificar y eliminar desperdicios
    - Desarrollar procesos de trabajo estandarizado
    - Testear el nuevo proceso
    - Implementar el nuevo proceso
- 

Elaboración: propia

### **Ejecución de la Capacitación y difusión**

La capacitación estará al mando de la persona contratada, quien prepara la exposición para todo el personal involucrado y tratará los siguientes puntos:

Objetivos

Conceptos

Implementación

Beneficios

Asimismo, en el siguiente grafico se muestra el procedimiento de la capacitación.

HOJA DE CAPACITACION DE TRABAJO ESTANDARIZADO		
<b>NOMBRE DE LA CAPACITACION</b>		
Introducción a la Metodología de Trabajo Estandarizado de la herramienta TPM		
<b>OBJETIVOS DE LA CAPACITACION</b>		
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>		
Objetivo general 1:	Establecer la secuencia de trabajo mas eficiente y con el mínimo desperdicio para alcanzar los niveles de producción establecidos	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		
Objetivo general 1:	Determinar una secuencia lógica de operaciones	
Objetivo general 2:	Mantener un alto nivel de repetitividad	
Objetivo general 3:	Asegurar operaciones mas eficientes y seguras	
<b>CONTENIDO TEMÁTICO</b>		
Audiencia	Tema	Contenido
Personal técnico	Metodología Trabajo Estandarizado	Definición y beneficios de Trabajo Estandarizado Determinación de componentes Descripción de Procedimientos Operativos Estándar Determinación de una secuencia lógica de actividades Explicar los procesos para implementar Trabajo Estandarizado Auditorías y controles

**Figura 18:** Hoja de capacitación de trabajo estandarizado

Elaboración: propia

### Realizar un estudio de tiempos

A continuación, se presenta el diagrama de actividades del área de mantenimiento, con el fin de identificar aquellas actividades que no generan valor al proceso de reparación de los componentes de la máquina. Asimismo, se puede visualizar el tiempo promedio de reparación, desde la recepción hasta la entrega al cliente, lo cual es de 18,6 días.

		DAP del proceso de reparación							
		Actividad	Simbolo	Pasos	tiempo (dias)				
Objeto:	Proceso de atención de reparación	Operación	○	4	16.75				
Actividad:	Proceso	Inspección	□	2	1.32				
Lugar:	Ferreyros	Transporte	→	0	0				
Elaborado por:	Jhony Camargo	Almacén	▽	1	0.5				
Revisado por:	Ing. Alberto Verano	Espera	D	0	0				
				<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>18.6</b>			
Paso	Descripcion	Cantidad	Distancia(m)	Tiempo(dias)	○	□	→	▽	D
1	Recepción de equipo	1		0.25	●				
2	Diagnóstico	1		1		●			
3	Elaboración de presupuesto	1		0.5	●				
4	Compras	1		4	●				
5	Reparación de equipo	1		12	●				
6	Pruebas de equipo	1		0.32		●			
7	Entrega de equipo al cliente	1		0.5				●	
<b>TOTAL</b>				<b>18.6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	

**Figura 19:**Diagrama de actividades de mantenimiento

Elaboración: propia

A continuación, se presenta análisis de las actividades que no generan valor agregado en el proceso, los cuales están se color rojo.

En la siguiente tabla se muestra la hoja de observación de tiempo actual, donde se puede apreciar los diferentes tiempos de proceso en los que incurre el proceso.

**Tabla 16:**Descripción de actividades que no generan valor

Nro.	PASOS	Tiempo (Días)
1	RECEPCIÓN DE EQUIPO	0.25
2	DIAGNÓSTICO	1
3	ELABORAR PRESUPUESTO	0.5
4	<b>COMPRAR</b>	<b>4</b>
5	<b>REPARACIÓN DE EQUIPO</b>	<b>12</b>
6	PRUEBAS DE EQUIPO	0.32
7	ENTREGA DE EQUIPO	0.5
<b>TOTAL EN DIAS</b>		<b>18.6</b>

Elaboración: propia

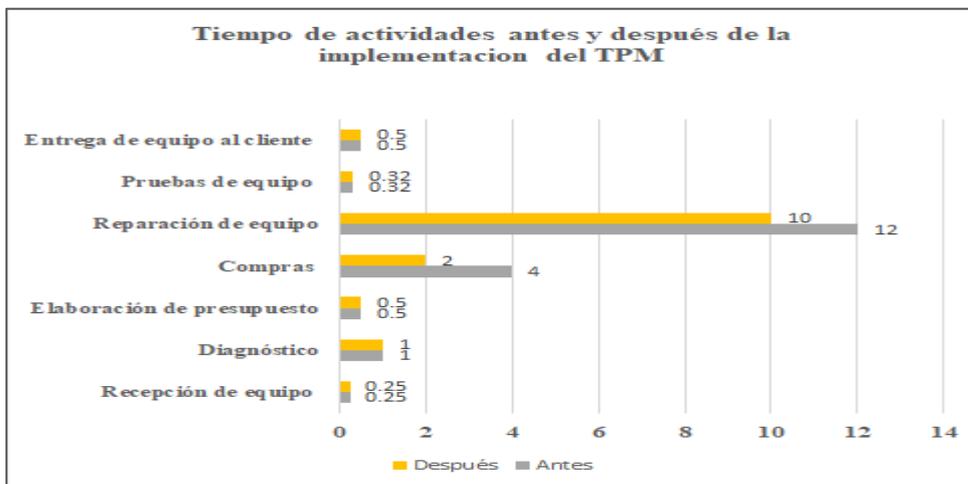
Como se puede visualizar, los 7 pasos han sido observados para su óptimo funcionamiento, con este planteamiento, el proceso quedaría esbelto sin alterar el servicio. A continuación, se muestra el DAP mejorado.

**Figura 20:**Diagrama de actividades después de la mejora

Ferreyros CAT UNA EMPRESA FERREYCORP		DAP del proceso de reparación							
Objeto:	Proceso de atención de reparación	Actividad	Simbolo	Pasos	tiempo (días)				
Objeto:	Proceso de atención de reparación	Operación	○	4	12.75				
Actividad:	Proceso	Inspección	□	2	1.32				
Lugar:	Ferreyros	Transporte	➔	0	0				
Elaborado por:	Jhony Camargo	Almacén	▽	1	0.5				
Revisado por:	Ing. Alberto Verano	Espera	D	0	0				
<b>Total</b>				<b>7</b>	<b>14.6</b>				
Paso	Descripcion	Cantidad	Distancia(m)	Tiempo(dias)	○	□	➔	▽	D
1	Recepción de equipo	1		0.25	●				
2	Diagnóstico	1		1		●			
3	Elaboración de presupuesto	1		0.5	●				
4	Compras	1		2	●				
5	Reparación de equipo	1		10	●				
6	Pruebas de equipo	1		0.32		●			
7	Entrega de equipo al cliente	1		0.5				●	
<b>TOTAL</b>				<b>14.6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	

Elaboración: propia

Según la figura, se evidencia que el tiempo de reparación es de 14.6 días luego de la implementación de la herramienta TPM. A continuación, se muestra el grafico con los tiempos antes y después de la mejora.



**Figura 21:** Tiempo de actividades antes y después de la implementación del TPM

Elaboración: propia

En el siguiente gráfico, se muestran los tiempos antes y después de la mejora, donde evidencia que se ha reducido el tiempo de reparación de 12 a 10 días y el tiempo de compras de 4 a 2 días.

### 2.3.5. Cálculo de los indicadores después de la mejora

A continuación, se detallan los indicadores después de la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de máquinas pesadas.

#### Indicador 1: Mantenimiento preventivo

$$MP = \frac{\text{Total mant. preventivo ejecutado}}{\text{Total de mant. preventivo programado}} \times 100$$

$$MP = \frac{24}{28} \times 100 = 86\%$$

#### Indicador 2: Mantenimiento correctivo

$$MC = \frac{\text{Total de mantenimiento correctivo}}{\text{Total de mantenimiento programado}} \times 100$$

$$MC = \frac{41}{45} \times 100 = 84\%$$

#### Indicador 3: % de incumplimiento de entrega

$$\% \text{ de incumplimiento} = \frac{\text{total de mantenimiento entregado con atraso}}{\text{Total de mantenimiento realizado}}$$

$$\% \text{ de incumplimiento} = \frac{7}{65} \times 100 = 11\%$$

#### Indicador 4: Sobrecarga de mantenimiento

$$SCSM = \frac{\sum H_{MEX} - \sum H_{MPR}}{\sum H_{MPR}} \times 100$$

H<sub>MEX</sub>: Horas Mantenimiento Ejecutado

H<sub>MPR</sub>: Horas de Mantenimiento Previsto

$$SCSM = \frac{\Sigma 210 - \Sigma 195}{\Sigma 210} \times 100 = 8\%$$

### Indicar 5: No conformidad de mantenimientos

$$NCFM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} \times 100$$

NCFM: No conformidad de Mantenimientos

NMPR: Total de Mantenimientos Previstos

NMEX: Total de Mantenimientos Ejecutados

NMPR: Total de Mantenimientos Previstos

$$NCFM = \frac{77 - 65}{77} \times 100 = 18\%$$

**Tabla 17:**Resultados de los indicadores

Indicador	Resultados				Análisis
	Antes	Después	Variación	Medida	
Mantenimiento preventivo	68%	86%	18	%	Se logró incrementar el servicio de mantenimiento preventivo de 68% a 86%, mediante la aplicación de las 5'S y Kaizen.
Mantenimiento correctivo	73%	84%	11	%	Se logró incrementar el servicio de mantenimiento correctivo en un 11%, a través de la herramienta TPM.
% de incumplimiento de entrega	35%	11%	24	%	Se redujo este indicador en un 24% mediante la aplicación de la estandarización de las actividades del mantenimiento.
Sobrecarga de mantenimiento	23%	8%	15%	%	Se logró reducir este indicador de 23% a 8%, mediante la aplicación de las 5'S y Kaizen.
No conformidad de mantenimientos	40%	18%	22%	%	Se logró reducir la no conformidad de 40% a un 18% mediante la aplicación de las 5'S y estandarización de las actividades de mantenimiento.

Elaboración: propia

### 3.3. Resultado del objetivo 3:

- Realizar un análisis de costo beneficio para determinar la viabilidad de la propuesta de mejora.

Para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta de mejora, se cuenta con la participación de los colaboradores de la empresa, la disponibilidad del área de mantenimiento y los recursos, con el objetivo de mejorar el servicio de mantenimiento de las máquinas pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM. A continuación, se muestran los costos tangibles e intangibles del proyecto de investigación.

COSTO TANGIBLE DEL PROYECTO POR TIPO DE RECURSO: MATERIAL							
Proyecto	Fase	Tipo de Recurso	Unid	Cantidad	Inversión (\$/.)	Total (\$/.)	
TPM	Capacitación	Plumones de colores	Unidad	8	16	128	
		Lapiceros	Unidad	12	10	120	
		Hojas A4	Unidad	1	20	20	
		Instructivos	Unidad	20	9	180	
		Separatas capacitación interna	Unidad	15	25	375	
	Kaizen	Instructivos	Unidad	20	9	180	
	5'S	Artículos Limpieza	Unidad			40	40
		Pinturas	Galon	2	25	50	
	Trabajo Estandarizado	Semaforo de tiempo de ciclo	Unidad	1	200	200	
	<b>TOTAL COSTO TANGIBLE DEL PROYECTC</b>					<b>S/</b>	<b>1,293.00</b>

Figura 22: Costo tangible del proyecto

Elaboración: propia

Según la figura, se muestra el costo tangible de la propuesta, lo cual asciende a 1,293.00 soles

COSTO INTANGIBLE DEL PROYECTO					
DESCRIPCION	MENSUAL	DIA	HORA	H. CAPACITACIÓN	TOTAL
AUDITOR 5'S					10,000.0
Administrador	6500	217	27	30	812.5
Jefe de mantenimiento	7000	233	29	25	729.2
Jefe de logistica	4800	160	20	20	400.0
Tecnico 1	4000	133	17	15	250.0
Tecnico 2	4000	133	17	10	166.7
Tecnico 3	4000	133	17	10	166.7
Tecnico 4	4000	133	17	10	166.7
Ayudante 1	2000	67	8	8	66.7
Ayudante 2	1800	60	8	8	60.0
<b>COSTO INTANGIBLE DEL PROYECTO</b>					<b>S/ 12,818.33</b>

Figura 23: Costo intangible del proyecto de investigación Elaboración: propia

Según la figura, se detalla el costo intangible de la propuesta de mejora donde se detallan el sueldo mensual, horas de capacitación y el costo total, lo cual asciende a 12, 818.33 soles.

### 3.3.1. Análisis de los costos beneficios

Finalmente, se procede con el análisis del beneficio del proyecto, donde se muestra el lucro cesante actual.

Nro. De reparaciones (unidades)	Tiempo actual (días)	Tiempo actual total (días)	Tiempo objetivo total (días)	Tiempo objetivo total (días)	Tiempo perdido (diferencia)	Costo H.H.	Servicios no atendidos	Lucro Cesante
10	18.6	186	14.6	146	40	5,320	3	S/ 104,269.04
7	18.6	130.2	14.6	102.2	28	3,724	2	S/ 72,988.33
7	18.6	130.2	14.6	102.2	28	3,724	2	S/ 72,988.33
9	18.6	167.4	14.6	131.4	36	4,788	2	S/ 93,842.14
8	18.6	148.8	14.6	116.8	32	4,256	2	S/ 83,415.23
7	18.6	130.2	14.6	102.2	28	3,724	2	S/ 72,988.33
7	18.6	130.2	14.6	102.2	28	3,724	2	S/ 72,988.33
<b>55</b>		<b>1023</b>		<b>803</b>	<b>220</b>	<b>29,260</b>	<b>15</b>	<b>S/573,479.73</b>

Figura 24: Lucro cesante

Elaboración: propia

**Presupuesto**

Inversión intangible	S/ 12,880.33
Inversión tangible	S/ 1,293.00
Inversión total	S/ 14,173.33

INGRESOS	0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Ingreso adicional		S/ 37,456.00	S/ 39,328.80	S/ 41,295.24	S/ 43,360.00	S/ 45,528.00	S/ 47,804.40	S/ 50,194.62
(-) depreciación		-	-	-	-	-	-	-
(-) costos		S/ 2,453.00	S/ 2,575.65	S/ 2,704.43	S/ 2,839.65	S/ 2,981.64	S/ 3,130.72	S/ 3,287.25
Flujo económico de operación		S/ 35,003.00	S/ 36,753.15	S/ 38,590.81	S/ 40,520.35	S/ 42,546.37	S/ 44,673.68	S/ 46,907.37
Gasto neto capital		-	-	-	-	-	-	-
Flujo de caja libre de disponibilidad		S/ 35,003.00	S/ 36,753.15	S/ 38,590.81	S/ 40,520.35	S/ 42,546.37	S/ 44,673.68	S/ 46,907.37
Flujo económico	14,111.33	-	-	-	-	-	-	-
Tasa de descuento (11%)		S/ 35,003.00	S/ 36,753.15	S/ 38,590.81	S/ 40,520.35	S/ 42,546.37	S/ 44,673.68	S/ 46,907.37
Valor presente	-14,111.33	S/ 31,152.67	S/ 32,710.30	S/ 34,345.82	S/ 36,063.11	S/ 37,866.27	S/ 39,759.58	S/ 41,747.56

**Indicadores financieros**

COK	15%
VA	S/146,734.94
VAN	S/160,846.27
TIR	226%
IR	S/ 10.40

*Figura 25:* Flujo de caja

Elaboración: propia

Según la figura, se obtuvieron indicadores de rentabilidad del proyecto, donde el VAN es de 160,846.27 soles y un TIR de 226%, lo cual indica que el proyecto es viable. Además, el IR es de 10.40 soles, lo que quiere decir que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 9.40 soles.

Finalmente, se puede afirmar que la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de máquinas pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM, es viable.

## Matriz de consistencia

**Tabla 18:** *Matriz de consistencia*

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VARIABLES	Dimensiones	Metodología
<p>¿Cómo influye la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>PE1) ¿Cómo influye el TPM en el porcentaje de cumplimiento de entrega a tiempo?</p> <p>PE2) ¿Cómo influye el TPM en la sobrecarga de servicio de mantenimiento?</p> <p>PE3) ¿Cómo influye el TPM en la no conformidad de servicio de mantenimiento?</p>	<p>Determinar la influencia de la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>OE1) Determinar la influencia del TPM en el porcentaje de cumplimiento de entrega a tiempo.</p> <p>OE2) Determinar la influencia del TPM en la sobrecarga de servicio de mantenimiento.</p> <p>OE3) Determinar la influencia del TPM en la no conformidad de servicio de mantenimiento.</p>	<p>La aplicación del Mantenimiento Productivo Total si influye positivamente en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero.</p> <p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>HE1) El TPM influye en el porcentaje de cumplimiento de entrega a tiempo</p> <p>HE2) El TPM influye en la sobrecarga de servicio de mantenimiento</p> <p>HE3) El TPM influye en la no conformidad de servicio de mantenimiento</p>	<p><b>Variable independiente(X)</b> : TPM</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Servicio de mantenimiento</p>	<p>X1: Mantenimiento preventivo</p> <p>X2: Mantenimiento correctivo</p> <p>Y1: % de cumplimiento de entrega a tiempo</p> <p>Y2: Sobrecarga de servicios de mantenimiento</p> <p>Y3: No conformidad de mantenimientos</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Según su finalidad es de tipo aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>Experimental de tipo pre experimental</p> <p><b>Enfoque de investigación</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos</b></p> <p>Observación directa</p> <p>Entrevista</p> <p>Análisis documental</p>

Elaboración : propia

## Cronograma de actividades

**Tabla 19:** *Cronograma de actividades de la tesis*

Actividad	Inicio	Final	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Recojo de información de estudios previos de las variables elegidas y establecer el título	01/01/2021	3/04/2021												
Recojo de información para realizar la realidad problemática	3/04/2021	3/07/2021												
Redactar la justificación y el marco teórico de la investigación	03/0/2021	30/08/2021												
Establecer los objetivos generales y específicos de la investigación	01/09/2021	04/09/2021												
Identificación de la población y la muestra.	04/09/2021	10/09/2021												
Recopilación de información de las técnicas que se usan para cada tipo de diseño de investigación.	10/09/2021	15/09/2021												
Análisis para la adecuación de procedimientos de los datos para al propuesta de mejora	15/09/2021	30/09/2021												
Tratamiento de datos y matriz de consistencia	30/09/2021	02/10/2021												
Resultados	02/10/2021	30/10/2021												

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1.Discusión

#### 4.1.1. Limitación

- La limitación más resaltante en la investigación fue la subordinación de los altos mandos, puesto que el equipo TPM depende bastante de la persona que lidera la implementación de la herramienta.
- Debido a la complejidad de realizar el proyecto de tesis, otra de las limitaciones fue la poca experiencia en recolectar los datos primarios y el tiempo de la implementación de la herramienta.

#### 4.1.2. Comparativas

Con el fin de determinar y dar respuesta a la pregunta de investigación de ¿cómo influye la aplicación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero?; los resultados de la investigación reflejaron que la variable independiente (TPM) si influye positivamente en el servicio de mantenimiento. Primeramente, se realizó un análisis del estado actual del servicio y se pudo conocer a detalle las actividades de mantenimiento y donde se pudo reducir el tiempo de las actividades de mantenimiento de 18.60 días a 14.60 días dando como resultado el incremento del servicio de mantenimiento preventivo de 68% a 86%, teniendo una reducción del 18%, se logró este incremento mediante la aplicación de las 5'S y Kaizen. También, se incrementó el porcentaje del mantenimiento correctivo de 73% a 84%. Asimismo, se redujo el porcentaje de incumplimiento de entregas en un 24% mediante la aplicación de la estandarización de las actividades del mantenimiento. Además, se logró reducir la no conformidad de 40% a un 18% mediante la aplicación de las 5'S y estandarización de las actividades de mantenimiento. Estos

resultados se respaldan por la investigación de (Inga, 2017), donde indica que el TPM tiene un enfoque innovador de mantenimiento que optimiza la gestión, elimina pérdidas y promueve el mantenimiento autónomo por parte de los técnicos mediante actividades cotidianas. Asimismo, Castañeda, Junca y Quila (2020) afirman que, la herramienta tiene gran acogida en las empresas de fabricación y de mantenimiento, lo cual se dividen en ocho pilares teniendo como soporte principal las 5'S (ordenar, clasificar, limpiar, estandarizar y mantener). Para (Espinosa, 2018), el TPM consiste en cero fallos, cero defectos, es decir que, al reducir estos desperdicios, también bajan los costos, por otro lado, se incrementa los resultados de la productividad; además, consiste en establecer una educación empresarial lo cual debe lograr el nivel óptimo de eficiencia. Cevallos (2017) en su estudio refiere que el mantenimiento preventivo en una empresa es muy importante debido que si todo el equipo operativo se encuentra en perfectas condiciones la producción está asegurada en un rendimiento que satisface las necesidades de los clientes y aumenta la calidad del producto. Por otro lado, Castañeda, Junca y Quila (2020) afirma que, para cumplir con la implementación de los pilares viables del TPM es recomendable seguir las indicaciones respecto a los montacargas, operarios y servicio al cliente, ya que en cada aspecto se determinan factores que promueven la planificación de las actividades para mitigar fallas y anteponerse a los errores. Rubio (2019) en su investigación estudio el área de mantenimiento del municipio Motavita, donde logro reducir el porcentaje de mantenimientos correctivos de 60% a 30% con la realización de un programa de mantenimiento enfocado a la mejora continua de las máquinas y concluye que, las máquinas requieren de un plan de mantenimiento preventivo

programado para mejorar su vida útil y disponibilidad, generando reducción en costos de mantenimiento que se verán reflejados a mediano y largo plazo.

#### **4.1.3. Implicancias**

En el presente proyecto de investigación, el involucramiento del personal es un aspecto muy importante, ya que la información estaba a la mano y era suficiente para hacer el análisis con las herramientas propuestas; sin embargo, su confiabilidad dependía directamente de los encargados y en ocasiones se encontraron inconsistencias que luego se analizaron y se corrigieron.

#### **4.2. Conclusiones**

Se concluye que la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) influye en la mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas en una empresa del sector minero, ya que se logró reducir el porcentaje de incumplimiento de entrega de 35% a 11%.

En cuanto a la sobrecarga del servicio de mantenimiento, se redujo de 23% a 8% y finalmente, se logró reducir la no conformidad de un 40% a 18% mediante la aplicación del TPM, con estos resultados se afirma la hipótesis.

Asimismo, se logró la participación del personal involucrado en el área de estudio y se pudo implementar la herramienta de manera exitosa. La variable independiente facilitó el análisis del estado actual de mantenimiento y mejorar el servicio de mantenimiento preventivo, correctivo, porcentaje de cumplimiento de entrega y no conformidad de mantenimiento. La implementación de la herramienta TPM tiene con fin la mejora continua de la mantenibilidad y fiabilidad de los talleres de mantenimiento.

Asimismo, se logró determinar como la aplicación del TPM influye positivamente en el tiempo de las actividades del mantenimiento logrando como resultado una reducción de 4 días del tiempo total, donde se eliminaron aquellas actividades que no generaban valor agregado al proceso de mantenimiento.

En este contexto, luego de la aplicación de las herramientas 5'S, Kaizen y Estandarización, se logró reducir el tiempo de las actividades de mantenimiento de 18.60 días a 14.60 días dando como resultado el incremento del servicio de mantenimiento preventivo en un 18%, también se incrementó el servicio de mantenimiento correctivo en un 11%. También, se redujo en incumplimiento de entregas en un 24% mediante la aplicación de la estandarización de las actividades del mantenimiento. Además, se logró reducir la no conformidad de 40% a un 18% mediante la aplicación de la herramienta.

Finalmente, se realizó el análisis de flujo de caja y se obtuvieron indicadores de rentabilidad del proyecto, donde el VAN es de 160,846.27 soles y un TIR de 226%, lo cual indica que el proyecto es viable. Además, el IR es de 10.40 soles, lo que quiere decir que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 9.40 soles. En definitiva, se puede concluir que la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de máquinas pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM, es factible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. (6ª Edición). Caracas: Editorial Episteme.
- Ardila, J., Ardila, M., Rodríguez, D. & Hincapié, D. (2016). La gerencia de mantenimiento: UNA REVISIÓN. *Dimensión Empresarial*, 14(2), 127-142. <https://doi.org/10.15665/rde.v14i2.480>
- Agustini L. (2016). Mejora de los procedimientos del mantenimiento preventivo para la reducción del costo de intervención en grúas y descortezadoras.  
Recuperado de: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2436>
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Recuperado de: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Cevallos J. (2017). Diseño de un Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la maquinaria de la mina Blanca V. Recuperado de: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14487>
- Castañeda E., Junca R. y Quila M. (2020). Propuesta de gestión de mantenimiento basado en el modelo de gestión TPM para mejorar el servicio en la empresa Montacargas AM&M en la sede de Bogotá. Recuperado de: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/1660>
- Cruz, J. (2004). Mantenimiento industrial. Recuperado de: [https://www.academia.edu/35929852/Libro\\_de\\_Mantenimiento\\_Industrial\\_pdf](https://www.academia.edu/35929852/Libro_de_Mantenimiento_Industrial_pdf)
- Espinoza M. (2018). Mejoramiento de la producción y operaciones de mantenimiento de equipo pesado, mediante un modelo de mantenimiento productivo total (TPM), para la empresa Hormiconcretos CÍA. LTDA. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14906>
- Gisbert, V., Pérez, A., Pérez, E., Calabuig, M. Pons, B., Campoy, F. Almería, J. Domínguez M<sup>a</sup> San Antonio, T., Kou-Vah, I, Castellano, L. Rojas, L. (2018). Método TPM para la mejora y eficiencia de la producción. Recuperado de: <file:///C:/Users/Carlota%20Bravo/Downloads/Dialnet-CuadernosDeInvestigacionAplicada-741309.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª Edición). México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.

- INEI (2020). Informe técnico. Recuperado de: [http://m.inei.gob.pe/media/principales\\_indicadores/07-informe-tecnico-n07\\_produccion-nacional-may.2020.pdf](http://m.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/07-informe-tecnico-n07_produccion-nacional-may.2020.pdf)
- Infominero (2018). Ranking mundial de fabricantes de maquinaria pesada. Recuperado de: <http://www.infominero.pe/2018/06/20/ranking-mundial-de-fabricantes-de-maquinaria-pesada/>
- Inga J. (2017). Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12815/93>
- Martínez J. (2016). Propuesta de sistema de gestión integral en mantenimiento para una empresa de maquinaria de Línea Amarilla. Recuperado de: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2586>
- Mejías, A. Godoy, E., Piña, R. (2018). Impacto de la calidad de los servicios sobre la satisfacción de los clientes en una empresa de mantenimiento. Compendium, vol. 21, núm. 40, 2018. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/880/88055200020/html/>
- López G. (2019). Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI S.A. Lima 2019. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11537/23482>
- Lourival, T. (1996). Administración Moderna de Mantenimiento. Edictorial Novo Polo Publicaciones-Brasil. Recuperado de: <file:///C:/Users/Carlota%20Bravo/Downloads/01.%20Administraci%C3%B3n%20moderna%20de%20mantenimiento%20autor%20Lourival%20Tavares.pdf>
- Rubio W. (2019). Plan de mantenimiento preventivo para la flota de maquinaria pesada y vehículos administrativos del municipio de Motavita. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11634/19188>
- Rey, F. (2001). Mantenimiento Productivo Total(TPM): proceso de implantación y desarrollo. FC editorial. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=t05vRBKtkQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- Oliva, K., Arellano, M. López, M. y Soler, M. (2010). Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(49), 125-140. Recuperado en 27 de agosto de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-99842010000100008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842010000100008&lng=es&tlng=es)
- Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. TGP-Hoshin Productivity Press S3F3. Recuperado de: [https://kupdf.net/download/tpm-suzuki-libro-pdf\\_589dd91e6454a7d83ab1e8db\\_pdf](https://kupdf.net/download/tpm-suzuki-libro-pdf_589dd91e6454a7d83ab1e8db_pdf)
- Singh, J., Singh, H., & Sharma, V. (2018). Success of TPM concept in a manufacturing unit – a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(3), 536–549. Recuperado de:10.1108/ijppm-01-2017-0003
- Vargas, T., Vizzuett, E., Becerra, E. (2018). La satisfacción laboral y su influencia en la productividad. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/331250139\\_La\\_satisfaccion\\_laboral\\_y\\_su\\_influencia\\_en\\_la\\_productividad](https://www.researchgate.net/publication/331250139_La_satisfaccion_laboral_y_su_influencia_en_la_productividad)
- Zelada, M. (2017). Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF. Recuperado de: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3465>
- Zambrano, Egilde, & Prieto, Ana Teresa, & Castillo, Ricardo (2015). Indicadores de gestión de mantenimiento en las instituciones públicas de educación superior del municipio Cabimas. *Telos*, 17(3),495-511.[fecha de Consulta 3 de Septiembre de 2021]. ISSN: 1317-0570. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99342682008>

## ANEXOS

### **Anexo 1: Cuestionario de la entrevista**

#### **Presentación**

Se ha diseñado el siguiente cuestionario con el fin de conocer el estado actual de mantenimiento y proponer un sistema de mejora en el área de estudio de la empresa del rubro minero. Las respuestas a este cuestionario son estrictamente confidenciales y permanecerán en el anonimato, sólo será utilizada para los fines propios de esta investigación.

Se espera su colaboración en el sentido de que usted pueda:

- Responder a todas las preguntas.
- Basar sus respuestas en los aspectos cotidianos de su trabajo.
- Al cometer un error, tache y escriba su nueva respuesta.
- Comprobar que todos los ítems estén respondidos.

El cuestionario requiere un tiempo de duración de 15 minutos.

Gracias por su cooperación y por responder el cuestionario.

Nombres y apellidos:

Área: Tren de Potencia CRC

	SI	NO
1. ¿Existe un plan de mantenimiento claramente definido para la maquinaria?		
2. ¿Llevan un control de los equipos, repuestos, herramientas a su cargo?		
3. Cuentan con el espacio físico apropiado para el almacenamiento y entrega ágil tanto de equipos, repuestos y herramientas?		
4. ¿Los repuestos utilizados están debidamente ordenados según su tipo?		
5. ¿El área de trabajo se encuentra limpio y despejado?		
6. ¿Cuentan con materiales y métodos para realizar el trabajo?		
7. ¿Reciben algún tipo de capacitación?		
8. ¿Se cuenta con un stock de repuestos para cada máquina en el momento que se da el mantenimiento?		
9. ¿Se realiza evaluaciones de desempeño laboral?		
10. ¿El personal realizan sus turnos como corresponde?		

### **ENCUESTA APLICADA AL AREA DE MANTENIMIENTO**

Se agradece por el tiempo prestado para realizar el llenado de la encuesta, lo cual facilita para elaborar la propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM en una empresa del sector minero.

**1. ¿Conoce**

**los procedimientos para la ejecución de su trabajo en mantenimiento?**

- a) Definitivamente no.
- b) Probablemente no.
- c) Indeciso.
- d) Probablemente sí.
- e) Definitivamente sí.

**2. ¿Cuentan con controles visuales como carteles, avisos, advertencias, procedimientos que faciliten ejecutar su trabajo?**

- a) Definitivamente no.
- b) Probablemente no.
- c) Indeciso.
- d) Probablemente sí.
- e) Definitivamente sí.

**3. ¿Cada cuánto tiempo recibe entrenamiento o capacitación para mejorar su trabajo?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**4. ¿Existe supervisión de los trabajos de mantenimiento?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**5. ¿Usted está acuerdo con la con la siguiente frase: “El trabajo en equipo fortalece mis habilidades y genera rapidez en mis tareas diarias”?**

- a) Totalmente en desacuerdo.
- b) En desacuerdo.
- c) Ni en acuerdo, ni en desacuerdo.
- d) De acuerdo.
- e) Totalmente de acuerdo.

**6. ¿Cuenta con información actualizada sobre eventos de la empresa respecto al área de mantenimiento?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.

- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**7. ¿En su labor usted precisa incentivos para realizar su trabajo con motivación y compromiso?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**8. ¿Ud. Considera que realizan los entrenamientos necesarios para mejorar los procesos en el área de mantenimiento?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**9. ¿Se tiene identificado los diversos desperdicios en su área de trabajo?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**10. ¿Existe un control de los tiempos de entrega del servicio?**

- a) Definitivamente no.
- b) Probablemente no.

“Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM en una empresa del sector minero”

- c) Indeciso.
- d) Probablemente sí.
- e) Definitivamente sí.

**11. ¿Cuentan con herramientas necesarias para evitar los desperdicios?**

- a) Definitivamente no.
- b) Probablemente no.
- c) Indeciso.
- d) Probablemente sí.
- e) Definitivamente sí.

**12. ¿Hay un cumplimiento constante de las normas de seguridad, higiene y salud ocupacional en el área de trabajo?**

- a) Nunca.
- b) La mayoría de las veces no.
- c) Algunas veces si, algunas veces no.
- d) La mayoría de las veces.

**13. ¿Existe un control de incidentes y accidentes en su área de trabajo?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.

e) Siempre.

**14. ¿Considera Ud. ¿Que su área de trabajo es seguro?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**15. ¿Considera usted que su área de trabajo le brinda óptimas condiciones para realizar sus actividades?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**16. ¿Considera Ud. que su zona de trabajo se encuentra limpio y ordenado?**

- a) Nunca.
- b) La mayoría de las veces no.
- c) Algunas veces si, algunas veces no.
- d) La mayoría de las veces sí.
- e) Siempre.

**17. ¿Considera usted que la empresa delega funciones en su área de trabajo?**

“Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento de maquinarias pesadas mediante la aplicación de la herramienta TPM en una empresa del sector minero”

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**18. ¿Ud. Precisa alguna motivación para cumplir con la ejecución de su trabajo en el área de mantenimiento?**

- a) Muy poca motivación.
- b) Poca motivación.
- c) Ni gran motivación, ni poca motivación.
- d) Moderada motivación.
- e) Gran motivación.

**19. ¿Sabe Ud. con qué frecuencia se llevan a cabo las auditorías internas?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**20. ¿Considera Ud. que la empresa realiza un adecuado trabajo de mantenimiento?**

- a) Nunca.

- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**21. ¿Considera Ud. que existe una retroalimentación constante por parte del jefe del área de mantenimiento?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**22. ¿Considera Ud. que sus opiniones son consideradas cuando se toman las decisiones?**

- a) Nunca.
- b) Muy pocas veces.
- c) Algunas veces.
- d) Casi siempre.
- e) Siempre.

**23. ¿Considera Ud. ¿Qué tiene un buen clima laboral?**

- a) Totalmente endesacuerdo.
- b) En desacuerdo.
- c) Ni en acuerdo, ni endesacuerdo.
- d) De acuerdo.
- e) Totalmente de acuerdo

**24. ¿Existe un compromiso de todos los colaboradores?**

- a) Totalmente en desacuerdo.
- b) En desacuerdo.
- c) Ni en acuerdo, ni en desacuerdo.
- d) De acuerdo.
- e) Totalmente de acuerdo

**25. ¿El rotulado de las herramientas, facilita a los técnicos a ubicarlos fácilmente para realizar su trabajo?**

- a) Definitivamente no.
- b) Probablemente no.
- c) Indeciso.
- d) Probablemente sí.
- e) Definitivamente sí.

**26. ¿en el área de mantenimiento existen procesos definidos para realizar las actividades diarias?**

- a) Nunca están definidos.
- b) Muy pocas vecesestán

- definidos.
- c) Algunas Veces están definidos.
  - d) Casi siempre están definidos.
  - e) Siempre están definidos.

### Anexo 3: plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO CAMION MINERO CAT				
EQUIPO		797F		
SERIE		LAJ		
SISTEMA		TREN DE POTENCIA		
ITEM	NOMBRE DE LA OPERACIÓN	NOMBRE DE LA PIEZA	Nº DE PARTE	CANTIDAD
1	Sustituir el filtro de aceite de la transmision.	Filtro de aceite	167-2009	2
		Junta torica	238-5084	1
		Sello	5M-44554	1
2	Sustituir el filtro del convertidor de par.	Junta torica de sellado	228-7105	1
		Filtro de aceite	424-7616	1
3	Tomar y analizar muestras SOS de transmision y convertidor de par.	Muestra de aceite	S.O.S	1
4	Comprobar el visor magnetico de la transmision.	Visor	-	-
5	Limpiair la pantalla del convertidor de par	visor	-	-
6	Verificar los tapones de accionamiento de la bomba.	Tapones	-	-
7	Tomar y analizar muestra sos de diferencial.	Muestra de aceite	S.O.S	1
8	Controlar y comprobar el aceite de transmision final.	Aceite	-	-
9	Reemplazar respirador de transmision y convertidor de par.	Filtro de respirador	4T-6788	1
10	Sustituir el aceite/filtro de la unidad final.	Filtro de aceite	328-3655	1
11	Drenaje /llenado transmision y convertidor de par.	Aceite XSMN/TC (litros)	TDTO(L)	629L



APLICACIÓN DE TIPO DE LUBRICANTES Y ACEITES CAT	
MÁQUINA	797F
SERIE	LAJ
SISTEMA DE ACOPLAMIENTO	Convertidor de par
Fluido:	TDTO SAE 30 W
Cantidad:	80 Gal.
Intervalo de servicio:	1000/2000 H
Filtro:	167-2009
Cantidad:	2
Intervalo de servicio:	2000 H
TRANSMISIÓN	Transmisión planetaria
Fluido:	TDTO SAE 30 W
Cantidad:	166.2 Gal.
Intervalo de servicio:	1000/2000 H
Filtro:	167-2009
Cantidad:	2
Intervalo de servicio:	2000 H
DIFERENCIAL	
Fluido:	FDAO Cat SAE 60
Cantidad:	310.7 Gal.
Intervalo de servicio:	4000/6000 H
Filtro:	334-0572
Cantidad:	1
Intervalo de servicio:	1000 H
MANDOS FINALES	
Fluido:	FDAO Cat SAE 60
Cantidad:	48.6 Gal.
Intervalo de servicio:	4000/6000 H
Filtro:	334-0572
Cantidad:	1
Intervalo de servicio:	1000 H