



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Purizaca Vilela, Teodoro Moisés (ORCID: 0000-0002-8335-9830)

ASESOR:

Mg. Rodríguez Alegre, Lino Rolando (ORCID: 0000-0002-9993-8087)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

PIURA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicado a Dios por ser mi guía en este caminar de mi carrera.

A mis padres, hermanos, esposa e hijos, por su total apoyo.

Agradecimiento

A mi universidad por haberme permitido formarme en ella, a mis docentes en especial a mi tutor por su ayuda, paciencia y dedicación.

Agradecer también a mi familia por darme ánimos y empuje para seguir en este proceso de estudios.

Finalmente, a mis amigos de estudios en especial a Lorena por su apoyo incondicional para continuar y darme fuerzas para conseguir mi término de mi carrera.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	6
III.- METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	20
3.4.- Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de análisis de datos	62
3.7. Aspectos éticos	62
IV.- RESULTADOS	63
V.- DISCUSIONES	71
VI.- CONCLUSIONES	74
VII.- RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	78
ANEXOS	81

Índice de tablas

Tabla 1. Clases de Causas Del Mantenimiento	13
Tabla 2. Juicio de expertos	22
Tabla 3. Detalles de la faja transportadora de planta concentradora	29
Tabla 4. Data disponibilidad faja transportadora.	30
Tabla 5. Data productividad pre test	31
Tabla 6. Diagrama de Gantt – actividades propuestas de mejora	33
Tabla 7. Fajas transportadoras planta concentradora	35
Tabla 8. Modos de falla que generan mayor cantidad de paradas.	39
Tabla 9. Plan de acción de actividades de mantenimiento en las partes de las fajas identificadas como crític	48
Tabla 10. Hoja de los registros de fallas del sistema de las fajas transportadoras	49
Tabla 11. Principales actividades de mantenimiento preventivo fajas trasportadoras	52
Tabla 12. Pauta de mantención previo al arranque del equipo	53
Tabla 13. Pauta de chequeo durante operación	53
Tabla 14. Pauta revisión conjunta moto reductores y transmisión de potencia	54
Tabla 15. Programa semanal de mantenimiento eléctrico y automatización planta concentradora	55
Tabla 16. Programa semanal de mantenimiento mecánico planta concentradora	56
Tabla 17. Programa semanal de mantenimiento lubricacion e inspeccion planta concentradora	57
Tabla 18. Programa semanal de mantenimiento Tecnomina Planta concentradora	58
Tabla 19. Postest diponibilidad	60
Tabla 20. Postest productividad	61
Tabla 21. Descriptivos eficiencia	64
Tabla 22. Descriptivos eficacia	65
Tabla 23. Descriptivos productividad	66
Tabla 24. Prueba de normalidad eficiencia	67
Tabla 25. Prueba de muestras relacionadas eficiencia	67
Tabla 26. Prueba de normalidad eficacia	68
Tabla 27. Prueba de muestras relacionadas eficacia	69

Tabla 28. Prueba de normalidad productividad	69
Tabla 29. Prueba de muestras relacionadas productividad	70

Índice de figuras

Figura 1. Comportamiento de la productividad de los equipos de transporte	2
Figura 2. Comportamiento de la productividad y los gastos de operaciones del parque de buldóceres durante su vida útil	2
Figura 3. Diagrama de Pareto de factores de influencia en la productividad	3
Figura 4. Actuación de la variable independiente sobre la variable dependiente	19
Figura 5. Mapa de Mina en Bayovar	23
Figura 6. Objetivos estratégicos	25
Figura 7. Explotación a tajo abierto	25
Figura 8. Apilado del mineral	26
Figura 9. Transporte a la planta concentradora	26
Figura 10. Planta Concentradora:	27
Figura 11. Transporte a zona de descarga de camiones	27
Figura 12. Planta de secado y silo de almacenamiento.	28
Figura 13. Estrategia en el despliegue de la propuesta de mejora	34
Figura 14. Paradas por mantenimiento	36
Figura 15. Pareto de Cantidad de Paradas por Familia de Equipos	37
Figura 16. Cantidad de Paradas por Faja Transportadora	37
Figura 17. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 1090-02	38
Figura 18. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 1090-01	38
Figura 19. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas en los polines 60%	39
Figura 20. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 2020-03.	39
Figura 21. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas en los polines	41
Figura 22. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas del carro móvil	42
Figura 23. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas del sistema de alineamiento	43
Figura 24. 5 porque para identificar la causa raíz del desalineamiento de las fajas	44
Figura 25. Carro móvil	45
Figura 26. Polines	46
Figura 27. Freno de carro móvil	50
Figura 28. Polines autolineantes.	50

Figura 29. Contrapeso de faja TR 1090-02 en buen estado	51
Figura 30. Polines en TR 1090-01	51
Figura 31. Toneladas perdidas por los modos de falla priorizados antes y después	62

Resumen

La investigación se propuso implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de las fajas transportadoras de roca fosfórica en una empresa minera en la provincia de Sechura, Departamento de Piura. Por su finalidad fue aplicada, de nivel explicativo, enfoque cuantitativo, diseño pre experimental y alcance longitudinal. La población, el mineral transportados por el sistema de fajas a la planta concentradora los meses de agosto – diciembre 2020 (pre test) y febrero – junio 2021 (post test). Los instrumentos de datos fueron los registros con la información del MTBF, MTTR y disponibilidad del sistema de transporte y la eficiencia, eficacia y productividad provenientes del ERP, SAP LOGON PAD 750 el cual tiene certificación ISO 27000 que garantiza las buenas prácticas en la implantación, mantenimiento y gestión del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información. Se obtuvo una mejora en la productividad del 8.8%. La eficiencia pasó 92% a 94.75%; con una mejora del 2.99% y eficacia tuvo una mejora del 5.62%. Se concluyó demostrando que el mantenimiento preventivo contribuyó a la mejora de la productividad.

Palabras clave: mantenimiento preventivo, eficiencia, eficacia, productividad

Abstract

The research proposed to implement a Preventive Maintenance Plan to improve the productivity of phosphoric rock conveyor belt in a mining company in the province of Sechura, Department of Piura. For its purpose it was applied, of explanatory level, quantitative approach, pre experimental design and longitudinal scope. The population, the mineral transported by the belt system to the concentrator plant in the period between August to December 2020 (pre test) and January - May 2021 (post test). The data tools were the registers with the information of the MTBF, MTTR and the availability of the transport system and the efficiency, effectiveness and productivity from the ERP, SAP LOGON PAD 750 has ISO 27000 certification it guarantees good practices in the implementation, maintenance and management of the Information Security Management System. It was obtained a productivity improvement of 8.8%. Efficiency went up 92% to 94.75%; with an improvement of 2.99% and effectiveness had an improvement of 5.62%. It was concluded by demonstrating that preventive maintenance contributed to the improvement of productivity of the belt system.

Keywords: preventive maintenance, efficiency, effectiveness, productivity

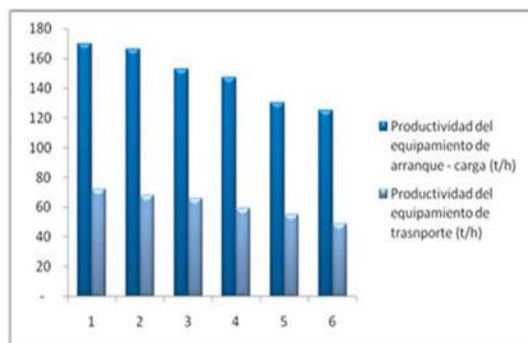
I. INTRODUCCIÓN

Por la alta inversión que involucra la actividad minería, las empresas deben competitivas y reducir sus costos operativos optimizando su productividad y ser competitivas requiriéndose excelencia operativa y planificación cuidadosa (Gerens, 2018); sin embargo, con el envejecimiento de los equipos, las fallas son más frecuentes y generan paradas para el mantenimiento correctivo afectando su disponibilidad y que se refleja en la disminución de la productividad y el incremento de los costos de operación por reparaciones.

La productividad en la industria extractiva se puede definir en términos generales, como la relación del producto expresado en unidades físicas (toneladas de material extraído) con respecto al insumo expresado en horas efectivas de trabajo

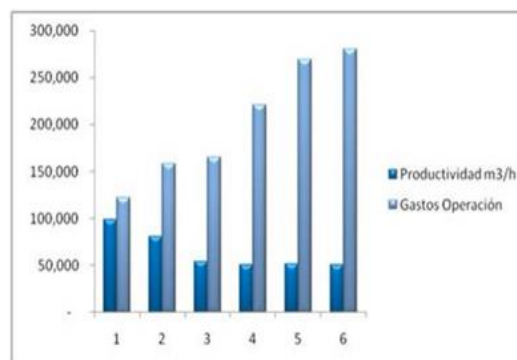
La investigación de **Guerra-López** y Montes de Oca-Risco (2018), lo evidenció en equipamiento de transporte y arranque analizando su desempeño en un tiempo medio de vida útil igual a 6 años.

Figura 1. Comportamiento de la productividad de los equipos de transporte



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Comportamiento de la productividad y los gastos de operaciones del parque de buldóceres durante su vida útil



Fuente: Elaboración propia

Una de las formas para mejorar la productividad y reducir los costos de producción es la automatización y el uso de la información. En Chile, la automatización de la mina Chuquicamata disminuirá sus costos de US\$ 50/lb a casi US\$ 17/lb en el año 2021 y al desplegarse camiones automatizados en la mina de cobre el Teniente, la más grande del mundo, los costos operativos se reducirán en 30% (Ernet & Young 2019). El AutoMine Fleet system, fue el primer paso para implementar una solución totalmente automatizada utilizando camiones Sandvik aumentando la productividad, la seguridad

y eficiencia de las operaciones en esta mina; con el sistema OptiMine se convertirá en un referente de clase mundial (Sandvick, 2021).

El carguío de material extraído del yacimiento es muy importante en el ciclo de minado y de las etapas más costosas del ciclo de producción representando, en promedio, el 20% del costo total e influencia en la productividad; sin embargo, los tiempos muertos como producto las paradas no programadas eleva los costos operativos y afecta la productividad de las operaciones unitarias. El gráfico adjunto de la investigación de Doria (2018, pg. 126) evidencia lo señalado para el caso del yacimiento Cerro Corona en Cajamarca.

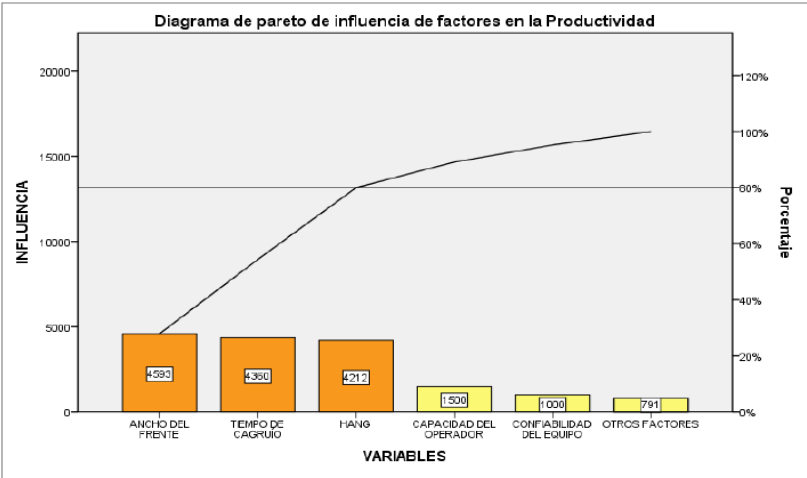


Figura 3. Diagrama de Pareto de factores de influencia en la productividad

La corporación del caso estudio tiene presencia en 35 países. Es uno de los líderes en la producción de mineral de hierro, níquel, manganeso, caolín, aluminio, potasio, cobre, carbón; además de negocios en logística y operaciones de distribución y energía. En el Perú, una de sus subsidiarias, tiene a cargo la extracción, producción y exportación de los concentrados de fosfatos de roca fosfórica de la concesión Bayovar 2 en el Departamento de Piura e inició sus operaciones a mediados del año 2010.

El sistema de fajas transportadoras son un elemento importante en todo el proceso productivo; no solo trasladan el material extraído del yacimiento a la planta concentradora; están involucradas también en el transporte desde esta planta a los secadores antes de su embarque y desde las torres de almacenamiento al muelle de embarque y el material es descargado a las bodegas de las embarcaciones. Las fallas de las fajas que llevan el mineral extraído del yacimiento ocasionan pérdidas en la

operación de la planta concentradora, compromete el funcionamiento de los equipos, la calidad del producto y la producción afectando su productividad. Por otro lado, estas paradas y el nuevo arranque son improductivos, pues consumen recursos afectando los costos e involucra recursos para solucionar estas fallas;

Para identificar la herramienta de solución del problema; con el diagrama causa-efecto (anexo 1), se identificaron las causas asociadas al problema y la matriz de correlación (anexo 2) asignó puntajes identificando las causas con mayor correlación respecto al problema de la baja productividad de la faja transportadora. Con la tabulación de datos (anexo 3) estableció las frecuencias acumuladas y se graficó el diagrama de (anexo 4). La tabla de estratificación (anexo 5) agrupó las causas identificadas por áreas funcionales agrupadas en un gráfico de barras (anexo 6). El anexo 7 propuso las alternativas de solución y, finalmente, el anexo 8 corroboró la alternativa de solución identificada el Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de las fajas transportadoras de fosfatos a la planta concentradora.

Para **Sala & Arnau (2014)**, una investigación comienza con identificar el problema y la pregunta de investigación las que le dan sentido a esta en lo que es su relevancia, oportunidad y novedad del tema determinando el impacto e interés del estudio.

El problema general se definió de la manera siguiente: ¿Cómo la implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo mejorará la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021?; así mismo los problemas específicos fueron: ¿Cómo el Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia en la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021? y ¿Cómo Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficacia la faja transportadora de fosfato de una empresa minera, Piura 2021?

La Justificación del estudio son las razones que motivan la investigación. Para Bernal (2010), atiende a la solución de un problema llenando un vacío científico. Refiriéndose a los alcances prácticos de la justificación Hernández (2014), señala que ayuda a resolver los problemas reales y prácticos. El estudio contribuyó a resolver la problemática de las fajas transportadoras que generaban la parada de los equipos de la planta concentradora.

Para Baena (2017), la justificación económica menciona permite recuperar el dinero que se invierte durante el proceso de investigación. Así, el Programa de mantenimiento al garantizar la operatividad de la faja de transporte posibilitara la programación de cambio de partes, tomar las previsiones del caso para su aprovisionamiento disminuyendo las interrupciones por paradas imprevistas y reducir los costos de mantenimiento correctivo. En términos económicos se estima que posibilitará a la reducir los costos por paradas intempestivas en un 4%.

Se justifica la investigación estratégicamente pues la Gerencia de operaciones que evalúa los indicadores operativos ha identificado que la disponibilidad promedio para el periodo cuatrimestre setiembre – diciembre del 2020 ha estado en el 96 % esperándose tener para el primer el primer cuatrimestre del 2021 un incremento de la disponibilidad en el orden del 98% lo que incidirá en la mejora de la productividad.

Para **Gonzales Arias (2019)**, los objetivos son los propósitos o fines trazados por el investigador que desea verificar y descubrir”. El objetivo general fue: Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejora la productividad de la faja transportadora de fosfato de una empresa minera, Piura 2021

Los objetivos específicos fueron: Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021 e implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021

Para Ñaupas *et al* (2014, p. 308), las hipótesis son la ruta a seguir en la solución del problema. La hipótesis general quedó definida de la forma siguiente: El plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

El Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

El Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021. El anexo No 9 muestra el detalle de la matriz de consistencia.

II.- MARCO TEÓRICO

La investigación de Enzo Angeles & Mustafa Kumral (2020) (Optimal Inspection and Preventive Maintenance Scheduling of Mining Equipment) se planteó como **objetivo** proponer un enfoque eficaz de la gestión del mantenimiento para la industria minera y mejorar la disponibilidad y fiabilidad del equipo evitando posibles fallos. **Respecto al diseño metodológico** fue un caso estudio de 8 camiones Komatus modelo 930 en una mina Canadiense y, en primer lugar, se hizo el análisis de información de las fallas y estimar los niveles de fiabilidad deseados que podrían utilizarse para sugerir intervalos óptimos de inspección; luego se propuso un calendario de mantenimiento preventivo basado en la edad virtual del equipo y el efecto en el sistema de los factores de eficacia en el mantenimiento correctivo y preventivo. **Se demostró** que con intervalos óptimos de inspección se reducen los costos de mantenimiento por el establecimiento de periodicidad para las inspecciones, una mejor planificación de las actividades de mantenimiento para prevenir paradas intempestivas que representan alto costos. **Como aporte**, los autores consideran que futuros trabajos, se podrían considerar los costos de reparación e inspección, así como las distribuciones de las fallas de otro equipo de minería, como palas y cargadoras frontales.

La investigación de Carranza & Rosales (2018) se propuso **como objetivo** mejorar la disponibilidad de la flota de montacargas de la empresa Grúas Luguensi SAC mediante un mantenimiento preventivo. **En términos metodológicos**, el nivel de investigación fue explicativo de corte longitudinal y diseño pre experimental. **Sus resultados** mostraron incrementos en la disponibilidad desde un 79.75% a 89.87%. **Concluyeron** señalando que la auditoría de gestión de mantenimiento es un elemento muy importante para tener una aproximación precisa acerca de cómo se viene dando la gestión de mantenimiento. En nuestra opinión **el aporte** de la investigación está en que la auditoría es el punto de partida para implementar la mejora propuesta y fortalecer el sistema de mantenimiento,

La investigación de (Barco, 2017), se propuso como **objetivo** determinar como la aplicación del mantenimiento Preventivo mejora la productividad en la empresa Tejidos Global S.A.C. **La metodología** fue aplicada – descriptiva, con un enfoque cuantitativo. **Demostró** la confirmación de la hipótesis respecto a la relación entre el mantenimiento

preventivo y la mejora en la productividad **evidenciando** que esta mejoró en un 22.24%.

Torres flores (2018) en su investigación se propuso como objetivo determinar como el plan de mantenimiento preventivo incrementaba la productividad en la empresa Ofilab - Lima, 2018. La investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo. Los hallazgos mostraron que el mantenimiento preventivo incrementaba la eficiencia, eficacia y la productividad.

León Gonzales (2018) se propuso como **objetivo** proponer un plan de mantenimiento preventivo que influya en la productividad de la maquinaria pesada en el área de operaciones de la empresa PRINSUR JCH S.R.L. **La metodología** fue deductiva con diseño no experimental y enfoque cuantitativo. Las técnicas de recolección de datos fueron entrevistas, encuestas y la observación. **Se concluyó** en que se disminuyeron los tiempos inactivos incrementado la confianza de en las máquinas en un 19% e incrementando la productividad de 73% a un 81%. Se concluyó con el establecimiento un software de mantenimiento preventivo que generaba fiabilidad y eficiencia.

La investigación de Gandur (2017). Tuvo como **objetivo** general laborar un programa de mantenimiento basado en la metodología RCM que permita mejorar el desempeño de los sistemas de aire acondicionado de la Clínica Universitaria Bolivariana para minimizar los tiempos ocios permitiendo optimizando costos permitiendo desarrollar la efectividad y productividad. la metodología desarrollada es de tipo aplicativo y descriptiva. El investigador **encontró** que emplear la metodología para el análisis de riesgos AMFE a los equipos industriales permitirá detallar las operaciones en donde se encuentre la falla y disminuirla en los equipos. **Concluyó** señalando que los mantenimientos correctivos van a contribuir a las mejoras de las condiciones de confort en los servicios que son requeridas por la normatividad existente.

La investigación de Tuesta (2014) "Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa OBRAINSA". **se propuso establecer** un plan de mantenimiento de los equipos pesados para mejorar la disponibilidad. **Por su metodología**, la investigación fue de nivel explicativo, corte

longitudinal y diseño pre experimental. **Los hallazgos** mostraron que el valor promedio del MTTF fue de (103.39 horas) y su desviación estándar (41.16 horas) y el resultado de la suma de estos valores promedio del MTTF fue de 145 horas. El tiempo esperado de fallas fue de 50 horas. Tomando como objetivo para el MTTF 95 horas. Al iniciar el estudio se tenía 435 horas sin falla en los equipos, al término de éste fue de 1077.91 horas. Con la aplicación del plan de mantenimiento se redujeron las fallas de 169 a 103 fallas. **Se concluyó** señalando que estudio permitió los objetivos del TPM, al controlarse el tiempo medio entre falla pues de 2323 se incrementó a 3 857 horas.

La investigación de Lobanda y Zarante (2018). **tuvo como objetivo** desarrollar una Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de producción de la empresa COTECMAR mediante la metodología RCM para reducir los fallos imprevistos, incrementado la disponibilidad y confiabilidad. **La metodología** fue de tipo descriptivo - aplicado de método inductivo. La población fueron los empleados de la línea de producción 1. **Entre los hallazgos** se encontró que no se cumplían el 40% de los mantenimientos preventivos y solo se cumplía el 18,2 % del mantenimiento de rutina. Este sucedía pues el personal no llevaba un control de registros necesarios para determinar los tiempos muertos y las fallas de los equipos. **Se concluyó** en que la implementación del plan preventivo identificó las tareas que se clasificaron según la metodología RCM determinándose las frecuencias y sus responsables.

La investigación de Bakke (2018) **se propuso** adaptar el RCM y usarlo para el ferry de pasajeros autónomo en Trondheim. Respecto a su metodología fue un caso estudio donde después de definirse la lógica decisional del RCM, se identificaron las fallas. **Se encontraron** 100 formas defectuosa y más del 50% de las formas de falla eran inaceptable, **Concluyó** señalando efectuar un control de las fallas que estaban en el orden del 19.6% este monitoreo debe realizarse en tiempo real a través de sistemas y sensores de navegación.

El artículo Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Ingeniería Industria de Herrera-Galán, Michael, & Duany-Alfonzo,

Yoenia. (2016), Tuvo como **objetivo** establecer una metodología que auxilie a las empresas en la implementación de un programa de gestión de mantenimiento asistido por computadora. **Su método** se basa en el método de Kant. Este enfoque plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas (productores), artefactos (máquinas) y entorno (fábrica). **Entre los hallazgos** se tiene que el proceso de implementación tiene componentes claves, tales como: el compromiso por parte de la administración de la empresa a la hora de iniciar el proceso de implementación, la identificación de las debilidades y amenazas, y la entrega total de los trabajadores del departamento de mantenimiento. Por tanto, el resultado del proceso de implementación de esta metodología es un departamento de mantenimiento eficiente, preparado para enfrentar cualquier proceso regulatorio.

Respecto al marco conceptual del mantenimiento preventivo podemos señalar se relaciona con el cuidado específico que se brinda en determinados periodos de tiempo al equipamiento para no: Es el cuidado específico en determinados periodos de tiempo realizado con la finalidad de prever contingencias con la finalidad de no parar en la producción.

Mantenimiento: proceso de actividades que protege un equipo o maquinaria en una situación perfecta de funcionamiento (Portal definición ABC, s.f, párr.1).

Plan de mantenimiento: “son procesos programados y controlados con la finalidad de llevar un perfecto mantenimiento (Valdés y San Martín, 2009, p. 51).

Acción Preventiva: “Acciones que evita la aparición de problemas con la finalidad de reducir los riesgos en un puesto de trabajo” (Valdés y San Martín, 2009, p. 48

Productividad: “es el resultado de un conjunto de procesos, con el propósito de elevar la productividad y obtener óptimos resultados teniendo en cuenta los recursos destinados para lograr obtener la productividad debemos multiplicar los resultados conseguidos por la cantidad de recursos usados. Para hallar los recursos usados se debe tener como datos cantidad de trabajadores y tiempo total empleado (horas /máquina.). Por tanto, podemos decir que el cálculo de la productividad se obtiene

mediante los recursos empleados para producir ciertos productos o servicios resultados” (Gutiérrez, 2008, p.21

- Producción: es un conjunto de procesos en la producción los bienes y/o servicios económicos.
- Eficiencia: es el conjunto de proceso para la creación de productos y servicios con la menor cantidad de recursos.
- Eficacia: calcula a través de los resultados que se logran en función a los objetivos planeado a corto, mediano y largo plazo.

Para Alabeara, 2016, p.12), el mantenimiento preventivo busca identificar corregir los problemas aun pequeños antes de que se tengan fallas más serias. Su ejecución implica ejecutar una lista de actividades a ser ejecutas por los encargados de mantenimiento y así garantizar su ejecución. La supervisión permitirá el poderse asegura que los equipos operen en buenas condiciones de seguridad por el aumento en la confiabilidad de los equipos, tener información del estado y el nivel de funcionamiento. Así se reducirán los tiempos muertos). (Simón, 2017, p.7), señala que el mantenimiento se fundamente en en la ejecución de las actividades de mantenimiento en fechas determinadas a fin de prever fallas futuras. Como tal es un conjunto de procesos sistemáticos en las que se desarman los equipo y máquinas, después se revisa y se sustituye la pieza defectuosa que esta desgastada o caso contrario se arregla”.

Para (Dounce, 2014, p. 37), es el proceso de actividades indispensable para que un sistema permita seguir operando correctamente y no exista tiempos muertos por fallas Resumiendo, el mantenimiento preventivo garantiza el correcto desempeño de los equipos y que estos no tengan ninguna falla

Para ” (León, 2017, p.33). , el mantenimiento preventivo está conformado por una serie de actividades, controles constantes, cambios y mejoras vigiladas y encaminadas para evitar daños inesperados. Los elementos que lo configuran son:

- Disminuir la magnitud y continuidad de las fallas.
- Prevenir los tiempos muertos improductivos de las máquinas y equipos.

- Mejorar el sistema de los procesos producción.
- Conservar la protección de las, maquinarias, equipos e instalaciones en condiciones de productividad y resguardos adecuadas
- Estimar y potenciar la vida eficaz de la maquinaria, equipos e instalaciones.
- Aminorar los costes que devienen del mantenimiento, optimizando los recursos.

(Sosa, 2014, p. 31) señal que pese a que el mantenimiento para muchas organizaciones implica un gasto innecesario y poco útil, si se quiere lograr mejoras se lo debe ver como una inversión, pue tare beneficios como: la disponibilidad constante de los tangibles, conservar su imagen y funcionalidad al máximo, calidad en el producto final, evitar los tiempos inactivos, incrementar la vida productiva de los activos fijos o móviles y la rentabilidad que se ve reflejado con la disminución de los costos de mantenimiento, todo ello necesario para obtener ventajas competitivas que influyan en la gestión empresarial

Pero si explicamos que es plan de mantenimiento preventivo este debe diseñarse y ejecutarse con la finalidad de preservar las maquinas o equipos en perfectas condiciones posibles, segura, y efectiva.

Hoy en día las pérdidas generadas en la empresas se originan por no producir a su máxima envergadura, y esto es por consecuencia de no contar con un plan de mantenimiento preventivo lo que origina paradas y tiempos ocios y fallas de las la maquinas o equipos de forma inesperada ocasionado las daños muy elevados (Barco, 2017p.19)

El autor sostiene la relevancia del mantenimiento, considerando que el continuo uso de las máquinas y equipos padecen de deterioro por diversas causas, estas pueden reflejar en la siguiente Tabla.

Tabla 1. Clases de Causas Del Mantenimiento

HABITUAL	Causada por las vibraciones, presión en los instrumentos, fatiga de manejo de equipos temperatura, etc.
INUSUAL	causado por descuido negligente en los mantenimientos, el deficiente uso causando daños en las máquinas y equipos
FORTUITO	Causada por hechos difícil de manejar que pueden ser fenómenos meteorológicos, causas naturales, u otras fallas no programadas.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las dimensiones del mantenimiento preventivo, (Palmer, 2006 págs. 330-333) señala que un plan de mantenimiento preventivo involucra cuatro actividades”.

A.- tener el conocimiento la proporción porcentual de equipos y maquinas

Se posibilita así el medir el porcentaje de máquinas controlado por el plan de mantenimiento preventivo.

A= Porcentaje de máquinas que cuentan con plan de mantenimiento

Para Palmer (2006), mide la planificación y su indicador se fundamenta en el conjunto de máquinas a ser controlados y cubiertos por un plan, (p. 330). Su fórmula es:

$$A= MPM \times 100 \% TM$$

Donde: A= porcentaje de máquinas que cuentan con un plan de mantenimiento

MPM= Máquinas y equipos que cuentan con un plan de mantenimiento

TM= Total de máquinas Indicadores de conformidad Palmer (2006).

B: Lubricación; detalla el número de lubricaciones que se realizan sobre la cantidad de lubricaciones planificadas.

C: Inspecciones: Mide aquellas que se llevaron sobre el total de inspecciones planificadas.

D: Mantenimiento; relaciona el número de mantenimientos que se realizan sobre los mantenimientos planificados.

Se habla mucho acerca del aumento de la productividad, pero es algo en que no se tiene acuerdo en sus alcances. Para algunos es resultado de trabajar de forma más dura y por más horas. Otros la asocian con el retorno de la inversión en capital como la inversión en infraestructura o en educación. También se la equipara con el 'trabajo más inteligente', pero lo que esto implica muy raramente es definida (Gordon, Zhao, & Gretton, 2015).

Para Prokopenko (1989): “es el uso eficiente de recursos - trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información - en la producción de diversos bienes y servicios” (p. 3). Se la puede decir también como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos” (p. 3).

La productividad es muy importante en el logro del bienestar de las naciones y se relaciona con el incremento del PBI se ve influenciado por la mejora de la productividad lo que a su vez se releja en la mejora de la competitividad (Vega Rosales 2019). Se tienen diversos factores asociados con la mejora de la productividad y que se pueden clasificar como factores externos; aquellos que no pueden ser controlados por la empresa y los factores internos sobre los cuales la empresa tiene control.

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para (Hernández et al., (2010, p.120), responde a las interrogantes de la investigación y precisa lo que se va a hacer para lograr los objetivos, contesta las interrogantes propuestas analizando la contrastación de las hipótesis. Precisar de forma correcta el tipo de investigación influye en el desarrollo del estudio determinando el método, las técnicas de recolección y análisis de datos (Conde-Jiménez & Salvador Reyes-de Cózar, 2016, pg 3). La investigación tuvo las siguientes características:

Por su finalidad: Aplicada

Según Valderrama (2013), resuelven problemas por la aplicación de los fundamentos teóricos que sustentan la investigación. (p. 164). Se implementó el mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de las fajas transportadoras que trasladan la roca fosfórica extraída a la planta concentradora.

Por su nivel; Explicativa

Para (Sánchez et., al 2018) es aquella donde el investigador formula preguntas acerca de las causas que originan el problema buscando identificar relaciones de causa – efecto entre las variables. La investigación explicó el efecto de la variable independiente, el programa de mantenimiento preventivo sobre la variable la dependiente la productividad.

Por su enfoque: Cuantitativa

Para Ríos (2017), recolecta datos cuantificables midiendo los resultados y probando las hipótesis planteadas y analiza los resultados midiendo los cambios por la implementación desarrollada. Los cambios se analizaron por métodos estadísticos. Se levantaron los datos pre y post test de la productividad y se hizo la prueba de las hipótesis para comprobar los hallazgos por implementar el mantenimiento preventivo.

Por su diseño: pre experimental

Establecen algún tipo de asociación entre dos o más variable con una medición antes y después del tratamiento (pretest y posttest). Estos diseños tienen 3 pasos:

- Pre test: medición de la variable dependiente (pre test).
- Implementar la mejora mediante la variable independiente
- Evaluar la mejora efectuada en la variable dependiente (post test).

Por su alcance temporal: longitudinal

Para (Hernández et al 2014, p. 159), se recogen datos en diferentes tiempos observándose los cambios en la variable dependiente. La secuencia fue la siguiente:

G.E: O₁ – X – O₂

- ✓ G.E: Grupo de estudio evaluado
- ✓ O1: Medición pre – test de la variable dependiente
- ✓ X: Medición de la variable independiente
- ✓ O2: Medición post- test de la variable dependiente

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Mantenimiento Preventivo.

Definición Conceptual

"Son las actividades programada de inspecciones de funcionamiento, seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, lubricación, limpieza y calibración que deben llevarse conforme a un plan establecido. Busca prever las averías de los equipos o corregirlas a fin de que operen en óptimas." (Izar, 2017, p.393)

Dimensiones.

Tiempo medio de reparación

$$\text{Tiempo medio de reparación (MTTR)} = \frac{\text{(T.T.I)}}{\text{(T.D.F)}}$$

Dónde: T.T.I = Tiempo Total de Inactividad

T.D.F = Total Numero de Fallas

Indicadores:

$$\text{* Tiempo medio entre fallas (MTTF)} = \frac{\text{(T.T.F)}}{\text{(N.F)}}$$

Dónde: T.T.F = Tiempo Total de Funcionamiento

N.F = Número de Fallas

Variable dependiente: productividad

Es la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados en un intervalo de tiempo utilizado, también se puede decir la relación de horas programadas con horas usadas, Gutiérrez y De la Vara (2013, p.7).

Dimensiones:

Eficiencia: Es la relación entre el tiempo útil y tiempo total; esto es esto el resultado logrado respecto a la utilización de los recursos (Gutiérrez (2010, p.21).

$$\text{Eficiencia} = \text{(T.U / T.T)} * 100$$

Dónde:

T.U = Tiempo efectivo de funcionamiento

T.T = Tiempo total teórico de funcionamiento por jornada laboral

Eficacia: Es el grado en el que las actividades planificadas son concretadas y los resultados pronosticados son ejecutados ello con el fin de maximizar los resultados (Gutiérrez y De la Vara, 2013, p.7)

$$\text{Eficacia} = (\text{C.T.T} / \text{C.T.P}) * 100$$

Dónde:

C.C.T = Cantidad de toneladas transportadas

C.T.P = Cantidad teórica de toneladas proyectadas

La figura No xxxx esquematiza como actúa la variable independiente sobre la variable dependiente. La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo N° 10.

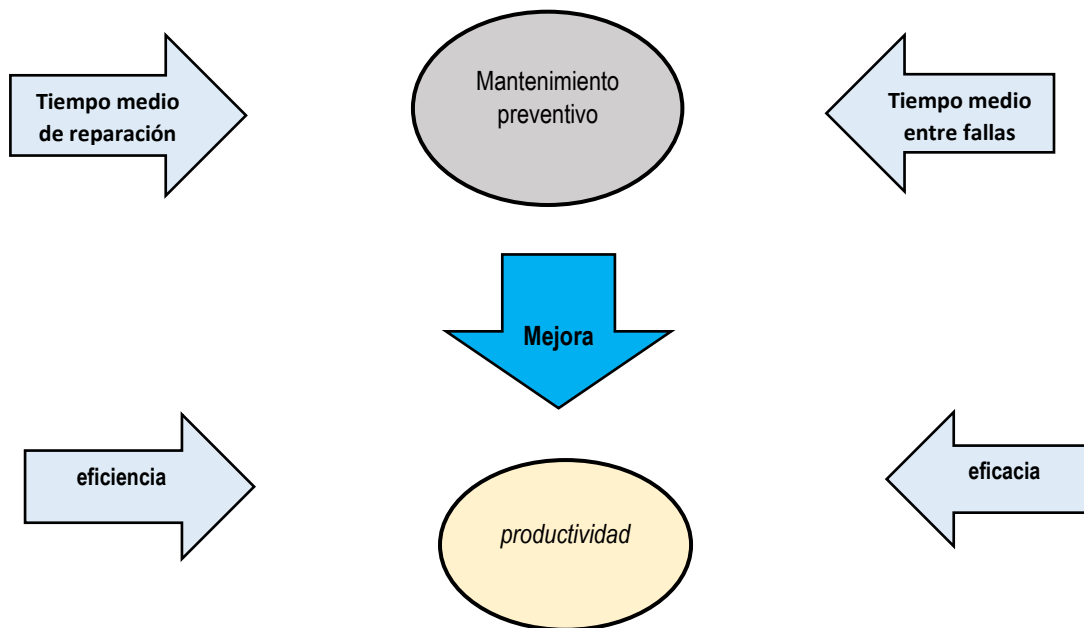


Figura 4. Actuación de la variable independiente sobre la variable dependiente
El anexo No 10 muestra el detalle de la matriz de operacionalización

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Unidad de análisis

Para Nel 2015, es el elemento que “aporte información sobre el fenómeno que se estudia” (p.95). En este caso son el peso (en toneladas) que transporta el sistema de fajas transportadoras a la planta concentradora

Población

Para Gorgas, Cardiel y Zamorano (2011, p.11), “son los elementos que comparten atributos comunes y son el objeto de estudio”. La población fue la información acerca de la cantidad de mineral transportados por el sistema de fajas a la planta concentradora de fosfatos.

Criterios de inclusión

Son las características que posee el sujeto u objeto de estudio y lo hacen parte de la investigación (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Novales,2016, p.5). En este caso ha sido la información las toneladas de material que trasladan a la planta el sistema de fajas transportadoras a la planta concentradora.

Criterios de exclusión

Son las características de los participantes que no los hacen elegibles para el estudio (Arias-Gómez, Villasís-Keever y Novales,2016, p.5). En ese caso al tenerse una operación continua de la planta concentradora no se estableció criterio de exclusión alguno.

Muestra

Para Hernández y Mendoza (2018), es un subconjunto de la población y tiene las mismas características de esta y son representativas de la población. (p. 196). La muestra fue la información del total mensual del material transportado para el periodo comprendido entre los meses de agosto – diciembre 2020 (pre test) y febrero – junio 2021 (post test).

Muestreo

Es la proporción representativa de la población a ser examinada para hacer estimaciones y análisis de estudio. En este caso al ser la población y la muestra similares no se aplicó muestreo pues se está trabajando con información de la productividad mensual y al ser la información total acumulada de 5 meses para el pre post test se consideró como no necesario muestreo alguno.

3.4.- Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Para (Yuni y Urbano, 2014, p. 29), permiten conseguir y levantar los datos e información válida y confiable para la investigación. Para la investigación se utilizó la observación mediante por el análisis documental de la información suministrada por el SAP versión 5 (Enterprise Resource Planning) del sistema de fajas de transporte

Instrumentos:

Para Hernández et al. (2014, p.199). son los recursos que se utilizan para registrar datos o información acerca de las variables que va a medir con ayuda de sus dimensiones. En la investigación se utilizaron: los formatos de registro de para recoger la información del MTBF, MTTR y eficiencia eficacia y productividad y las fichas de registro de datos de la información del SAP versión 5

Validez

La matriz de operacionalización fue validada por el juicio de expertos con docentes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo quienes evaluaron los indicadores de la matriz por su pertinencia, relevancia y claridad para medir las variables.

Tabla 2. Juicio de expertos

Asesor	Claridad	Pertinencia	Relevancia
Ing Lino Rodríguez Alegre	SI	SI	SI
Ing. Leonidas Benites Rodríguez	SI	SI	SI
Ing. José Zeña Ramos	SI	SI	SI

Confiabilidad

Valderrama, 2013, p.215, señala que viene a ser cuando los resultados del instrumento de medición se replican de forma sucesiva al ser aplicado consecutivamente. En este caso el sistema ERP de la organización, que es el SAP LOGON PAD 750 cuenta con la certificación ISO 27000 que se relacionan con establecer buenas prácticas en la implantación, mantenimiento y gestión del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI).

3.5. Procedimientos

Primera etapa: Identificación del problema recolección de datos

Con el Diagrama de Ishikawa (ver anexo 1) se identificó las causas que originaban el problema. Las herramientas de calidad como la matriz de correlación (anexo 2), la tabla de frecuencias acumuladas (anexo 3) y el diagrama de Pareto (anexo 4) identificaron las causas asociadas al problema. La matriz de estratificación (anexos 5 y 6) agrupo las causas identificando el área donde se concentraba las causas del problema. Para la alternativa de solución se estableció criterios para evaluarlas (anexo 7) y elegir la herramienta a emplear.

Segunda etapa: Recolección de datos iniciales u análisis de la información.

Con la matriz de operacionalización se registró la data pre test, para conocer el comportamiento de la productividad antes de implementar la mejora.

Tercera etapa: Implementación de la mejora y procesamiento de los datos.

Como resultado de implementar la mejora se levantaron los datos post test y con los análisis descriptivo e inferencial que probó las hipótesis se discutieron los hallazgos obteniéndose las conclusiones y las recomendaciones.

3.5.1. Propuesta de mejora

La empresa

Miski Mayo S.R.L. explota el yacimiento minero no metálico de fosfatos de Bayóvar ubicado al Sur de la bahía de Sechura, Departamento de Piura cuyos estudios de exploración se remontan a los años 50. PROINVERSIÓN, adjudicó el área “Bayovar 2 como concesión en el año 2005 por 27 años a la Compañía Vale do Río Doce (CVRD) a través de su subsidiaria Miski Mayo. El gráfico adjunto muestra los detalles del proyecto



Figura 5. Mapa de Mina en Bayovar

Fuente: Miski Mayo.

El grupo Vale do Río Doce del Brasil es de los conglomerados mineros más grandes del mundo con presencia en 35 países y es de los mayores productores de minerales ferrosos y pellets. Las reservas de Bayovar se estiman en 238 millones de toneladas de fosfatos los que son utilizados en la industria de fertilizantes como materia prima para el ácido fosfórico, fosfato monoamónico (MAP), fosfato di-amónico (DAP),

superfosfato triple (TSP) y superfosfato simple (SSP) que, con la urea, el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y el cloruro de potasio son fertilizantes usados en la agricultura.

Aspectos estratégicos de la organización

Misión

Transformar recursos naturales en prosperidad y desarrollo sostenible

Visión

Ser la empresa peruana líder en creación de valor, con excelencia, pasión por las personas y el planeta.

Cultura corporativa y valores:

Nuestras acciones se inspiran en nuestra cultura corporativa basada en una política de transparencia y ética teniendo como punto de partida nuestros valores corporativos, donde la seguridad, como primer valor, es alrededor del cual gira nuestra gestión.

Valores

La vida en primer lugar

Valorar a quien hace nuestra empresa

Cuidar nuestro planeta

Actuar de manera correcta

Crecer y evolucionar juntos

Hacer que suceda

Objetivos estratégicos

Se establecen acorde con la visión de la compañía. El gráfico 6 muestra como la organización crea valor satisfaciendo las expectativas de sus grupos de interés.

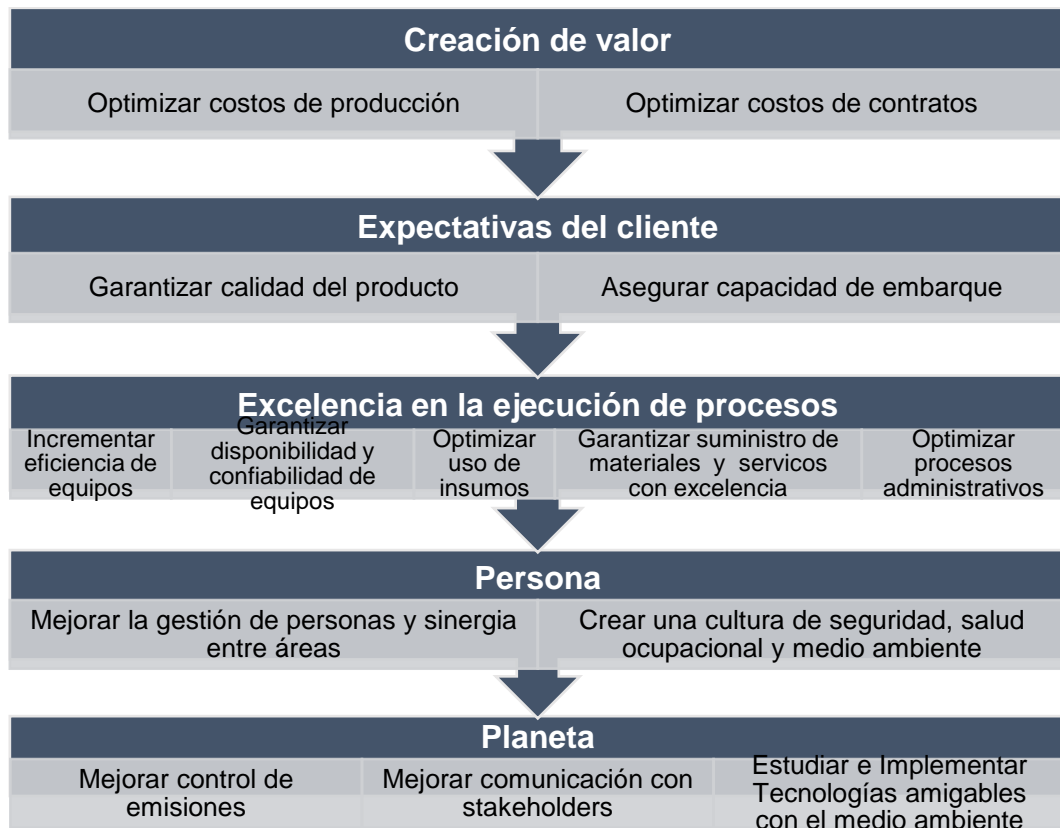


Figura 6. Objetivos estratégicos

Fuente: empresa Misky Mayo.

Alcance de las actividades operativas

- a) **Explotación a tajo abierto:** se hace con equipo convencional como palas hidráulicas, buldózer, cargadores frontales y camiones; no se requiere perforación y voladura.



Figura 7. Explotación a tajo abierto

- b) **Apilado del mineral:** El mineral extraído del tajo es depositado en la zona de apilado



Figura 8. Apilado del mineral

- c) **Transporte a la planta concentradora:** desde la zona de apilado por un sistema de tolvas de carga, alimentadores y fajas.



Figura 9. Transporte a la planta concentradora

Planta Concentradora: Produce en promedio 3,9 millones de toneladas por año de concentrados de fosfato con una humedad aproximada del 15% de humedad. El proceso de concentración consiste en sucesivas etapas de lavado y separaciones gravimétricas con agua de mar

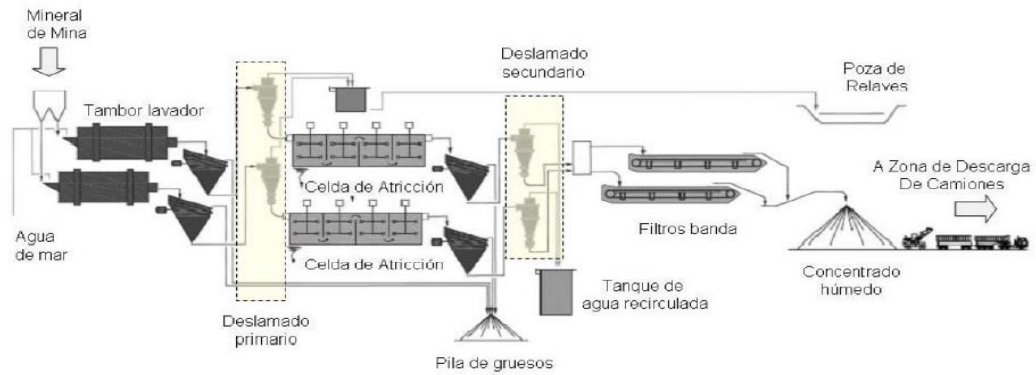


Figura 10. Planta Concentradora:

Transporte a zona de descarga de camiones: involucra el transporte del concentrado húmedo desde la planta concentradora mediante camiones de 70 t. Este se realiza a través de una carretera Industrial de 31,20 km con un ancho total 11 m y de doble vía, de uso exclusivo hasta la zona de descarga. De allí el concentrado es enviado a la zona de secado y almacenamiento mediante una faja transportadora cubierta



Figura 11. Transporte a zona de descarga de camiones

- d) **Planta de secado y silo de almacenamiento.** El concentrado es secado mediante dos secadores rotatorios hasta una humedad promedio de 3% en el concentrado. Luego es enviado por una faja transportadora cubierta al silo de almacenamiento.



Figura 12. Planta de secado y silo de almacenamiento.

- e) **Embarque del concentrado:** Se efectúa mediante una faja tubular cerrada hasta el área del puerto y se embarca para su exportación.

Detalles de las características técnicas de la faja transportadora

El sistema de transporte de mineral lo forman una serie de elementos que cada uno tienen una función determinada y está compuesto por correas transportadoras, polines, sistema motriz, sistema poleas y una estructura. Las fajas transportadoras están involucradas en diversas actividades de las tareas operativas desde la extracción de la roca fosfórica, su transporte a la planta concentradora, a la planta de secado y el embarque desde los silos de almacenamiento. La propuesta de mejora se circunscribe al sistema de fajas que transporta el material a la planta concentradora cuyas características técnicas de diseño se muestran en la tabla adjunta.

Tabla 3. Detalles de la faja transportadora de planta concentradora

DATOS TÉCNICOS		
LARGO HORIZONTAL	mm	1967250
ELEVACIÓN	mm	36171
CAPACIDAD NOMINAL	t/h	2254
CAPACIDAD DE PROYECTO	t/h	2254
ANCHO DE LA FAJA	mm	1200
VELOCIDAD DE LA FAJA	m/s	3,72
MATERIAL A TRANSPORTAR		MINERAL DE FOSFATO
PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL	t/m ³	1,36
GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL	mm	250 MAX. (4%)
ÁNGULO DE ACOMODACIÓN/REPOSO DEL MATERIAL	(°)	15/33
HUMEDAD	%	32
POTENCIA EFECTIVA = 638 KW		
MOTOR - WEG - 2x368 KW - 6 POLOS - 4160 V - 60HZ - IPW-55 - 1182 RPM - CARCAZA HGF-6806/07/08T		
REDUCTOR SEW 2x ML2PSF100E - REDUCCION 1:21,30		
FAJA - MERCURIO ST-1800 - REVEST. EAS 10x6 - LARGO = 3960m (SIN ADICIONAL DE ENMIENDA)		
ACOPLAMIENTO DE ALTA	2x	SND 230 (VULKAN)
ACOPLAMIENTO DE BAJA	2x	BND 600 (VULKAN)
ANTI RETROCESO (EJE BAJA ROTACION)	1x	261 12" - N2P (VULKAN)
FRENO (EJE DE ALTA ROTACION)	2x	4HM - DISCO ø 495x30 (SIME)

Fuente: empresa Misky Mayo

Data pre test

Variable dependiente: Mantenimiento preventivo

La tabla No 2 recoge la información de las dimensiones de la variable independiente de la faja TR 1090 que alimenta el material de roca fosfórica extraído del tajo abierto a la planta concentradora. La información es el consolidado mensual elaborado con la información proveniente del sistema ERP – SAP LOGON PAD 750 de gestión para la disponibilidad de la

faja TR 1090. Debemos señalar que por la característica de la planta esta ópera de modo continuo durante las 24 horas del día.

Tabla 4. Data disponibilidad faja transportadora.

	Disponibilidad pre test			
	Disponibilidad (DF)			
	$\frac{24 \text{ hrs/día} * \# \text{ días} - \text{hrs mant correct} - \text{hrs mant prev}}{\# \text{ días} * 24 \text{ hrs/día}}$			
Concepto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Periodo mensual	Ag 21 – sep 20	Sept 21 –oct 20	Oct 21 –Nov 20	Nov 21 – dec 20
Número de días (por mes)	30	31	30	31
Total de horas de operación (mes)	651	697.5	654.9	695
Horas operativas por día en el periodo del mes	21.7	22.5	21.83	22.42
cantidad fallas	1	1	2	3
tiempo mantenimiento correctivo (hrs)	0.8	1.1	2.3	1.2
Horas mantenimiento preventivo	36	27	26	0
Disponibilidad (DF) $\frac{24 \text{ hrs/día} * \# \text{ días} - \text{hrs mant correct} - \text{hrs mant prev}}{\# \text{ días} * 24 \text{ hrs/día}}$	94.9%	96.2%	96.1%	99.8%
tiempo medio entre fallas (MTBF) (hr) = (T.T.F) /N.F	651	699	328	232
tiempo medio de reparación MTTR (h) = TTI/TDF	0.8	1.1	1.2	0.4

Fuente: elaboración propia.

De la información mostrada tenemos que la disponibilidad promedio de la faja TR 1090 está en el orden del 96.75% para el periodo de análisis y aun cuando se puede ver como una disponibilidad óptima por los volúmenes de material que se maneja y los costos operativos que representa; el incrementar la disponibilidad en un 1% a 2 % adicionales en términos del promedio representan mejoras significativas. En el anexo No 11 se resume el detalle de la información referida a los indicadores de desempeño de la faja transportadora TR 1090 del año 2020

Variable dependiente productividad pre test

Tabla 5. Data productividad pre test

		Información de productividad							
		Periodo Agosto – diciembre 2020 Capacidad teórica de las fajas 1000 Tm x hora Horas de operación por turno: 12 horas							
Concepto	mes 1 Ag 21 – sep 20		mes 2 sept 21 – oct 20		mes 3 Oct 21 – Nov 20		mes 4 Nov 21 – dec 20		
eficiencia	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	indicador		
Tiempo útil (hrs)	651	0.90	697.5	0.94	654.9	0.91	695.00	0.93	
Tiempo total (hrs)	720		744		720		744		
eficacia	mes 1 Ag 21 – sep 20		mes 2 sept 21 – oct 20		mes 3 Oct 21 – Nov 20		mes 4 Nov 21 – dec 20		
	datos	Indicador	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	
T.M ejecutadas	997 679	0.87	1 020 789	0.86	1 045 789	0.91	1 097 450	0.92	
T.M teóricas proyectadas	1 152 000		1 190 400		1 152 000		1 190 400		
productividad	mes 1 Ag 21 – sep 20		mes 2 sept 21 – oct 20		mes 3 Oct 21 – Nov 20		mes 4 Nov 21 – dec 20		
	datos	Indicador	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	
eficiencia	0.90	78.3%	0.94	80.6%	0.91	82.81%	0.93	85.	
eficacia	0.87		0.86		0.91		0.92		56%

Fuente: elaboración propia.

La tabla No 3 recoge el resumen de la productividad y sus componentes de eficiencia y eficacia para los periodos agosto – diciembre que ha sido parte de la evaluación pre test.

Propuesta de mejora

Como se ha señalado, con las herramientas de calidad (anexo 1) se establecieron las causas involucradas en el problema identificado. Estas se relacionaban con aspectos atribuibles desgastes de diversos elementos de la faja transportadora como chumaceras, engranajes, motores reductores, rodillos, polines, alineamiento de templadores, cambio de grapas; entre otros siendo, después de la evaluación en la matriz de alternativas de solución se identificó al mantenimiento preventivo como la más adecuada para solucionar el problema atendiendo a criterios de costo, facilidad


de implementación, y el tiempo que tomaba echarla a andar la solución propuesta (anexo 1)

Las paradas de los equipos de la planta concentradora generan impacto en los costos. Las consecuencias derivadas por la ocurrencia de estos eventos son la baja confiabilidad de la planta y una menor producción de concentrado. El Sistema de control, supervisión y de adquisición de datos (SCADA VERSIÓN PC 7) brinda información de la operatividad a los sistemas de monitoreo y supervisión mediante sus componentes de hardware y software, así como la información para la programación de las actividades de mantenimiento.

Por las características de las actividades operativas se necesita que las actividades de mantenimiento sean confiables y a mantener la producción, sin embargo, aun cuando se realiza el mantenimiento de los equipos, frecuentemente se evidencian actividades de mantenimiento correctivo o de emergencia en las fajas generando paradas en la planta concentradora.

Se optó por el mantenimiento preventivo pues este contribuyó no solo al incremento de la productividad, sino que, además, sentó las bases para el mantenimiento autónomo; además, permitió generar la planificación preventiva. La tabla 4 del diagrama de Gantt recoge detalles de las actividades del mantenimiento preventivo como parte de la propuesta de mejora implementada.

Tabla 6. Diagrama de Gantt – actividades propuestas de mejora

		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS FAJAS TRANSPORTADORAS																											
ÍTEM	ACTIVIDADES	ACTIVIDADES A REALIZARCE																								OBSERVACIONES			
		enero				febrero				marzo				abril					mayo				junio						
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	COMPROMISOS / SEMANA																												
2	Recolección de la DATA PRE-TEST																												
3	Situación actual de la empresa																												
4	Identificación del área a mejorar																												
5	PLANIFICACION DEL MANT PREVENTIVO																												
6	PREPARACION																												
	Auditoría del desempeño de las fajas transportadoras																												
	Identificación causa raíz de los problemas identificados																												
7	Ejecución de las actividades de mantenimiento priorizadas																												
8	Elaborar procedimientos de mantenimiento mecánico de fajas transportadoras																												
9	Identificar las actividades de mantenimiento																												
10	Acciones de prevención de riesgos																												
11	Estándares a considerar para la prevención de riesgos y gestión ambiental																												
12	Elaboración del Plan de mantenimiento preventivo																												
13	Actividades para el fortalecimiento del plan de mantenimiento preventivo																												
14	Mejoras orientadas																												
15	Formación y capacitación																												
16	Programa de un mantenimiento autónomo																												
17	Programa de un mantenimiento planificado																												
18	Resultados del plan de mejorar (Data POS - TEST)																												
	NOMBRE ELABORADO	NOMBRE												NOMBRE															
		JEFE DEL ÁREA MANTENIMIENTO												SUPERVISOR GENERAL															

Implementación de la propuesta de mejora

La figura N° 7 muestra la estrategia a seguir en el despliegue de las actividades del programa de mejora.

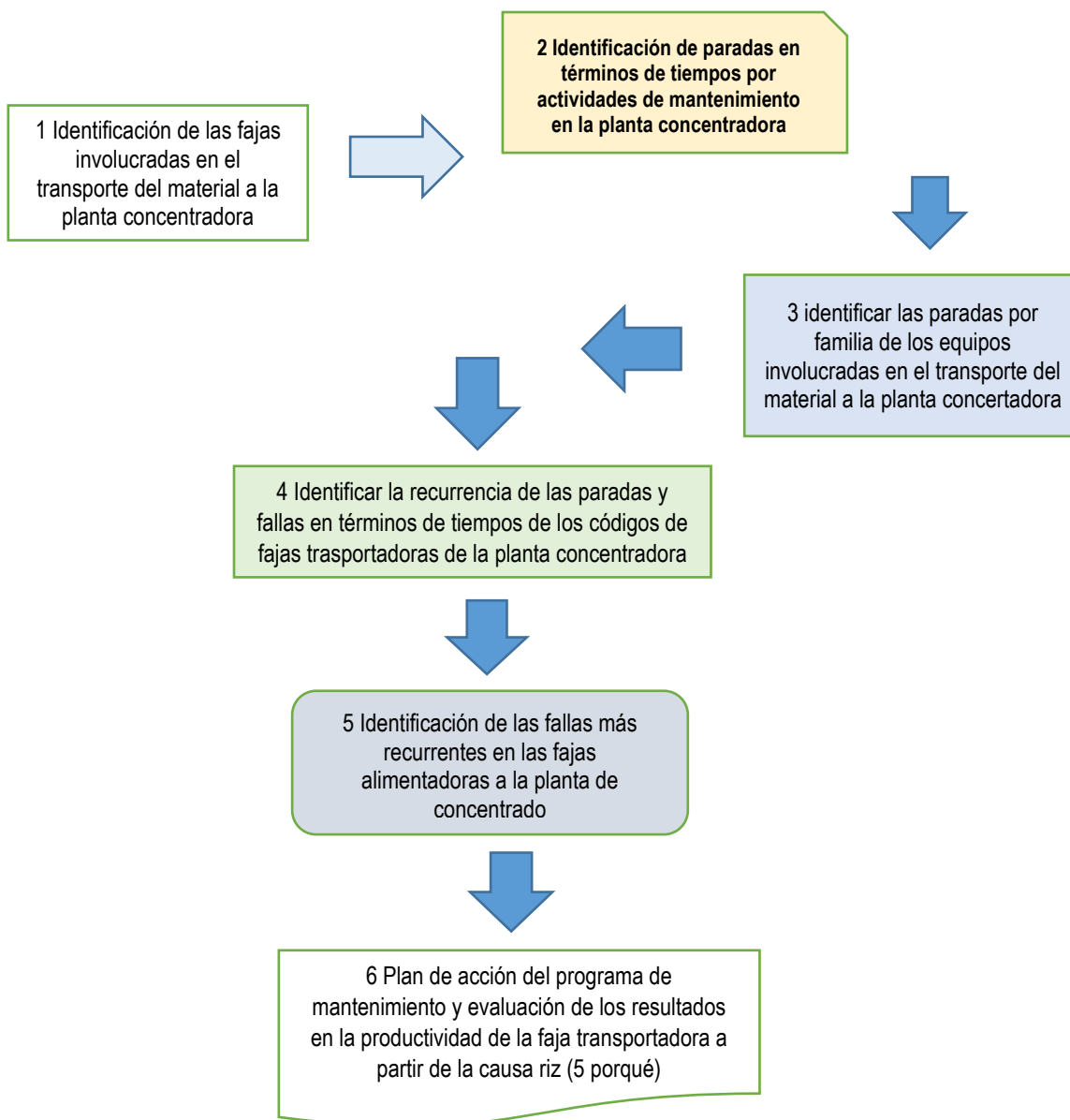


Figura 13. Estrategia en el despliegue de la propuesta de mejora

I.- Identificación de las fajas en el transporte de material a la planta concentradora

La tabla adjunta muestra los detalles de las diversas fajas involucradas en la alimentación del material a la planta concentradora de fosfatos y sus características técnicas.

Tabla 7. Fajas transportadoras planta concentradora

FAJAS TRANSPORTADORAS DE LA PLANTA CONCENTRADORA				
UBICACIÓN	TAG	EQUIPO	TIPO DE BANDA	ANCHO DE BANDA
PLANTA	AL 1090-01	Alimentación a la faja overland TR-1090-01	NN 1800 LONAS: 6 REVEST: EAS 12X5	1800 mm
PLANTA	AL 1090-02	Alimentación a la faja overland TR-1090-01	NN 1800 LONAS: 6 REVEST: EAS 12X5	1800 mm
PLANTA	AL 1090-03	Alimentación a la faja overland TR-1090-01	NN 1800 LONAS: 6 REVEST: EAS 12X5	1800 mm
PLANTA	TR 1090-01	Faja Transportadora Overland: Transporte mineral a planta	ST 1800 LONAS: 1 REVEST: EAS 10X6	1200 mm
PLANTA	TR 1090-02	Faja Transportadora: Transporte mineral a silo SI-2020-01	PN 4000 LONAS 3 REVEST: EAS 10 X6	1200 mm
PLANTA	AL 2020-01	Alimentador de Faja: Descarga de silo SI-2020-01 - línea 1	EP 2000 TELAS: 5 CUBIERTA RMA 1 (10X6)	1800 mm
PLANTA	AL 2020-02	Alimentador de Faja: Descarga de silo SI-2020-01 - línea 2	EP 2000 TELAS: 5 CUBIERTA RMA 1 (10X6)	1800 mm
PLANTA	TR-2020-01	Faja Transportadora: Alimentación tambor lavador línea 1	EP 800 TELAS: 3 CUBIERTA RMA 1 (6X3)	1200 mm
PLANTA	TR-2020-02	Faja Transportadora: Alimentación tambor lavador línea 2	EP 800 TELAS: 3 CUBIERTA RMA 1 (6X3)	1200 mm
PLANTA	TR-2020-03	Faja Transportadora receptora de rechazo zaranda línea 1	EP 250/2 CUBIERTAS 10/3	600 mm
PLANTA	TR-2020-04	Faja Transportadora: Faja de traspaso rechazo zaranda línea 1	EP 250 TELAS: 2 CUBIERTA: RMA1 (10 X6)	600 mm
PLANTA	TR-2020-05	Faja Transportadora: Faja receptora de rechazo zaranda línea 2	EP 250/2 CUBIERTAS 10/3	600 mm
PLANTA	TR-2020-06	Faja Transportadora: Faja de traspaso rechazo zaranda línea 2	EP 250 TELAS: 2 CUBIERTA: RMA1 (10 X6)	600 mm
PLANTA	TR 2020-07	Faja Transportadora: Transporte de rechazo a botadero	PN 3000 LONAS:3 REVEST: EAS 6X4	800 mm
PLANTA	TR 2030-01	Faja Transportadora: Receptora <i>cake</i>	EP 800 TELAS: 3 CUBIERTA RMA 1 (10X6)	800 mm
PLANTA	TR 2030-03	Faja Transportadora: Silo de concentrado descarga camiones	EP 630 TELAS: 3 CUBIERTA: RMA1 (10 X6)	800 mm
PLANTA	TR-2020-06	Faja Transportadora: Faja de traspaso rechazo zaranda línea 2	EP 250 TELAS: 2 CUBIERTA: RMA1 (10 X6)	600 mm
PLANTA	TR 2020-07	Faja Transportadora: Transporte de rechazo a botadero	PN 3000 LONAS:3 REVEST: EAS 6X4	800 mm
PLANTA	TR 2030-01	Faja Transportadora receptora <i>cake</i>	EP 800 TELAS: 3 CUBIERTA RMA 1 (10X6)	800 mm
PLANTA	TR 2030-03	Faja Transportadora: Silo de concentrado descarga camiones	EP 630 TELAS: 3 CUBIERTA: RMA1 (10 X6)	800 mm

Como se aprecia son diversas las fajas involucradas en el transporte del material a la planta concentradora, independientemente de otros tipos de fajas en la zona de secado, almacenaje y transporte para la carga en el muelle.

II.- Paradas de la planta concentradora por mantenimiento en términos de tiempo

Tomando los alcances de la mejora continua, el análisis se focalizó en las paradas por fallas en las fajas de transporte a la planta concentradora tomando como referencia los datos de los meses de mayo, junio y julio del 2020. El reporte del sistema de gestión SAP evidenció 234 paradas menores a 20 minutos por mantenimiento correctivo que representaban el 63% del total de fallas, 68 paradas mayores a 60 minutos, 48 en el rango entre 20 a 0 minutos y 22 paradas en el rango entre 40 a 60 minutos. Tenemos que las paradas menores a 20 minutos eran las más predominantes.

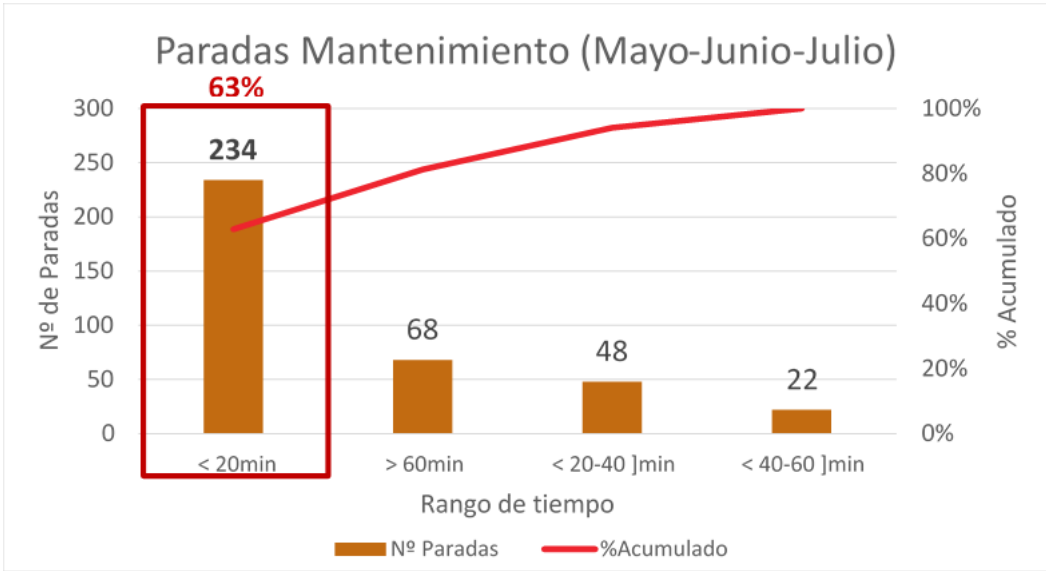


Figura 14. Paradas por mantenimiento

III.- Identificación de las paradas por familias de equipos

El gráfico No 8 muestra las familias de equipos a los que se imputó estas paradas. Se identificó que 79 de las paradas menores a 20 minutos se relacionaban con las fajas transportadoras de la planta concentradora

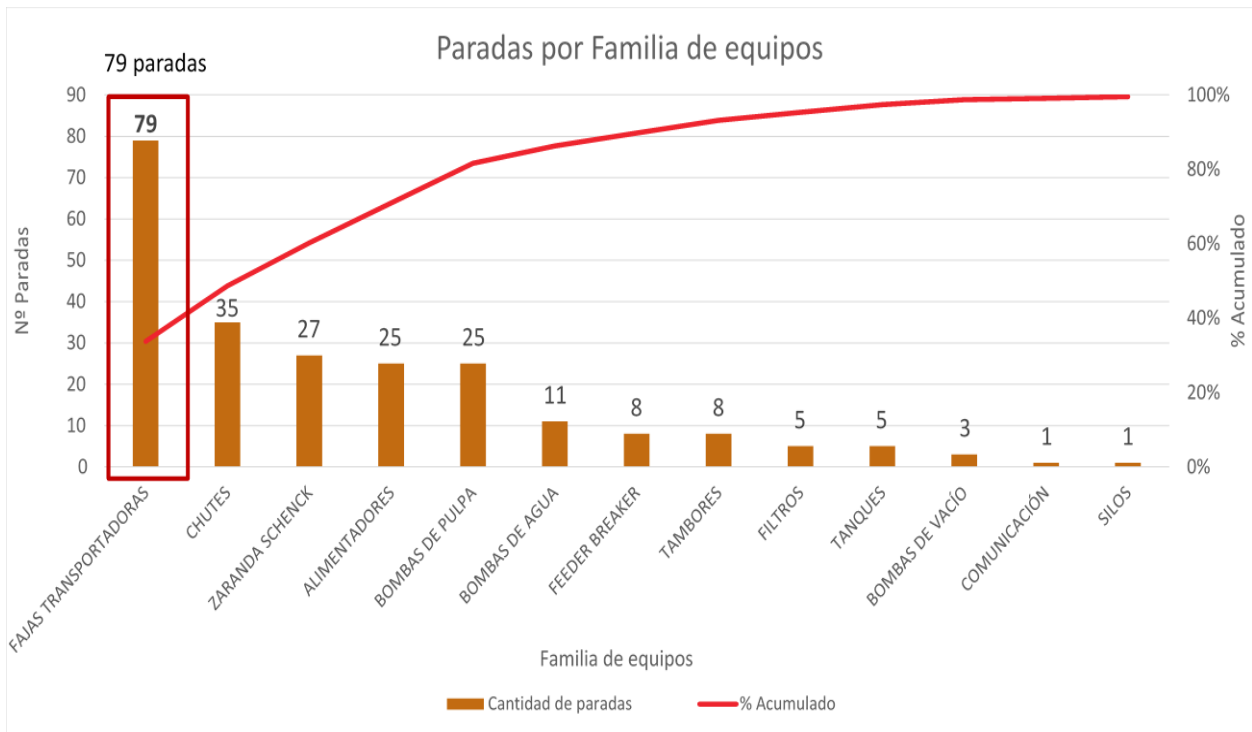


Figura 15. Pareto de Cantidad de Paradas por Familia de Equipos

IV.- Identificación de las paradas por código de faja transportadora

Para complementar el análisis se hizo un análisis de las fajas con el mayor número de paradas; encontrándose que el 89%; de las 70 paradas identificadas correspondían a los códigos TR 1090-02, TR 1090-01 y TR 2020-03. (figura No 8)

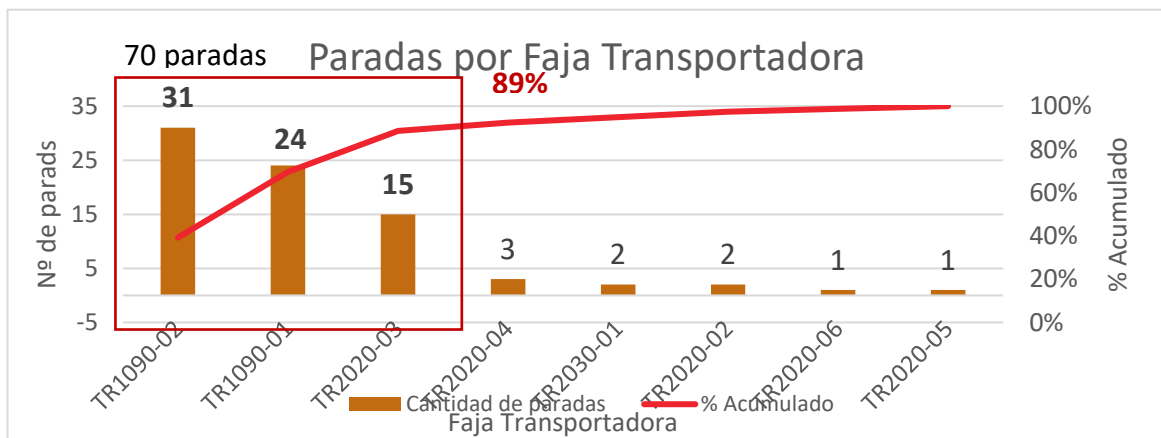


Figura 16. Cantidad de Paradas por Faja Transportadora

V.- Identificación de las fallas más recurrentes:

Respecto a los tipos de fallas más frecuentes por tipo de faja tenemos los siguiente:

Faja TR 1090 - 02

De un total de 20 fallas, el 61% estaban asociados con el carro móvil y el alineamiento seguido por rasgaduras en las fajas, fallas en los polines, entre otras

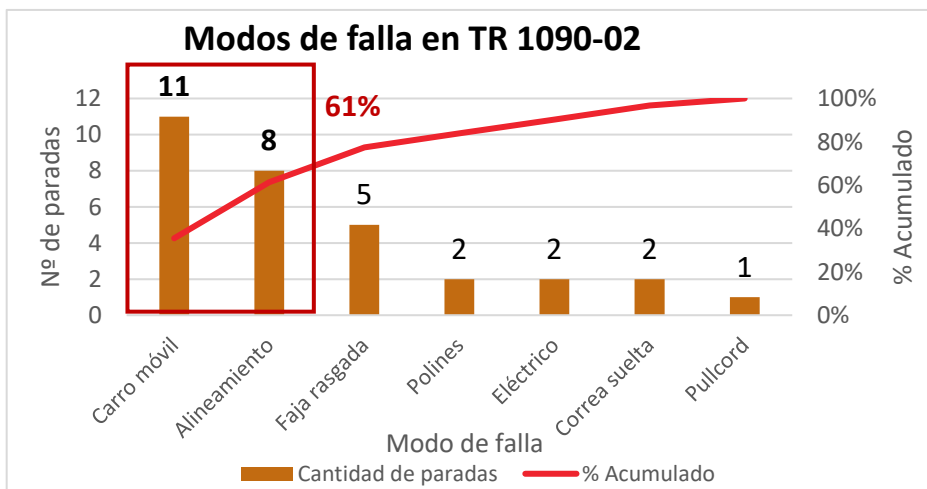


Figura 17. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 1090-02

Faja TR 1090 - 01

Las fallas más frecuentes estuvieron asociadas con los polines y los rasgados en la faja.

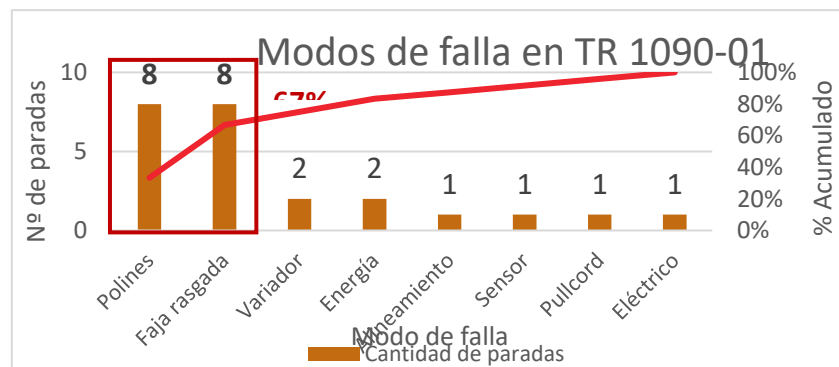


Figura 18. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 1090-01

Faja TR 2020 - 03

Finalmente, en la faja TR 1090-01 las fallas más frecuentes fue el alineamiento

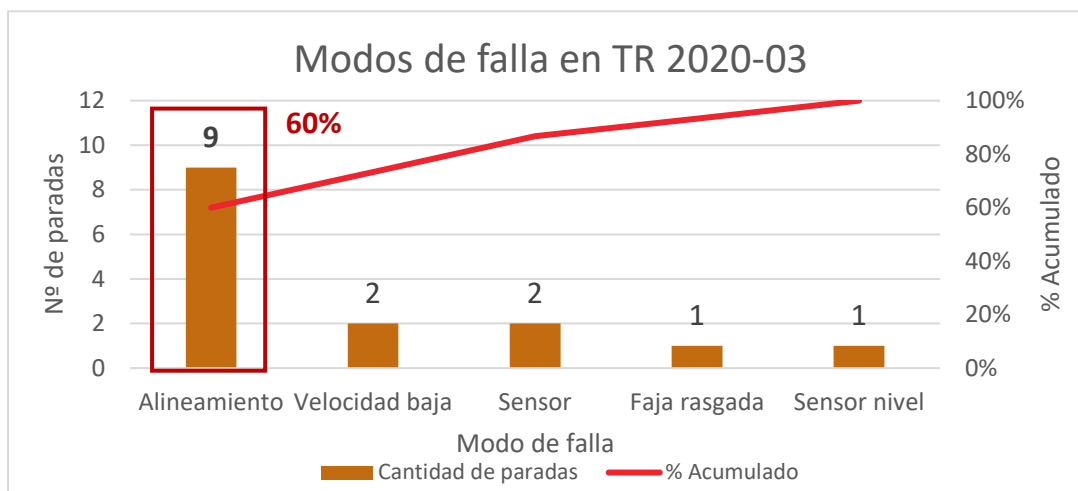


Figura 20. Cantidad de Paradas por cada modo de falla de la Faja TR 2020-03.

La tabla adjunta muestra el consolidado de las principales fallas identificadas en las que se puso prioridad las activadas del programa de mantenimiento preventivo

Tabla 8. Modos de falla que generan mayor cantidad de paradas.

FAJA TRANSPORTADORA	MODO DE FALLA	CANTIDAD DE PARADAS
TR 1090-02	Carro móvil	11
	Alineamiento	8
TR 1090-01	Polines	8
	Faja rasgada	8
TR 2020-03	Alineamiento	9
Total de fallas		44

Así, se estableció la prioridad de los equipos y se identificó las fallas donde se debía concretar las actividades de mantenimiento, estableciéndose metas a lograr como parte de la propuesta de mejora; esto es reducir, al menos, el 50% del total de las fallas identificadas proveniente de la información del periodo de mayo, junio, julio del 2020

VI.- Plan de acción de Identificación de la causa raíz de los problemas identificados

El análisis se realizó mediante la herramienta de los 5 por qué y el apoyo de un equipo conformado por el instrumentista, electricista, mecánico, supervisor de guardia y personal de operaciones con lo que se identificó la causa raíz de cada problema. La técnica de los 5 porqués consiste en realizar preguntas para explorar las relaciones causa-efecto que dan origen a un problema en particular. El gráfico adjunto muestra la secuencia de los 5 porqué para el caso de los diferentes elementos y partes críticas involucradas en las paradas y que fueron analizadas.

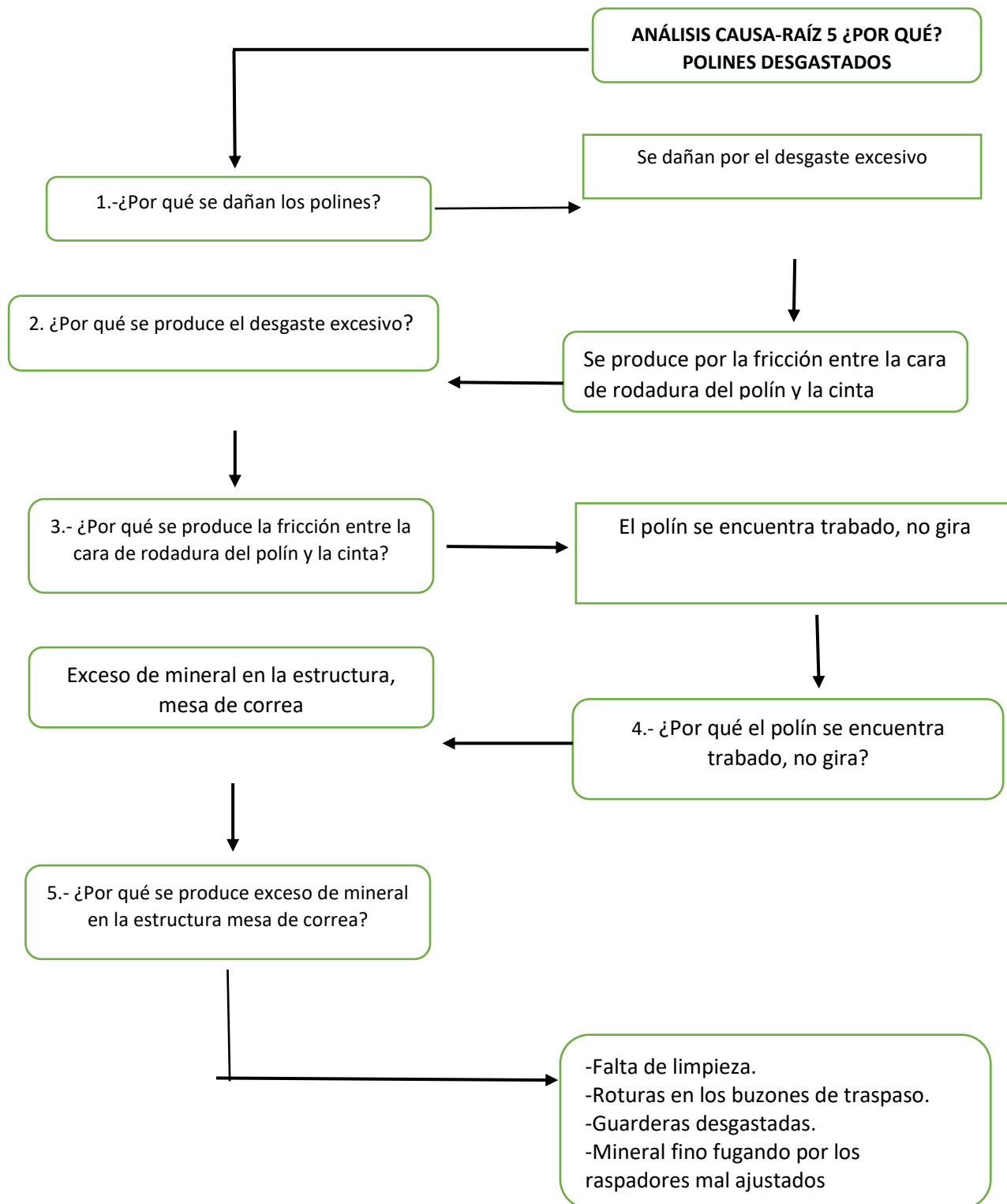


Figura 21. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas en los polines

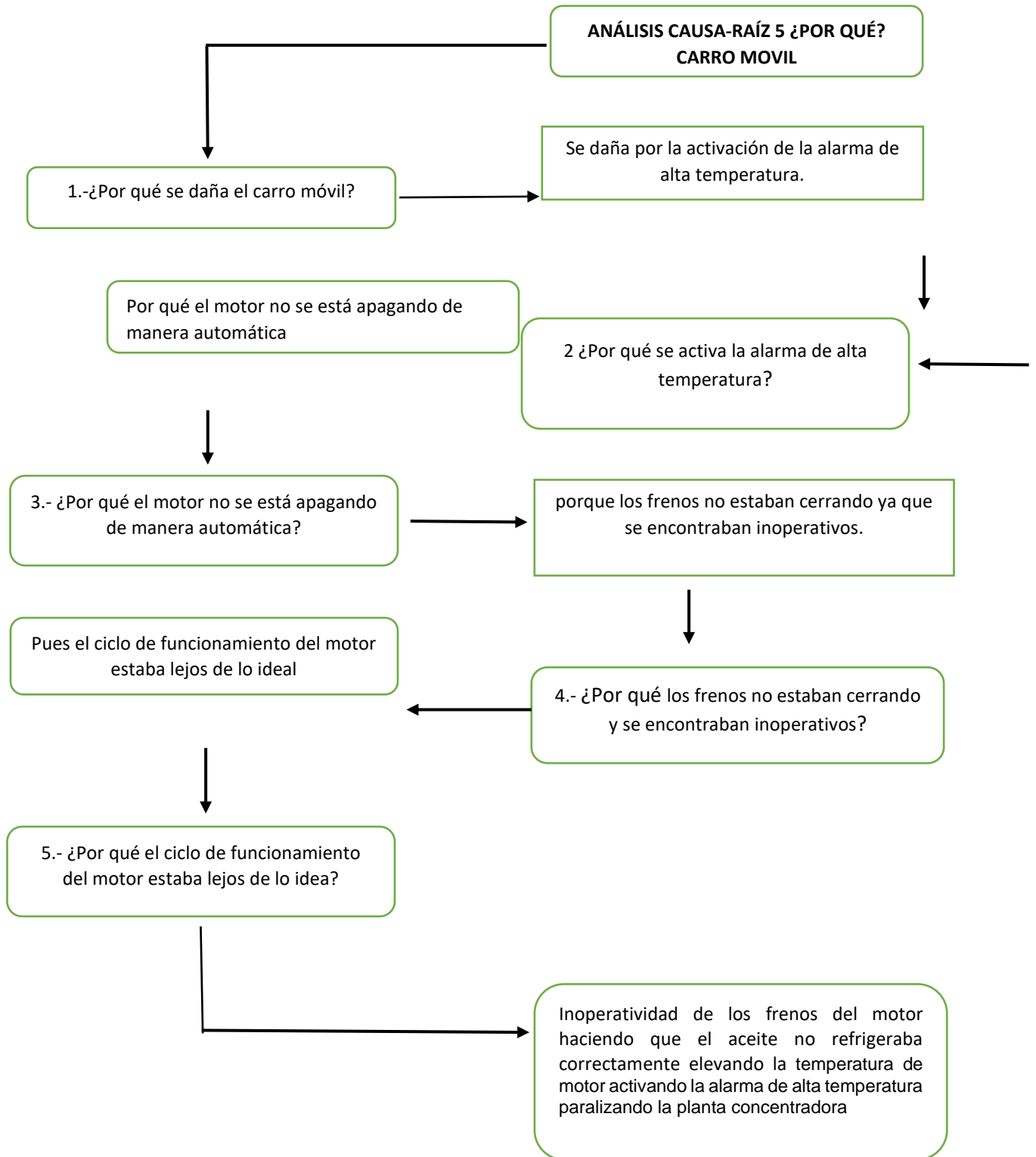


Figura 22. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas del carro móvil

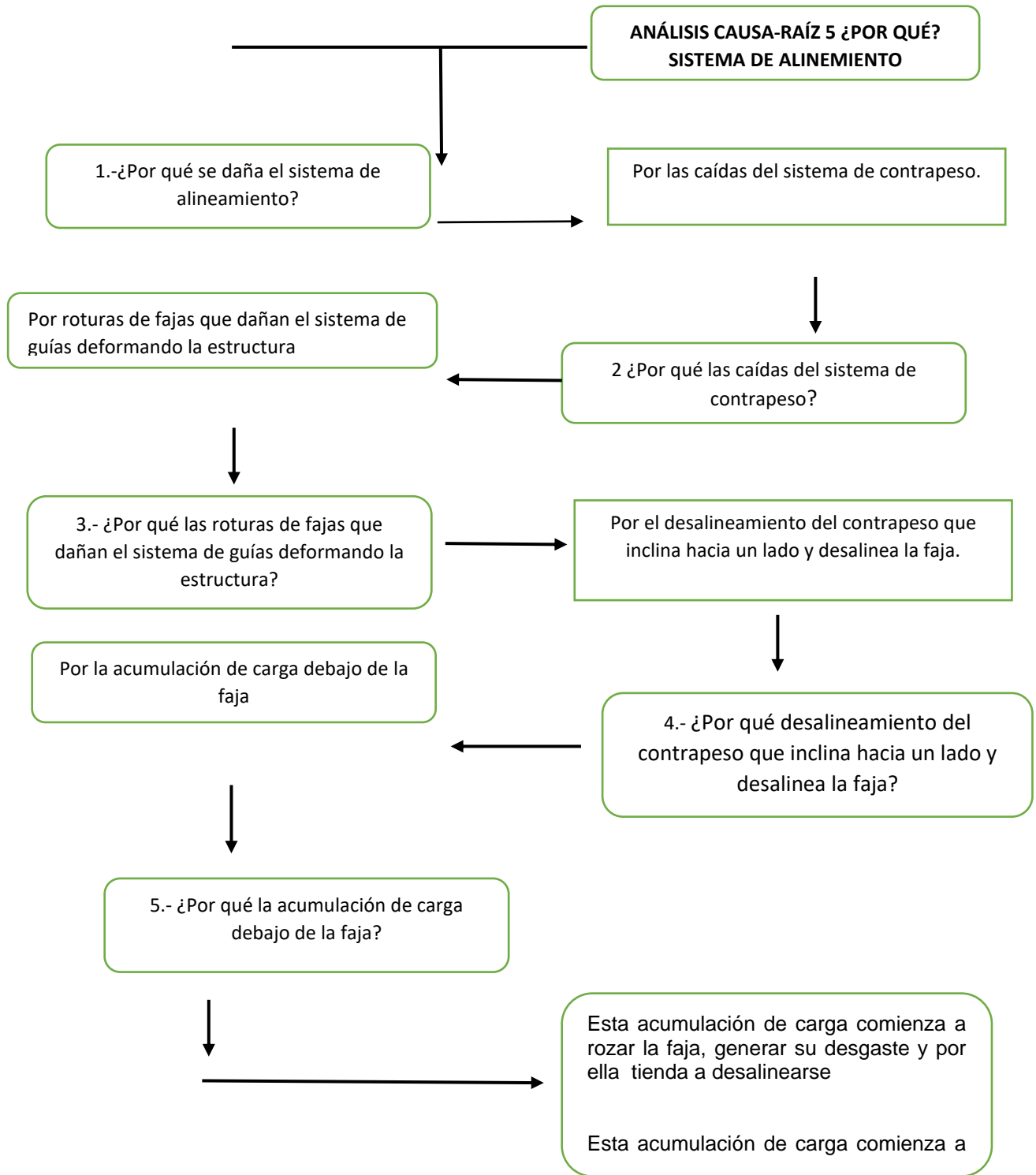


Figura 23. 5 porque para identificar la causa raíz de las fallas del sistema de alineamiento

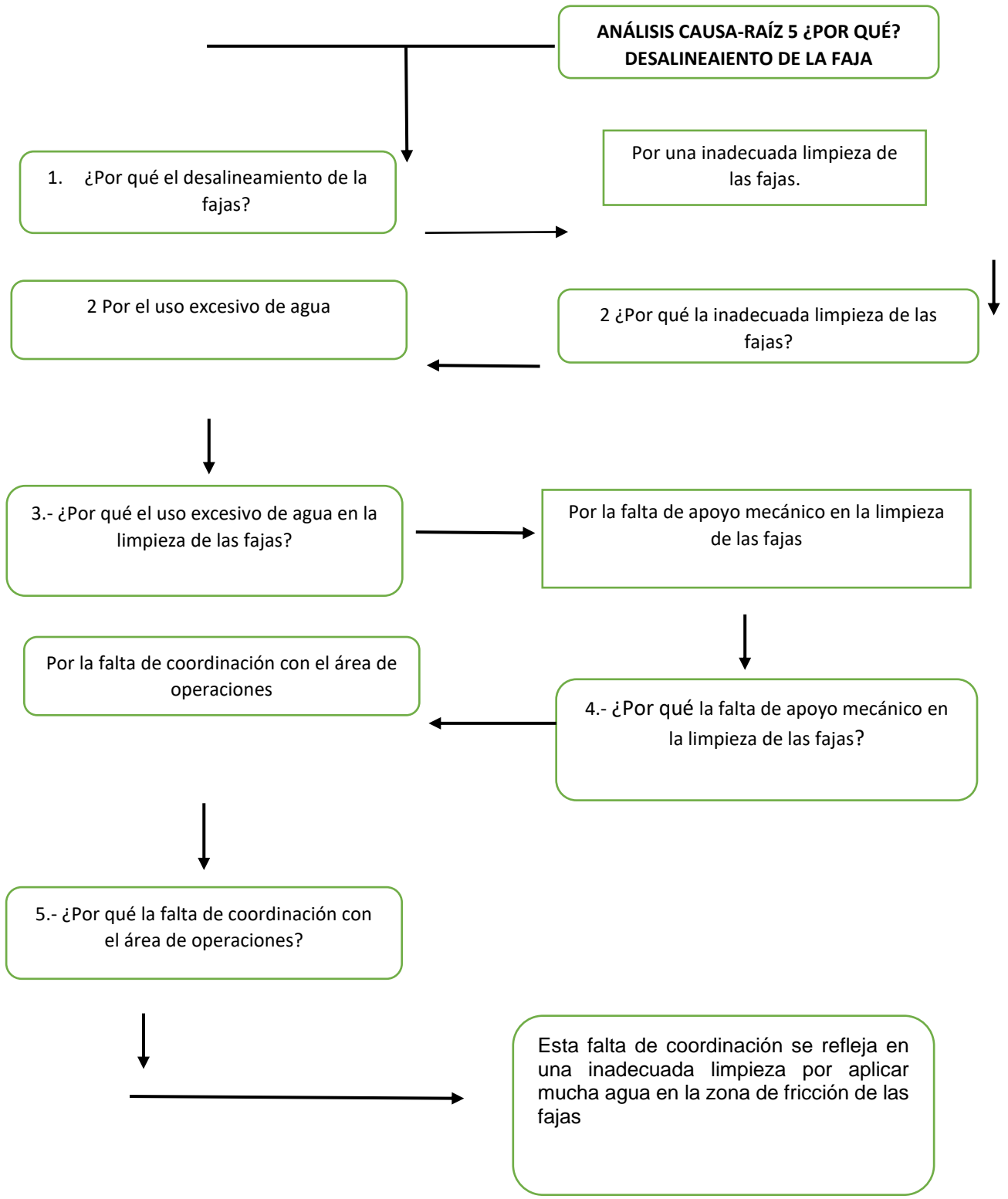


Figura 24. 5 porque para identificar la causa raíz del desalineamiento de las fajas

A partir del análisis anterior, se identificaron las causas de las paradas por las averías identificadas

Carro móvil (TR 1090-02)

Es el modo de falla con mayor cantidad de eventos durante el periodo de análisis. Las paradas ocurrían por la activación de la alarma de alta temperatura.

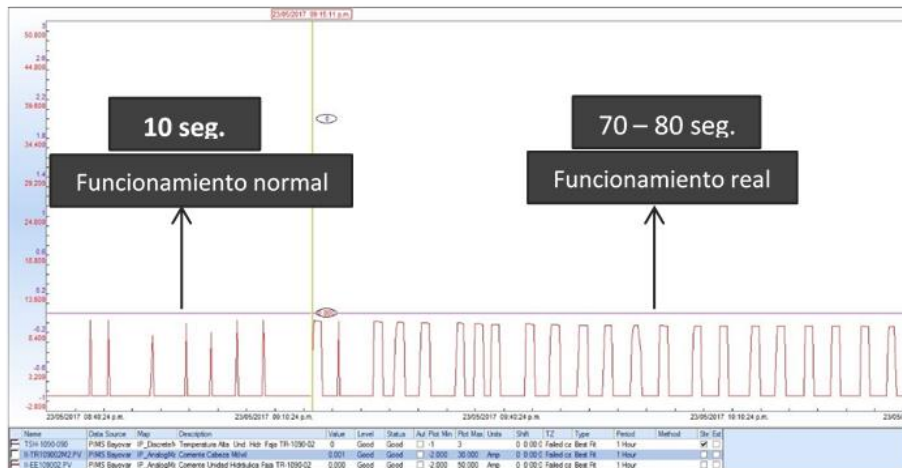


Figura 25. Carro móvil

El carro móvil cuenta con un motor de la unidad hidráulica, el cual tiene un ciclo de funcionamiento de 10 segundos bajo condiciones normales; sin embargo, se encontraba funcionando muy por encima de lo normal tal como se aprecia en la Figura 25.

Investigando la razón por la que el motor no funcionaba debidamente, se encontró que no se estaba apagando de manera automática como debería ser. En condiciones

normales el motor se apaga automáticamente cuando un sensor detecta que el freno está cerrado, pero esto no ocurría; y no por falla del sensor sino porque realmente los frenos no estaban cerrando ya que se encontraban inoperativos. Por ello el ciclo de funcionamiento del motor estaba lejos de lo ideal, haciendo que el aceite no refrigerara correctamente y por tanto eleve su temperatura. Esto activaba la alarma de alta temperatura que hacía parar la Planta Concentradora.

Alineamiento (TR 1090-02)

Las caídas del sistema de contrapeso por la rotura de faja dañan el sistema de guías deformando la estructura. Al desalinearse el contrapeso este se inclina hacia un lado y desalinea la faja. Adicionalmente, la acumulación de carga debajo de la faja, hace que esta comience a rozarla, se desgaste y tienda a desalinearse.

Polines (TR 1090-01)

Los polines desgastados pueden dañar la faja y se producen por la falta de limpieza, la roturas en los buzones de traspaso., las guarderas desgastadas o el mineral fino fugando por los raspadores mal ajustados. El cambio de estos normalmente dura más de veinte minutos, pero se aprovecha el tiempo en el que los silos se encuentran llenos para detener la faja y cambiarlos; de esta manera se busca evitar parar la Planta por realizar este trabajo. Sin embargo; si el cambio de polines dura más de 25 minutos en promedio, los silos casi no tendrán carga y se tendría que parar la producción.



Figura 26. Polines

Desalineamiento (TR 2020-03)

Durante la limpieza de la faja el operador utiliza agua, esta entra en contacto con la polea y el jebe, haciendo que se pierda fricción por lo que la faja tiende a desalinearse.

Plan de acción de actividades de mantenimiento

En la tabla No 6 se recogen las acciones ejecutadas a para atacar las causas raíces identificadas y el avance ejecutado en términos porcentuales. Las acciones efectuadas para cada para aquellas fajas identificadas que presentaban en mayor número de fallas.

Tabla 9. Plan de acción de actividades de mantenimiento en las partes de las fajas identificadas como crític

Item	Equipo	Modo de falla	Causa Raíz	Acción	Avance	Estado
1	TR 1090-02	Carro móvil	Frenos del carro móvil se encuentran inoperativos	Cambio de frenos del sistema para que carro móvil trabaje correctamente	100%	CERRADO
2		Alineamiento	Sistema de guías del contrapeso se encuentra en mal estado	Cambio del sistema de guías del contrapeso para evitar el desalineamiento	100%	CERRADO
3			Faja no cuenta con polines autoalineantes	Implementación de polines autoalineantes	100%	CERRADO
4			Carga acumulada tiende a desalinear la faja	Limpieza continua de la carga acumulada debajo de la faja	100%	CERRADO
5	TR 1090-01	Polines	Gran cantidad de polines desgastados	Cambio de polines desgastados	100%	CERRADO
6	TR 2020-03	Alineamiento	Limpieza de faja se realiza inadecuadamente	Coordinación con operaciones para recibir apoyo de un mecánico cuando se realice limpieza en la faja	100%	CERRADO
7			La limpieza se realizará evitando aplicar mucha agua en las zonas de fricción	100%	CERRADO	

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Hoja de los registros de fallas del sistema de las fajas transportadoras

FECHA REAL	GUARDIA	FECHA REPORTI	MES	AREA	EQUIPO	FALLA	HORA INICIO	HORA FIN	TOTAL HP	TOTAL	OBSERVACIÓN	CAUSA
22/01/2020	Dia	22/01/2020	Ene-20	LÍNEA 2	TR 1090-01	EÉCTRICO	18:18	18:40	00:22	0.37	Se deja de alimentar en línea 02 por demora en arranque de faja TR1090-02 debido a alarma de freno cerrado	freno
24/01/2020	Dia	24/01/2020	Ene-20	LÍNEA 2	TR 1090-01	INSTRUMENTAL	12:15	12:21	00:06	0.10	Parada de faja TR1090-01 por activación de Pullcord HSS10012-65/67/69/71AB debido al mal estado de cable instrumento.	pullcord
18/02/2020	Dia	18/02/2020	Feb-20	LÍNEA 2	TR 1090-01	MECÁNICO	16:15	16:25	00:10	0.17	Cambio de polines en TR-1090-01	polines
18/02/2020	Dia	18/02/2020	Feb-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	18:05	18:18	00:13	0.22	Falla en sensor de correa suelta en TR-1090-01	correas
24/02/2020	Dia	24/02/2020	Feb-20	TOTAL	TR 1090-01	ELÉCTRICO	15:13	15:40	00:27	0.45	demora en arranque TR1090-01, relé Principal JB109001-13 activado, Personal de instrumentación realiza trabajos correctivos	eléctrica
5/03/2020	Dia	5/03/2020	Mar-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	11:53	12:06	00:13	0.22	Cambio de polín	polines
9/09/2020	Noche	10/09/2020	Set-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	19:00	19:45	00:45	0.75	Nivel bajo de silos 2020-01/02 por trabajos correctivos en TR-1090-01 (mal estado del bastidor de polines de impacto)	polines
23/10/2020	Noche	24/10/2020	Oct-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	19:50	20:58	01:08	1.13	polín de retorno caído.	polines
21/11/2020	Noche	21/11/2020	Nov-20	TOTAL	TR 1090-01	MECANICO	01:00	03:06	02:06	2.10	Activación de rasgadura XSS-10014-10 (Faja rasgada), faja presenta un desgarro de 9cm x 50cm aprox a 8cm del borde, se detiene el equipo y se refuerza con grampos la	faja rasgada
21/11/2020	Noche	21/11/2020	Nov-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	04:55	05:07	00:12	0.20	Se corta alimentación a planta por ajuste de raspadores en TR-1090-01.	raspadores
20/12/2020	Noche	20/12/2020	Dic-20	LÍNEA 2	TR 1090-01	MECÁNICO	06:36	06:46	00:10	0.17	falla en unidad hidráulica, alarma de nivel en HU	unidad hidráulica
26/12/2020	Dia	26/12/2020	Dic-20	LÍNEA 1	TR 1090-01	MECÁNICO	16:55	17:05	00:10	0.17	Nivel bajo Silo SI-2020-01 por cambio de bastidor de impacto completo faja TR-1090-01.	bastidores
31/12/2020	Dia	31/12/2020	Dic-20	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	19:58	20:43	00:45	0.76	Faja TR-1090-01 detenida por freno cerrado.	freno
4/01/2021	Noche	4/01/2021	Ene-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	03:22	03:32	00:10	0.17	Niveles bajos silos 2020, activación sensor rasgadura TR-1090-01 causada por lengüeta	faja rasgada
14/01/2021	Dia	14/01/2021	Ene-21	LÍNEA 1	TR 1090-01	INSTRUMENTAL	18:35	18:45	00:10	0.17	Activación del sensor de nivel alto en el chute de la TR-1090-01.	sensor
15/01/2021	Noche	15/01/2021	Ene-21	TOTAL	TR 1090-01	INSTRUMENTAL	02:34	02:42	00:08	0.13	Activación del sensor de nivel alto en el chute de la TR-1090-01.	sensor
9/02/2021	Dia	9/02/2021	Feb-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	07:53	08:18	00:25	0.42	Polín de carga en mal estado de faja TR 1090 01.	polines
12/02/2021	Dia	12/02/2021	Feb-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	15:24	15:50	00:26	0.43	Activación de sensor de rasgadura (XSS 10014-7).	Faja rasgada
7/03/2021	Dia	7/03/2021	Mar-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	09:25	09:40	00:15	0.25	Se deja de alimentar en ambas líneas por nivel bajo de silos SI2020-01/02 debido a parada recurrente de faja TR1090-01	alineamiento
10/03/2021	Dia	10/03/2021	Mar-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	09:25	09:40	00:15	0.25	Niveles bajos de silos 2020-01/02 por trabajos correctivos en TR-1090-01 (cambio de polines)	polines
11/05/2021	Noche	11/05/2021	May-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	04:10	04:24	00:14	0.23	Nivel bajo de silos 2020 por bajo nivel de aceite unidad hidraulica EE-1090-01 (frenos de faja)	lubricación
11/05/2021	Dia	11/05/2021	May-21	TOTAL	TR 1090-01	MECÁNICO	16:20	16:33	00:13	0.22	Se corta alimentación en línea 1 por nivel bajo del silo 1 debido a parada de faja TR 1090 01 (Hilachas en bordes de la faja)	Faja rasgada

Actividades de Plan de acción de mantenimiento

Carro móvil (TR 1090-02)

Luego de identificar que los frenos estaban inoperativos se procedió a instalar un sistema nuevo. También se cambió el aceite y se limpiaron los rieles por donde circula el carro móvil. Además, era necesario capacitar a los operadores de sala sobre conceptos de unidades hidráulicas pues desconocían que estas solo deben trabajar por un tiempo limitado porque cuando funcionan mucho tiempo sin refrigeración el aceite calienta y puede generar una parada por alta temperatura.



Figura 27. Freno de carro móvil

Alineamiento (TR 1090-02)

En fajas del tamaño de la TR 1090-02 es necesario tener tres estaciones de polines autoalineantes como mínimo, por lo que se procedió a instalarlos.



Figura 28. Polines autoalineantes.

Se estableció que el personal de operaciones comience a limpiar la carga acumulada debajo de la faja con mayor frecuencia. La actividad más importante fue el cambio del sistema de guías del contrapeso para corregir su posición.



Figura 29. Contrapeso de faja TR 1090-02 en buen estado

Polines (TR 1090-01)

Durante una parada de Planta programada se reemplazaron los polines desgastados por unos nuevos, con la finalidad de evitar cambiarlos en una parada intempestiva.



Figura 30. Polines en TR 1090-01

Alineamiento de la fajas (TR 2020-03)

El operador debe tener cuidado al aplicar agua en las zonas de fricción, y apenas se observe que la faja empieza a desalinearse pedirá el apoyo de un mecánico, el cual

utilizará sus instrumentos para regresarla a su posición original antes que el sensor de desalineamiento se active y detenga la faja. También se adicionó como actividad la limpieza continua de la carga acumulada debajo de la faja.

Actividades de mantenimiento preventivo

El detalle del cuadro adjunto resume las revisiones de rutina a seguir en las actividades de mantenimiento preventivo de los diferentes elementos de las fajas transportadoras del sistema.

Tabla 11. Principales actividades de mantenimiento preventivo fajas trasportadoras

		Frecuencia	Responsable
Actividades de mantenimiento preventivo			
Cambio de aceite reductores		Semestral	
	Engrase de descansos	quincenal	
	Revisiones de uniones vulcanizadas	diario	
	Cambio de Guarderas y sujección	semestral	
	Ajuste de Guarderas	mensual	
	Cambio de correas de trasmisión de potencia y alineación de poleas	semestral	
	Cambio de aceite de cadenas de transmisión	mensual	
	Revisar estado de alumbrado	semanal	
	Cambios de rodamiento y reengrase	trimestral	
	Cambio de retenes en reductor de velocidad	semestral	
	Niveles de tolva	semestral	
	Lubricar tensor de tornillos	mensual	
	cambio de gomas de limpiadores	semanal	
	Limpieza de estructura y revisión visual de estructura	mensual	
	Limpieza de sensores magnéticos de velocidad	semanal	
	Limpieza de rejilla de enfriamiento de motores	semanal	
	Limpieza mecánica y pintura oxidada	semestral	
	Cambio de polines oxidado	semanal	

Tabla 12. Pauta de mantención previo al arranque del equipo

 Miski Mayo		CHEQUEO PREVIO A ARRANQUE	
Fecha			
Realizada por			
No	Actividad	Estado	
1	Comprobación de funcionamiento de comunicación portatil		
2	Revisión y limpieza de tolvas		
3	Interruptores de encendidos y libres de canddos		
4	Inspección de rodillos de retorno y carga		
5	Polea de contacto libre e material		
6	Revisión de coples y reductores, libre de material		
7	Poleas de contrapeso libre de material		
8	Revisión de cable de contrapeso libre de material		

Tabla 13. Pauta de chequeo durante operación

 Miski Mayo		CHEQUEO DEL EQUIPO EN OPERACIÓN	
Fecha			
Realizada por			
No	Actividad	Estado	
1	Momentos antes del arranque debe escuchar la sirena		
2	El carrito de contrapeso corre libremente en el arranque		
3	Giro libre de las poleas de contrapeso		
4	Contrapeso sube y baja libremente		
5	Reportar el grado de humedad de la banda		
6	Revisar alineamiento de pautas de bandas		
7	Inspección visual de la banda		
8	Revisar alineación de la banda		
9	Inspección del recorrido a lo largo de la banda		
10	Verificar que los coples no tengan fugas de aceite		

Tabla 14. Pauta revisión conjunta moto reductores y transmisión de potencia

		CHEQUEO CONJUNTO MOTOREDUCTOR
Fecha		
Realizada por		
No	Actividad	Estado
1	Comprobación de funcionamiento de comunicación portátil	
2	Revisión y limpieza de tolvas	
3	Interruptores de encendidos y libres de candados	
4	Inspección de rodillos de retorno y carga	
5	Polea de contacto libre e material	
6	Revisión de acoples y reductores, libre de material	
7	Revisión de cable de contrapeso libre de material	
8	Poleas de contrapeso libre de material	
		<p>Los moto reductores y reductores de velocidad están diseñados para resistir cargas de choque que sobrepasan 500% de sus capacidades nominales y proporcionan excepcional comportamiento, confiabilidad y larga vida útil en la mayoría de las aplicaciones severas</p>

Programa de mantenimiento preventivo

El detalle adjunto muestra un detalle de la programación semanal del programa de mantenimiento de los diferentes elementos y sistemas de las fajas transportadoras

Tabla 15. Programa semanal de mantenimiento eléctrico y automatización planta concentradora


		SEMANA 18 INICIO 18 abril 2021 AL 04 mayo 2021																			
N° OT	Equipo	Descripción OT					Operación	Texto breve de operación													
300000452932	FAJA TR-1090-01	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-01					10	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-01													
300000452936	FAJA TR-1090-02	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-02					10	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-02													
300000455280	FAJA TR-1090-03	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-03					10	PM-CONTRASTACION DETECTOR DM-1090-03													
300000455347	FAJA TR-2020-03	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-03					10	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-03													
300000441621	#N/A	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-04					10	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-04													
300000441626	#N/A	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-05					10	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-05													
300000441631	#N/A	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-06					10	PM-LIMPIEZA SENSOR NIVEL CHUT TR-2020-06													
300000441636	#N/A	PM-LIMPIEZA SWITCH FLUJO BOMB 2030-43@46					10	PM-LIMPIEZA SWITCH FLUJO BOMB 2030-43@46													
300000441641	#N/A	PM-LIMPIEZA SWITH FLUJO BOMBA 2030-47@50					10	PM-LIMPIEZA SWITH FLUJO BOMBA 2030-47@50													
HORAS PLANIFICADAS							HORA EJECUTADAS														
Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas Hombre	Tipo Mantto	Frec/	Unid/	Cond/ OT	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	
29.04.2021	29.04.2021	3	#N/A		HRA		X							3							
29.04.2022	29.04.2021	3	#N/A		HRA		X							3							
29.04.2023	29.04.2021	3	#N/A		HRA		X							3							
30.04.2024	30.04.2024	2	#N/A		HRA			X							2						
01.05.2024	01.05.2024	2	PM01		HRA				X							2					
01.05.2024	01.05.2024	2	PM01		HRA				X							2					
01.05.2024	01.05.2024	2	PM01		HRA				X							2					
02.05.2028	02.05.2028	2	PM01		HRA					X							2				
02.05.2028	02.05.2028	2	PM01		HRA					X							2				

Tabla 16. Programa semanal de mantenimiento mecánico planta concentradora


							SEMANA 18 INICIO 18 abril 2021 AL 04 mayo 2021														
							N° OT	Equipo	Descripción OT				Operación	Texto breve de operación							
500000044749	FAJA TR-2030-01	FAJA TR-2030-01					10	PREVIOS CAMBIO DE PERNOS DE SUJECION DE GUARDILL													
500000044883	FAJA TR-2030-01	FAJA TR-2030-01					10	PREVIOS CAMBIO CENTRADOR CARGA, TENSOR POLEA COL													
500000044884	FAJA TR-2030-01	FAJA TR-2030-01					10	PREVIOS CAMBIO DE LINER EN CHUTE DE ALIMENTACIÓN													
100000410173	FAJA TR-2020-07	PREVIOS FABRICAR ANILLO PARA ALINEAMIENT					10	PREVIOS FABRICAR ANILLO PARA ALINEAMIENT													
HORAS PLANIFICADAS							HORA EJECUTADAS														
							VIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	
Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas Hombre	Tipo Mantto	Frec/	Unid/	Cond/ OT	28	29	30	1	2	3	4	28	29	30	1	2	3	4	
30.04.2021	04.05.2021	10	#N/A		HRA				X	X	X	X	X			10	10	10	10	10	
30.04.2021	04.05.2021	10	#N/A		HRA				X	X	X	X	X			10	10	10	10	10	
30.04.2021	04.05.2021	10	#N/A		HRA				X	X	X	X	X			10	10	10	10	10	
30.04.2021	04.05.2021	10	#N/A		HRA				X	X	X	X	X			10	10	10	10	10	
30.04.2021	02.05.2021	10	#N/A		HRA				X	X	X					10	10	10			

Tabla 17. Programa semanal de mantenimiento lubricacion e inspeccion planta concentradora



																				
N° OT		Equipo		Descripción OT			Operación		Texto breve de operación											
300000440908		FILTRO DE BANDA FI-2030-01		PM1-INSPECCION SEMANAL FILTRO BANDA L1					INSPECCION SEMANAL FILTRO BANDA											
300000440912		FILTRO DE BANDA FI-2030-02		PM1-INSPECCION SEMANAL FILTRO BANDA L2					INSPECCION SEMANAL FILTRO BANDA											
400000009897		FEEDER BREAKER BR-1090-02		PM2-LUBRICACION FEEDER BR-1090-02					LUBRICAR PUNTOS ENGRASE FEEDER BREAKER											
400000009902		FEEDER BREAKER BR-1090-03		PM2-LUBRICACION FEEDER BR-1090-03					LUBRICAR PUNTOS ENGRASE FEEDER BREAKER											
HORAS PLANIFICADAS							HORA EJECUTADAS													
Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas Hombre	Tipo Mantto	Frec/	Unid/	Cond/ OT	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR
01.05.2021	01.05.2021	4	PM01		HRA		28	29	30	1	2	3	4	28	29	30	1	2	3	4
01.05.2021	01.05.2021	4	PM01		HRA					X							4			
02.05.2021	02.05.2021	6	PM01		HRA						X							6		
02.05.2021	02.05.2021	6	PM01		HRA						X							6		

Tabla 18. Programa semanal de mantenimiento Tecnomina Planta concentradora

							SEMANA 18 INICIO 18 abril 2021 AL 04 mayo 2021																
							N° OT							Equipo							Descripción OT		
300000441724	FAJA TR-2020BY-01						PM1-INSPECCION TECNOMI FAJA TR-2020BY-01			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441729	FAJA TR-2020BY-02						PM1-INSPECCION TECNOMI FAJA TR-2020BY-02			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441679	FAJA DE ALIMENTACION AL-1090-01						PM1-INSPECCION TECNOMINA ALIM.AL-1090-01			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441684	FAJA DE ALIMENTACION AL-1090-02						PM1-INSPECCION TECNOMINA ALIM.AL-1090-02			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441689	FAJA DE ALIMENTACION AL-1090-03						PM1-INSPECCION TECNOMINA ALIM.AL-1090-03			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441714	FAJA DE ALIMENTACION AL-2020-01						PM1-INSPECCION TECNOMINA ALIM.AL-2020-01			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441719	FAJA DE ALIMENTACION AL-2020-02						PM1-INSPECCION TECNOMINA ALIM.AL-2020-02			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441694	FAJA TR-1090-01						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-1090-01			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441699	FAJA TR-1090-02						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-1090-02			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441704	FAJA DE ALIMENTACION TR-1090-04						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-1090-04			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441709	FAJA DE ALIMENTACION TR-1090-05						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-1090-05			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441734	FAJA TR-2020-03						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2020-03			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441739	FAJA TR-2020-04						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2020-04			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441744	FAJA TR-2020-05						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2020-05			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441749	FAJA TR-2020-06						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2020-06			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441754	FAJA TR-2020-07						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2020-07			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441759	FAJA TR-2030-01						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2030-01			10			NOTIFICACION ORDEN										
300000441764	FAJA TR-2030-03						PM1-INSPECCION TECNOMINA FAJA TR-2030-03			10			NOTIFICACION ORDEN										
HORAS PLANIFICADAS							HORA EJECUTADAS																
							MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SÁB	DOM	LUN	MAR			
Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas Hombre	Tipo Mantto	Frec/	Unid/	Cond/ OT	28	29	30	1	2	3	4	28	29	30	1	2	3	4			
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT					X												
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT					X												
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X							1				

03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X							1		
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
03.05.2021	03.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X								1	
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									
02.05.2021	02.05.2021	1	PM01	2	HRA	DT						X									

Data post test Variable independiente: Mantenimiento preventivo

Con relación a la data post test para la variable independiente y la variable dependiente. Las tablas 16 y 17 muestran este detalle

Tabla 19. Postest diponibilidad


	Disponibilidad post test			
	Disponibilidad (DF) $\frac{24 \text{ hrs/dia} * \# \text{ dias} - \text{hrs mant correct} - \text{hrs mant prev}}{\# \text{ dias} * 24 \text{ hrs/dia}}$			
Concepto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Periodo mensual	Enero 21 febrero 21	Febr 21 Marz 21	marzo 21 abril 21	Abril 21 Mayo 21
Número de días (por mes)	31	28	31	30
Horas operación (mes)	657	649	657	688
Horas operativas pormedio por día en el periodo del mes	21.18	23. 18	21.19	22.94
cantidad fallas	3	2	2	0
tiempo mantenimiento correctivo (hrs)	0.5	0.9	0.0	0
Horas mantenimiento preventivo	24	0	8	0
Disponibilidad (DF) $\frac{24 \text{ hrs/dia} * \# \text{ dias} - \text{hrs mant correct} - \text{hrs mant prev}}{\# \text{ dias} * 24 \text{ hrs/dia}}$	96.7%	99.9%	98.9%	100%
tiempo medio entre fallas (MTBF) (hr) = (T.T.F) /N.F	219	325	328	688
tiempo medio de reparación MTTR (h) = TTI/TDF	0.2	0.5	0.3	0.0

Tabla 20. Postest productividad

		Información de productividad							
		Periodo Enero – Mayo 2021 Capacidad teórica de las fajas 1000 Tm x hora Horas de operación por turno: 12 horas							
Concepto	mes 1 Enero 21 – febrero 21		mes 2 febrero 21 – Marzo 21		mes 3 Marzo 21 –Abril 21		mes 4 abril 21 – mayo 21		
Eficiencia	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	indicador		
Tiempo útil real operac (hrs)	692	0.93	638	0.95	714	0.96	684	0.95	
Tiempo total teórico op (hrs)	744		672		744		720		
Eficacia	mes 1 Enero 21 – febrero 21		mes 2 febrero 21 – Marzo 21		mes 3 Marzo 21 –Abril 21		mes 4 abril 21 – mayo 21		
	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	
T.m ejecutadas	1 097	0.92	997	0.93	1 145	0.96	1 097	0.95	
T.m proyectadas	549		1 075		1 190		338		
	1 190		200		400		1 152		
	400						000		
Productividad	mes 1 Ag 21 – sep 20		mes 2 sept 21 – oct 20		mes 3 Oct 21 –Nov 20		mes 4 Nov 21 – dec 20		
	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	datos	indicador	
Eficiencia	0.93	85.56%	0.95	88.35%	0.96	92.16%	0.95	90.25%	
Eficacia	0.92		0.93		0.96		0.95		

Análisis Costo-Beneficio

Este análisis se a proyectado tomando como referencia el periodo comparativo de las perdidas por las paradas en la planta concentradora entre el periodo pre test agosto – diciembre del 2020 y el periodo post test enero – mayo. Según información del SAP LOGON PAD 750, producto de esto se perdieron, en términos de concentrados que se dejaron de producir un total de 3 634 toneladas por las fallas producidas en el sistema de fajas de transporte; sin embargo, después de la implementación de la mejora, estas perdidas se redujeron a 873 toneladas. Esta reducción significó evitar una pérdida económica de aproximadamente \$89 163.

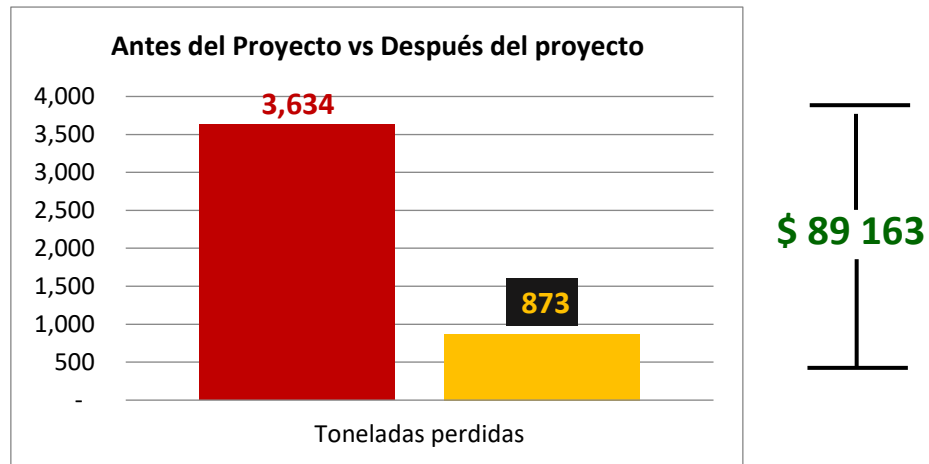


Figura 31. Toneladas perdidas por los modos de falla priorizados antes y después

El monto total superaría, a nuestro entender, los \$100 000 dólares si consideráramos el tiempo de recuperación de la Planta Concentradora, pues esta tarda varios minutos en recuperar su flujo normal de producción luego de arrancar los equipos.

3.6. Método de análisis de datos

Análisis descriptivo

Se utilizaron estadísticos descriptivos, como la media, mediana, moda, desviación estándar y varianza de los datos.

Análisis inferencial

En este análisis se realizó la contrastación de las hipótesis tomándose como referencia inicial la normalidad de los datos. Así se determinó si estos tenían un comportamiento paramétrico o no paramétrico y a partir de ello se identificó el el estadígrafo en función a si estos datos son paramétricos o no paramétricos: T-Student (paramétrica) o Wilcoxon (no paramétrica). El software utilizado fue el SPSS V.25.

3.7. Aspectos éticos

La información ha sido tomada de fuentes confiables y se han citado y referenciado los diferentes autores mencionados. Con relación a la ciación se ha seguido lo señalado por la norma ISO 690; y el nivel de similitud, se evaluó mediante el TURNITIN.

IV.- RESULTADOS

4.1. |Análisis descriptivo

- Eficiencia

Tabla 21. *Descriptivos eficiencia*

		Estadístico
Eficiencia_pre	Media	92,0000
	Mediana	92,0000
	Varianza	3,333
	Desv. típ.	1,82574
	Mínimo	90,00
	Máximo	94,00
	Rango	4,00
	Asimetría	,000
	Curtosis	-3,300
Eficiencia_post	Media	94,7500
	Mediana	95,0000
	Varianza	1,583
	Desv. típ.	1,25831
	Mínimo	93,00
	Máximo	96,00
	Rango	3,00
	Asimetría	-1,129
	Curtosis	2,227

Fuente: Reporte SPSS v.25

En esta tabla se muestran los estadísticos propios de los resultados obtenidos de la eficiencia; tales como la media, la mediana o varianza. Mediante ellos se puede observar el grado de mejora del indicador desde el pre test hasta el post test.

- **Eficacia**

Tabla 22. *Descriptivos eficacia*

		Estadístico
Eficacia_pre	Media	89,0000
	Mediana	89,0000
	Varianza	8,667
	Desv. típ.	2,94392
	Mínimo	86,00
	Máximo	92,00
	Rango	6,00
	Asimetría	,000
	Curtosis	-4,891
Eficacia_post	Media	94,0000
	Mediana	94,0000
	Varianza	3,333
	Desv. típ.	1,82574
	Mínimo	92,00
	Máximo	96,00
	Rango	4,00
	Asimetría	,000
	Curtosis	-3,300

Fuente: Reporte SPSS v.25

En esta tabla se muestran los estadísticos propios de los resultados obtenidos de la eficacia; tales como la media, la mediana o varianza. Mediante ellos se puede observar el grado de mejora del indicador desde el pre test hasta el post test.

- **Productividad**

Tabla 23. *Descriptivos productividad*

		Estadístico
Productividad_pre	Media	81,8175
	Mediana	81,7050
	Varianza	9,615
	Desv. típ.	3,10089
	Mínimo	78,30
	Máximo	85,56
	Rango	7,26
	Asimetría	,180
	Curtosis	-,794
Productividad_post	Media	89,0800
	Mediana	89,3000
	Varianza	7,926
	Desv. típ.	2,81535
	Mínimo	85,56
	Máximo	92,16
	Rango	6,60
	Asimetría	-,394
	Curtosis	-,465

Fuente: Reporte SPSS v.25

Finalmente, en esta tabla se muestran los estadísticos propios de los resultados obtenidos de la productividad; tales como la media, la mediana o varianza. Mediante ellos se puede observar el grado de mejora del indicador desde el pre test hasta el post test.

4.2. Análisis inferencial

- **Eficiencia**

Se inicia realizando la prueba de normalidad de los datos recabados u obtenidos en los resultados. Para ello se usa Shapiro Wilk, puesto que son menos de 30 datos (son 4).

Tabla 24. Prueba de normalidad eficiencia

	Shapiro-Wilk		
	media	gl	sig
Eficiencia_pre	,950	4	,714
Eficiencia_post	,895	4	,406

Fuente: Reporte SPSS v.25

En esta tabla se puede observar que el valor de significancia (sig) es mayor a 0.05; por lo tanto, se entiende que los datos tienen comportamiento paramétrico. Esto significa que se debe contrastar la hipótesis mediante T-Student.

Teniendo en cuenta que:

Ho: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo no mejorará la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Ha: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Además:

Si $\text{Sig} > 0.05$, se aceptan Ho; es decir se acepta la hipótesis nula.

Si $\text{Sig} \leq 0.05$, se rechazan Ho; es decir se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 25. Prueba de muestras relacionadas eficiencia

	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1 Eficiencia_pre - Eficiencia_post	-3,220	3	,049

Fuente: Reporte SPSS v.25

Como se puede ver en la tabla superior, el valor de significancia fue menor que 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; y se acepta la hipótesis alterna; es decir, la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

- **Eficacia**

Se inicia también, realizando la prueba de normalidad de los datos recabados u obtenidos en los resultados. Para ello se usa Shapiro Wilk, puesto que son menos de 30 datos (son 4).

Tabla 26. Prueba de normalidad eficacia

	Shapiro-Wilk		
	media	gl	sig
Eficacia_pre	,882	4	,348
Eficacia_post	,950	4	,714

Fuente: Reporte SPSS v.25

En esta tabla se puede observar que el valor de significancia (sig) es mayor a 0.05; por lo tanto, se entiende que los datos tienen comportamiento paramétrico. Esto significa que se debe contrastar la hipótesis mediante T-Student.

Teniendo en cuenta que:

Ho: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo no mejorará la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Ha: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Además:

Si Sig > 0.05, se aceptan Ho; es decir se acepta la hipótesis nula.

Si Sig ≤ 0.05, se rechazan Ho; es decir se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 27. Prueba de muestras relacionadas eficacia

	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1 Eficacia_pre - Eficacia_post	-6,124	3	,009

Fuente: Reporte SPSS v.25

Como se puede ver en la tabla superior, el valor de significancia fue menor que 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; y se acepta la hipótesis alterna; es decir, la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

- **Productividad**

Se inicia también, realizando la prueba de normalidad de los datos recabados u obtenidos en los resultados. Para ello se usa Shapiro Wilk, puesto que son menos de 30 datos (son 4).

Tabla 28. Prueba de normalidad productividad

	Shapiro-Wilk		
	media	gl	sig
Productividad_pre	,995	4	,981
Productividad_post	,990	4	,958

Fuente: Reporte SPSS v.25

En esta tabla se puede observar que el valor de significancia (sig) es mayor a 0.05; por lo tanto, se entiende que los datos tienen comportamiento paramétrico. Esto significa que se debe contrastar la hipótesis mediante T-Student.

Teniendo en cuenta que:

Ho: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo no mejorará la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Ha: La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

Además:

Si $\text{Sig} > 0.05$, se aceptan H_0 ; es decir se acepta la hipótesis nula.

Si $\text{Sig} \leq 0.05$, se rechazan H_0 ; es decir se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 29. Prueba de muestras relacionadas productividad

	t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1 Productividad_pre - Productividad_post	-7,513	3	,005

Fuente: Reporte SPSS v.25

Como se puede ver en la tabla superior, el valor de significancia fue menor que 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; y se acepta la hipótesis alterna; es decir, la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo mejorará la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.

V.- DISCUSIONES

Los resultados obtenidos nos muestran la existencia de una mejora de la productividad a través de un plan de mantenimiento preventivo; sin embargo, es importante realizar un análisis con respecto a la teoría previa recabada.

Los resultados obtenidos muestran que la eficiencia pasó de 92% a 94.75%; es decir mejoró en 2.99%.

Así mismo, la eficacia logró pasar de 89% del pre test a un valor de 94% en el post test; o que significó una mejora del 5.62%.

La productividad, como resultado del producto de los valores de los dos indicadores anteriores, eficiencia y eficacia, logró pasar de un valor 81.82% en el pre test a uno de 89.08% en el post test. Ello significó una mejora de 8.88%

Entonces, a continuación, se analizan dichos resultados con respecto a los obtenidos por otros autores con investigaciones similares.

Trabajos como el de Barco (2017), demostraron y dejaron una base para sustentar que el mantenimiento preventivo puede mejorar la productividad. En el caso de dicho trabajo de investigación, se logró el efecto positivo de este tipo de mantenimiento sobre la productividad; pues su indicador mejoró en 22%.

Así mismo, Torres Flores (2018) menciona en su trabajo de investigación que el plan de mantenimiento preventivo incrementó la eficiencia, la eficacia y la productividad.

Otros como León Gonzales, muestran resultados muy similares; pues en este caso proponiendo e implementando un plan de mantenimiento preventivo logró disminuir los tiempos inactivos incrementado la confianza de en las máquinas en un 19% e incrementando la productividad de 73% a un 81% estableciéndose un software de mantenimiento preventivo que generaba fiabilidad y eficiencia. Es decir, la productividad gracias a dicha implementación mejoró en 10.96%.

Esto trabajos mencionados son muy similares al realizado en esta tesis; puesto que tienen resultados muy cercanos; no superando un incremento porcentual de 23%. Además, todo ellos fueron desarrollados en empresas micro, pequeñas y medianas dentro del Perú; cuyas situaciones coinciden sólo diferenciadas por el rubro de cada empresa.

Se pudo observar en el trabajo de Tuesta (2014), que mediante un plan de mantenimiento preventivo se logró mejorar la disponibilidad, lo cual significó la

reducción de fallas, pues pasaron de 169 a 103. Entonces, los valores de indicadores del plan de mantenimiento preventivo; como el tiempo medio entre falla pasó de 2323 a 3857 horas; es decir aumentó en 66.04%. Esto se reduce en la interpretación de que ocurrieron menos paradas por fallas diarias; lo cual pudo aumentar la disponibilidad de máquinas; y por ende la productividad del área y organización.

Entonces, teniendo en cuenta las similitudes de los trabajos previos recabados y los resultados obtenidos en la presente tesis, se pudo dar mayor soporte incluso a nuestra hipótesis ya aceptada en los resultados.

Otro punto para discutir es la metodología usada en la tesis. La fortaleza de ella fue su tipo, por ser aplicada, fue mucho más confiable el resultado; además que la técnica principal usada fue la observación directa realizando la recolección de datos en el mismo lugar o ambiente de estudio de la investigación. En cuanto a la operacionalización de variables se decidió, teniendo como sustento bases teóricas, las dimensiones correspondientes para cada una, sea independiente o dependiente.

Una de las debilidades o limitaciones de dicha metodología fue su diseño, debido a que al ser experimental se debió realizar un desarrollo más profundo científicamente refiriéndose.

Se suma también, las limitaciones por la coyuntura actual, año donde aún se vive batallando contra la pandemia, y lo cual ha dificultado de distintas maneras en la aplicación y desarrollo de la tesis; sea por razones económicas de la empresa e investigador; así como las facilidades de acceso a la empresa, ya no muy dispuestas. Finalmente, se discute la relevancia de la investigación. En un país donde la normalización de muchos aspectos como la informalidad y la escasa gestión de mantenimiento en las organizaciones es muy frecuente, se convierte en relevante una investigación que detalle el procedimiento de identificación, análisis y aplicación de una propuesta relacionada a solucionar dicho problema, tal como el plan de mantenimiento preventivo; que además de ser muy beneficioso nacionalmente, también lo es mundialmente, tal como se ha mostrado anteriormente.

VI.- CONCLUSIONES

1. Los resultados muestran una mejora de la productividad en la faja transportadora de fosfatos como producto de las acciones del plan de mantenimiento preventivo Así la eficiencia pasó del 92% a 94.75%; es decir mejoró en 2.99%.

- 2.- Con relación a la eficacia esta se mejoró de un 89% en el pre test a un 94% en el post test; lo que significó una mejora del 5.62%.

- 3.- La productividad, como resultado de la mejora implementada se incremento desde un 81.82% en el pre test a uno de 89.08% en el post test. Ello significó una mejora de 8.88%

VII.- RECOMENDACIONES

1.- Dado que las paradas intempestivas de los equipos de Planta concentradora impactan en el costo unitario de la empresa con una menor producción de concentrados de fosfatos. Se recomienda seguir con el programa de mantenimiento haciendo un seguimiento estrecho de los periodos para las actividades de rutina.

2.- Se pueden identificar nuevas oportunidades de mejora disminuyendo las paradas de las Fajas Transportadoras de Planta Concentradora. La metodología del PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) puede ser una alternativa y contribuir a un mejor impacto en los resultados económicos de compañía minera.

3.- La identificación de los modos de falla que dan origen a las paradas, es importante su análisis e implementar las soluciones a efectos de prevenir estas. Así se podrá contribuir a la mejora de los resultados globales de la empresa.

REFERENCIAS

ADEDOKUN, G. and OYENIRAN, O.R., 2016. A PERIODICITY METRIC: A VERITABLE TOOL FOR EFFECTIVE PLANNED PREVENTIVE MAINTENANCE IN AN ENGINEERING FIRM. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 08, vol. 14, no. 3, pp. 147-152 ProQuest Central. ISSN 15842665.

ANGELES, E. y KUMRAL, M., 2020. Optimal Inspection and Preventive Maintenance Scheduling of Mining Equipment. 2020. S.l.: s.n.

BAENA, G., 2017. Metodología de la investigación. 3. Cd. de México: s.n. ISBN 9786077447528.

BARCO, D., 2017. APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA TEJIDOS GLOBAL S.A.C. DEL DISTRITO DE ATE VITARTE, LIMA, 2017. S.l.: Universidad César Vallejo.

BERNAL, C., 2010. Metodología de la investigación [en línea]. 3. S.l.: s.n. ISBN 9789586991285. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>.

CANCHAYA, M. y GUERRERO, M., 2019. Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la empresa RD RENTAL S.A.C., Ate- 2019. S.l.: Universidad César Vallejo.

CASSADY, C.R. y KUTANOGLU, E., 2005. Integrating preventive maintenance planning and production scheduling for a single machine. *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 54, no. 2, pp. 304-309. ISSN 00189529. DOI 10.1109/TR.2005.845967.

GONZÁLEZ, G., GARCÍA, S. y GAYOL, A., 2018. La investigación actual y sus retos multidisciplinares [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.amazon.es/investigación-actual-retos-multidisciplinares-Universitarias/dp/8417690360>.

GUTIÉRREZ, H., 2010. Calidad Total y Productividad. 3. México, D.F.: s.n. ISBN 9786071503152.

GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R., 2008. Análisis y diseño de experimentos. 2. México D.F.: s.n. ISBN 970-10-6526-3.

HERNÁNDEZ, S., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2014. Metodología de la Investigación. 6. México D.F.: s.n. ISBN 9781456223960.

HERRERA GALÁN, M. y DUANY ALFONZO, Y., 2016. Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento/methodology and implementation of maintenance management program. Ingeniería Industrial, vol. 37, no. 1, pp. 2-13. ISSN 1815-5936.

LEE, M., MORRISON, J.R. and KALIR, A.A., 2021. Practical Queueing Models for Preventive Maintenance Plan Optimization: Multiple Maintenance Types and Numerical Studies. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, vol. 34, no. 1, pp. 104-114 ProQuest Central. ISSN 08946507. DOI <http://dx.doi.org/10.1109/TSM.2020.3041789>.

LEON, M., 2018. Influencia del mantenimiento preventivo en la productividad de la maquinaria pesada del área de operaciones en la empresa Prinsur JCH S.R.L. Ica, 2018. S.I.: Universidad César Vallejo.

ÑAUPAS, H., MEJÍA, E., NOVOA, E. y VILLAGOMEZ, A., 2014. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis [en línea]. 4. Bogotá: s.n. ISBN 9789587621884. Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>.

RÍOS, R.R., 2017. El artículo de investigación Metodología de redacción [en línea]. Iquitos: s.n. ISBN 9786120025772. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=683720>.

RODRIGUEZ, Y., 2018. Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de impresión de la empresa Envases Industriales SAC - Callao 2017. S.I.: Universidad César Vallejo.

RUNGSA, E.A. and TANGJITSITCHAROEN, S., 2014. Development of Computerized Preventive Maintenance Management System with Failure Mode and Effect Analysis for CNC Machine. Applied Mechanics and Materials, 09, vol. 627, pp. 365-371 ProQuest Central. ISSN 16609336. DOI <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.627.365>.

SALA ROCA, J. y ARNAU SABATES, L., 2014. El Planteamiento Del Problema, Las Preguntas Y Los Objetivos De La Investigación. [en línea], pp. 1-18. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/recdoc/2014/126350/Master_de_educacion._Preguntas_y_objetivos_de_investigacion._Orientaciones.pdf.

SÁNCHEZ CARLESI, H., REYES ROMERO, C. y MEJÍA SÁENZ, K., 2018. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística [en línea]. Lima: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>.

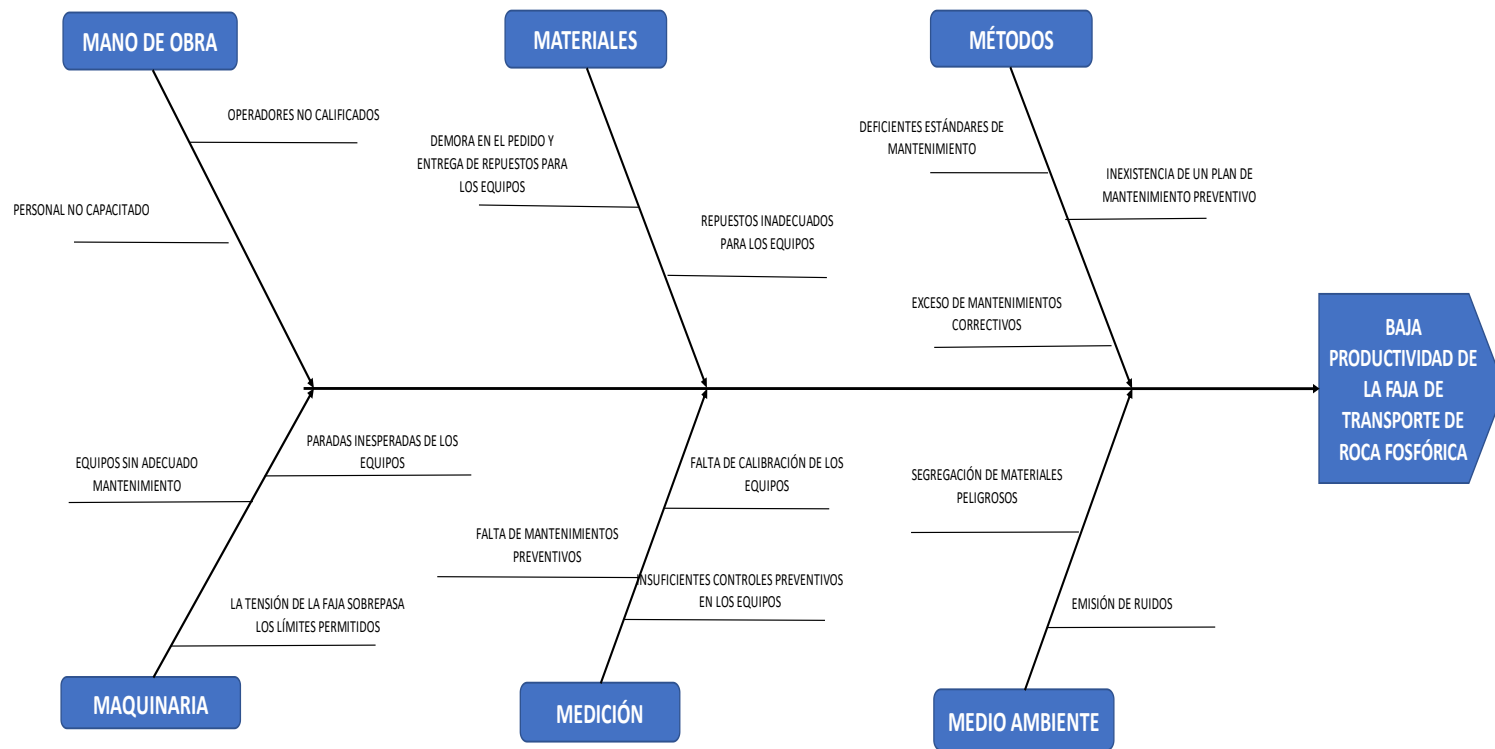
Salomón López Liliana, MSc ; Ortiz Useche Alexis, PhD; Cordero Ferrer Víctor, Ing. Productividad del proceso minero, más allá de la producción

STRAKA, L., GERKOVA, J. and HASOVA, S., 2015. Proposal of Preventive Maintenance Plan of Experimental Equipment. Key Engineering Materials, 10, vol. 669, pp. 523-531 ProQuest Central. ISSN 10139826. DOI <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.669.523>.

VALDERRAMA, S. y GUILLÉN, O., 2013. Guía Para Elaborar La Tesis Universitaria Escuela De Posgrado. , pp. 150.

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama De Ishikawa



Anexo 2. Matriz De Correlación

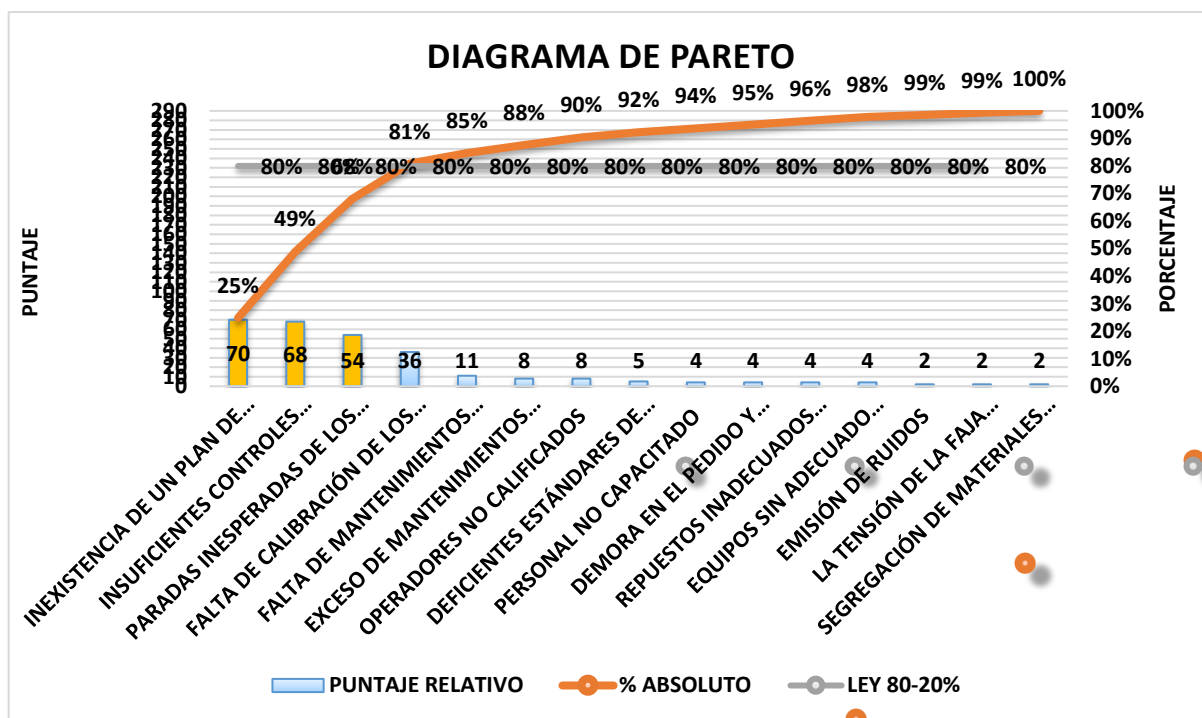
ÍTEM	CAUSAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	PUNTAJE DE INFLUENCIA
C1	INEXISTENCIA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	70
C2	DEFICIENTES ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO	1		0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5
C3	EMISIÓN DE RUIDOS	1	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C4	INSUFICIENTES CONTROLES PREVENTIVOS EN LOS EQUIPOS	5	5	3		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	68
C5	EXCESO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS	3	0	1	1		0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	8
C6	PERSONAL NO CAPACITADO	1	0	0	1	0		1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
C7	PARADAS INESPERADAS DE LOS EQUIPOS	5	3	3	5	5	5		5	5	3	3	3	3	3	3	54
C8	FALTA DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS	5	3	3	5	3	3	5		1	3	1	1	1	1	1	36
C9	OPERADORES NO CALIFICADOS	1	0	0	1	1	0	1	0		1	0	1	1	1	0	8
C10	FALTA DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	5	1	1	3	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	11
C11	DEMORA EN EL PEDIDO Y ENTREGA DE REPUESTOS PARA LOS EQUIPOS	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0		0	1	0	0	4
C12	LA TENSIÓN DE LA FAJA SOBREPASA LOS LÍMITES PERMITIDOS	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	2
C13	SEGREGACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0		0	0	4
C14	REPUESTOS INADECUADOS PARA LOS EQUIPOS	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0		0	4
C15	EQUIPOS SIN ADECUADO MANTENIMIENTO	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2
PUNTAJES TOTALES																	282

Anexo 3. Matriz De Tabulación De Datos

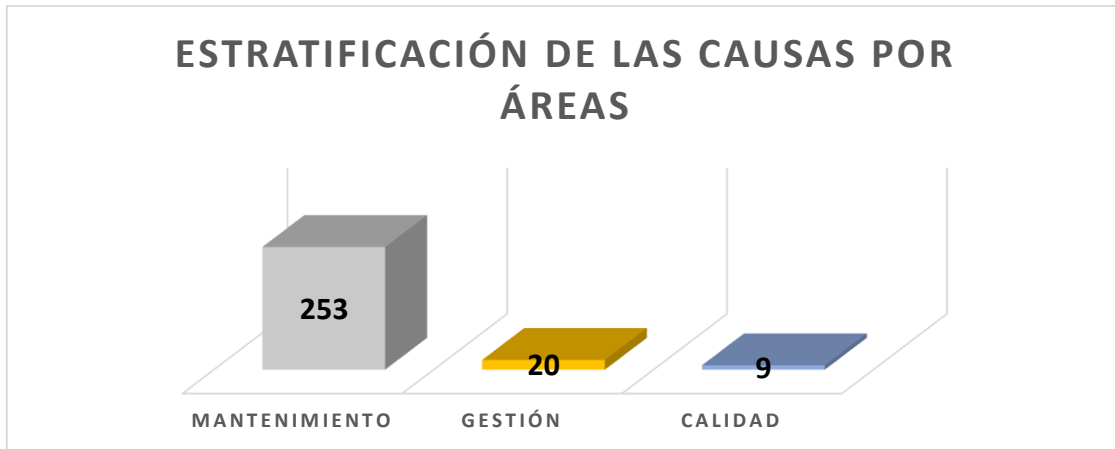
ÍTEM	CAUSAS	PUNTAJE RELATIVO	PUNTAJE ACUMULADO	% RELATIVO	% ABSOLUTO	LEY 80-20%
C1	INEXISTENCIA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	70	70	25%	25%	80%
C4	INSUFICIENTES CONTROLES PREVENTIVOS EN LOS EQUIPOS	68	138	24%	49%	80%
C7	PARADAS INESPERADAS DE LOS EQUIPOS	54	192	19%	68%	80%
C8	FALTA DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS	36	228	13%	81%	80%
C10	FALTA DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	11	239	4%	85%	80%
C5	EXCESO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS	8	247	3%	88%	80%
C9	OPERADORES NO CALIFICADOS	8	255	3%	90%	80%
C2	DEFICIENTES ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO	5	260	2%	92%	80%
C6	PERSONAL NO CAPACITADO	4	264	1%	94%	80%
C11	DEMORA EN EL PEDIDO Y ENTREGA DE REPUESTOS PARA LOS EQUIPOS	4	268	1%	95%	80%
C13	REPUESTOS INADECUADOS PARA LOS EQUIPOS	4	272	1%	96%	80%
C14	EQUIPOS SIN ADECUADO MANTENIMIENTO	4	276	1%	98%	80%
C3	EMISIÓN DE RUIDOS	2	278	1%	99%	80%
C12	LA TENSIÓN DE LA FAJA SOBREPASA LOS LÍMITES PERMITIDOS	2	280	1%	99%	80%
C15	SEGREGACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS	2	282	1%	100%	80%
			282	100%		

Anexo 4. Matriz De Estratificación

ÍTEM	CAUSAS	PUNTAJE	TOTAL	ESTRATIFICACIÓN
C1	inexistencia de un <i>plan de mantenimiento preventivo</i>	70	253	MANTENIMIENTO
C4	insuficientes controles preventivos en los equipos	68		
C7	paradas inesperadas de los equipos	54		
C8	falta de calibración de los equipos	36		
C10	falta de mantenimientos preventivos	11		
C5	exceso de mantenimientos correctivos	8		
C14	equipos sin adecuado mantenimiento	4		
C12	la tensión de la faja sobrepasa los límites permitidos	2		
C9	operadores no calificados	8	20	GESTIÓN
C6	personal no capacitado	4		
C11	demora en el pedido y entrega de repuestos para los equipos	4		
C13	repuestos inadecuados para los equipos	4		
C2	deficientes estándares de mantenimiento	5	9	CALIDAD
C3	emisión de ruidos	2		
C15	segregación de materiales peligrosos	2		



Anexo 5: GRÁFICO DE ESTRATIFICACIÓN DE CAUSAS



Anexo 6. Alternativas De Solución

Criterios de evaluación					
ALTERNATIVAS	Solución a la problemática	Costo de la aplicación	Facilidad de la aplicación	Tiempo de la Aplicación	TOTAL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	2	1	2	2	7
GESTIÓN DE PROCESOS	1	2	1	1	5
TPM	1	0	1	0	2
No bueno (0) - Bueno (1) - Muy bueno (2)					
Los criterios fueron establecidos con el jefe de planta					

Anexo 7. Priorización de causas

CONSOLIDACIÓN DE LAS ÁREAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	METODO	MAQUINARIA	MEDICION DE TRABAJO	MEDIO AMBIENTE	NIVEL DE CRITICIDAD	TOTAL DE PROBLEMAS	PORCENTAJE %	IMPACTO	CALIFICACION	PRIORIDAD	MEDIDAS A TOMAR
MANTENIMIENTO	0	0	78	60	115	0	ALTO	253	90%	10	2530	1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
GESTIÓN	12	8	0	0	0	0	MEDIO	20	7%	4	80	2	GESTIÓN DE PROCESOS
CALIDAD	0	0	5	0	0	4	BAJO	9	3%	1	9	3	TPM
TOTAL PROBLEMAS	12	8	83	60	115	4		282	100%				

Anexo 8. Matriz de coherencia

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p>Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021</p>	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
	¿Cómo el Plan de Mantenimiento preventivo mejorará la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021?	Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejora la productividad de la faja transportadora de fosfato de una empresa minera, Piura 2021	El Plan de mantenimiento preventivo mejora la productividad de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
	¿Cómo el Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficiencia en la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021?	Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.	El Plan de mantenimiento preventivo mejora la eficiencia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021
	¿Cómo el Plan de mantenimiento preventivo mejorará la eficacia la faja transportadora de fosfato de una empresa minera, Piura 2021?	Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021.	El Plan de mantenimiento preventivo mejora la eficacia de la faja transportadora de fosfatos de una empresa minera, Piura 2021

Anexo 9. Matriz De Operacionalización De Variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición Operacional	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
V.I: Plan de Mantenimiento preventivo	Son las actividades programadas de inspecciones de funcionamiento, seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, lubricación, limpieza y calibración que deben llevarse conforme a un plan establecido. Busca prever las averías de los equipos o corregirlas a fin de que operen en óptimas condiciones (Izar, 2017, p.393).	Operacionalmente es el conjunto de actividades correspondientes al tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación	Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{(TTF)}{NF}$ MTBF: Tiempo medio entre fallas TTI: Tiempo total de fallas NF: Número de fallas	Razón
			Tiempo medio de reparación	$MTTR = \frac{(TTI)}{TDF}$ MTTR: Tiempo medio entre fallas TTI: tiempo total de inactividad TDF: Número total de fallas	Razón
V.D: Productividad	Es la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados en un intervalo de tiempo utilizado, también se puede decir la relación de horas programadas con horas usadas (Gutiérrez y De la Vara, 2013, p.7).	Es el indicador base para analizar y mejorar la organización en estudio; medido con el resultado del producto de la eficiencia y eficacia; es decir, el nivel de uso de tiempo efectivo y el nivel de cumplimiento.	Eficiencia	$I.E = \frac{TUP}{TTF}$ I.E: Índice de Eficiencia TUP: Tiempo efectivo de operación TTF: Tiempo teórico operación de las fajas transportadoras	Razón
			Eficacia	$I.E = \frac{UR}{UP}$ I.E: Índice de Eficacia UR: Toneladas de roca fosfórica trasladadas UP: Tonedas teórica a ser trasladadas	Razón

Anexo 10. Indicadores desempeño faja transportadora de roca fosfórica TR 1090 - 1
AÑO 2020

faja TR 1090-01	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20
Horas operación	681	628	289	0	403	653	714	675	651	699	655	695
Dias de operación mes	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
cantidad fallas	1	3	1	0	0	0	0	0	1	1	2	3
tiempo correctivo (h)	0.5	0.9	0.2	0	0	0	0	0	0.8	1.1	2.3	1.2
Horas preventivas	16	0	0	0	4	17	0	12	36	27	26	0
Disponibilidad (DF)	97.8%	99.9%	100.0%	100.0%	99.5%	97.6%	100.0%	98.4%	94.9%	96.2%	96.1%	99.8%
MTBF (h)	681	209	289		403	653	714	675	651	699	328	232
MTTR (h)	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.1	1.2	0.4

Anexo 11. Validez de los instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS							
1	MTBF: Tiempo medio entre fallas TTI: Tiempo total de fallas NF: Número de fallas $MTBF = \frac{(TTF)}{NF}$	x		xx		x		
	DIMENSIÓN 2 Tiempo medio de reparación	Si	No	Si	No	Si	No	
2	MTTR: Tiempo medio entre reparación TTI: tiempo total de inactividad TDF: Número total de fallas $MTTR = \frac{(TTI)}{TDF}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Ing Lino Rodriguez Alegre DNI: 06535058

Especialidad del validador: Ing Pesquero Tecnólogo

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

22 de junio del 2021



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 EFICIENCIA							
3	$I. E = \frac{TUP}{TTF}$ <p>I.E: Índice de Eficiencia TUP: Tiempo efectivo de operación TTF: Tiempo teórico operación de las fajas transportadoras</p>	x		x		x		
	DIMENSIÓN 2 EFICACIA							
4	$I. E = \frac{UR}{UP}$ <p>I.E: Índice de Eficacia UR: Toneladas de roca fosfórica trasladadas UP: Tonealdas teórica a ser trasladadas</p>	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [x] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Ing Lino Rodriguez Alegre **DNI:** 06535058

Especialidad del validador: Ing Pesquero Tecnólogo

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

22 .de junio del 2021



Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	MTBF: Tiempo medio entre fallas TT: Tiempo total de fallas NF: Número de fallas $MTBF = \frac{(TTF)}{NF}$	x		xx		x		
	DIMENSIÓN 2 Tiempo medio de reparación	Si	No	Si	No	Si	No	
2	MTTR: Tiempo medio entre reparación TTI: tiempo total de inactividad TDF: Número total de fallas $MTTR = \frac{(TTI)}{TDF}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **N**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Ing Leonidas Benites Rodriguez DNI: 065350

Especialidad del validador: Ing Industrial



Firma del Experto Informante.

¹**Pertinencia:**vEl ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE:
PRODUCTIVIDAD**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
3	DIMENSIÓN 1 EFICIENCIA $I.E = \frac{TUP}{TTF}$ I.E: Índice de Eficiencia TUP: Tiempo efectivo de operación TTF: Tiempo teórico operación de las fajas transportadoras	x		x		x		
4	DIMENSIÓN 2 EFICACIA $I.E = \frac{UR}{UP}$ I.E: Índice de Eficacia UR: Toneladas de roca fosfórica trasladadas UP: Tonealdas teórica a ser trasladadas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Ing Leonidas Benites Rodriguez DNI: 10614957 22 .de junio del 2021

Especialidad del validador: Ing Industrial

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS							
1	MTBF: Tiempo medio entre fallas TTI: Tiempo total de fallas NF: Número de fallas $MTBF = \frac{(TTF)}{NF}$	x		xx		x		
	DIMENSIÓN 2 Tiempo medio de reparación							
2	MTTR: Tiempo medio entre reparación TTI: tiempo total de inactividad TDF: Número total de fallas $MTTR = \frac{(TTI)}{TDF}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: Mg José Zeña Ramos

DNI: 17533125

Especialidad del validador: Ing Industrial

Firma del Experto Informante.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE:
PRODUCTIVIDAD**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1 EFICIENCIA							
3	$I. E = \frac{TUP}{TTF}$ <p>I.E: Índice de Eficiencia TUP: Tiempo efectivo de operación TTF: Tiempo teórico operación de las fajas transportadoras</p>	x		x		x		
	DIMENSIÓN 2 EFICACIA							
4	$I. E = \frac{UR}{UP}$ <p>I.E: Índice de Eficacia UR: Toneladas de roca fosfórica trasladadas UP: Tonealdas teórica a ser trasladadas</p>	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): es pertinente

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [x]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: . Mg José Zeña Ramos

DNI: 17533125

22 .de junio del 2021

Especialidad del validador: Ing Industrial

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.