



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

**TESIS**

**Gestión de mantenimiento para incrementar la  
disponibilidad de la flota de camiones autónomos  
de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**Autor**

Bach. Casquino Bernedo, Carlos Augusto  
<https://orcid.org/0009-0006-5533-5643>

**Asesor**

Dr. Vásquez Coronado, Manuel Humberto  
<https://orcid.org/0000-0003-4573-3868>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y  
organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy el Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto, del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto	DNI: 42615950	
---------------------------------------	---------------	---

Pimentel, 15 de enero de 2024.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE  
LA FLOTA DE CAMIONES AUTÓNOMOS DE LA MINERA QUELLAVECO,  
MOQUEGUA - 2024**

**Aprobación del Jurado**

---

DR. PUYEN FARÍAS NELSON ALEJANDRO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MG. ENEQUE MORALES JEAN JOSE JUNIOR

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

DR. VASQUEZ CORONADO MANUEL HUMBERTO

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar la culminación de la presente investigación en primer lugar a Dios, por haberme permitido tener la oportunidad de poder culminar mi carrera universitaria; proporcionándome la fortaleza diaria para continuar siempre por el camino del bien. De manera similar a mis padres y familia en general, por brindarme su respaldo incondicional; generando la fortaleza necesaria en cada despertar de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo manifestar expresamente mi agradecimiento especial y sincero al Dr. Manuel Humberto Vásquez Coronado, docente y guía; por ofrecerme su asesoría constante y desinteresada destinada al desarrollo de la investigación presente. Poniendo énfasis constante en los valores éticos y profesionales del lado de la parte cognitiva. De igual manera, a todas las personas que de alguna manera proporcionaron su apoyo y respaldo en el logro satisfactorio de la investigación en mención.

## Índice

Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Hipótesis	22
1.4. Objetivos	22
1.5. Teorías relacionadas al tema	22
II. MATERIALES Y MÉTODO	29
2.1. Tipo y diseño de investigación	29
2.2. Variables, operacionalización	30
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección	31
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	33
2.5. Procedimientos de análisis de datos	35
2.6. Criterios éticos	39
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1. Resultados	37
3.2. Discusión	92
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
4.1. Conclusiones	95
4.2. Recomendaciones	96
REFERENCIAS	98
ANEXOS	103

## Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de la variable dependiente.....	30
Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente.....	31
Tabla 3: Análisis de la confiabilidad.....	34
Tabla 4: Resultados de la entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento.....	43
Tabla 5: Registro del tiempo promedio entre fallas del año 2022.....	53
Tabla 6: Registro del tiempo medio de reparación del año 2022.....	55
Tabla 7: Disponibilidad de la flota antes de la propuesta.....	57
Tabla 8. Detalle de resultados de la ficha de verificación de las 5S.....	64
Tabla 9: Detalle de procedimiento autónomo.....	66
Tabla 10: Recomendaciones asociadas a la protección personal para los colaboradores.....	76
Tabla 11: Recursos para propuesta del layout.....	80
Tabla 12: Disponibilidad posterior a la propuesta.....	83
Tabla 13. Detalle de resultados finales de la ficha de verificación de las 5S.....	85
Tabla 14: Detalle de beneficio conseguido.....	88
Tabla 15: Detalle de los costos asociados.....	90

## Índice de figuras

Figura 1: Organigrama de la compañía.....	38
Figura 2: Flujograma para el recojo de mineral.....	40
Figura 3: Disponibilidad de metodología de apoyo a gestión de mantenimiento...	44
Figura 4: Disponibilidad de programación para las labores de mantenimiento.....	45
Figura 5: Disponibilidad adecuada de flota de camiones autónomos.....	46
Figura 6: Tiempo de respuesta para las órdenes de atención.....	46
Figura 7: Registro de reclamos por la calidad del servicio.....	47
Figura 8: Disponibilidad de supervisión en las tareas de mantenimiento.....	48
Figura 9: Disponibilidad de recursos para la ejecución de actividades.....	48
Figura 10: Disponibilidad de programa de capacitaciones.....	49
Figura 11: Diagrama de Ishikawa.....	51
Figura 12: Fases propuestas para la ejecución del TPM.....	62
Figura 13: Actividades de mantenimiento preventivo asignadas.....	69
Figura 14: Formato propuesto para la orden de trabajo de mantenimiento.....	70
Figura 15: Flujograma para la ejecución del mantenimiento de calidad.....	71
Figura 16: Alternativa propuesta para protección personal de colaboradores.....	77
Figura 17: Programación del mantenimiento preventivo en proposición.....	78
Figura 18: Cronograma TPM.....	79
Figura 19: Distribución de espacio de trabajo propuesta (diseño de Layout).....	81
Figura 20: Disponibilidad de flota de camiones antes y después de propuesta....	85
Figura 21. Disponibilidad de flota de camiones antes y después de la propuesta.	87

# **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES AUTÓNOMOS DE LA MINERA QUELLAVECO, MOQUEGUA - 2024**

## **Resumen**

La investigación tuvo como objetivo general incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos mediante la gestión de mantenimiento en la Minera Quellaveco. Realizado el levantamiento de información, fue constatada la necesidad de plantear la propuesta de implementación de la gestión de mantenimiento. Las técnicas ocupadas correspondieron ser la observación, entrevista, encuesta y análisis documental. Posterior al análisis inicial, se pudo afirmar que el principal problema identificado en el departamento de mantenimiento consistió ser la ejecución de mantenimiento correctivo en forma recurrente, ausencia de stock de repuestos y componentes, empleo incorrecto de equipos, así como la presencia de averías constantes; así también, se pudo evidenciar la ausencia del empleo de un método de trabajo claramente definido. Es por ello que el despliegue de las tareas de mantenimiento es prolongadas y recurrentes; aspectos que sin duda influyen de manera negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones. Entendido ello, se pudo plantear como problema: ¿De qué manera la gestión de mantenimiento permitirá incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024? Luego del desarrollo de la propuesta planteada, la cual incluyó el desarrollo de la gestión de mantenimiento y el diseño de layout; se pudo advertir que, con su implementación se alcanzó un valor final de 91.07% para la disponibilidad de la flota de camiones autónomos (mejora del 14.03%); alcanzado beneficio costo de S/. 1.32.

**Palabras clave:** Camiones autónomos, disponibilidad de equipos, gestión de mantenimiento.

## **Abstract**

The general objective of the research was to increase the availability of the fleet of autonomous trucks through maintenance management at Minera Quellaveco. Once the information was collected, the need to propose the implementation proposal for maintenance management was confirmed. The techniques used were observation, interview, survey and documentary analysis. After the initial analysis, it could be stated that the main problem identified in the maintenance department consisted of the execution of corrective maintenance on a recurring basis, lack of stock of spare parts and components, incorrect use of equipment, as well as the presence of constant breakdowns; Likewise, the absence of the use of a clearly defined work method could be evidenced. This is why the deployment of maintenance tasks is prolonged and recurring; aspects that undoubtedly negatively influence the availability of the truck fleet. Once this was understood, the problem could be posed: How will maintenance management increase the availability of the fleet of autonomous trucks at Minera Quellaveco, Moquegua - 2024? After the development of the proposed proposal, which included the development of maintenance management and layout design; It was noted that, with its implementation, a final value of 91.07% was reached for the availability of the autonomous truck fleet (improvement of 14.03%); achieved cost benefit of S/. 1.32.

**Keywords:** Autonomous trucks, equipment availability, maintenance management.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

La industria de la minería es un elemento de suma relevancia para la economía nacional, es por ello que garantizar la continuidad operativa de las diversas flotas de camiones que la integran es un aspecto en el que muchas de las compañías inciden, poniendo todos los esfuerzos y recursos para su atención; pretendiendo en forma resultante mantener en forma constante la ejecución de sus procesos de extracción, favoreciendo el incremento de la productividad para las mismas [1]. Las herramientas de Lean Manufacturing proveen diversas soluciones metodológicas destinadas a la atención de problemas escépticos para cada contexto.

Internacionalmente, en Cuba, fue realizado un estudio por [2], con la finalidad de llevar a cabo el análisis de criticidad como técnica específica destinada a la determinación de probabilidades de presentación de fallas, así como consecuencias derivadas. El estudio ocupó un método puntual basado en las etapas de análisis, inducción, estructuración, medición y finalmente modelación. Como parte de la propuesta planteada, se ocupó la gestión del mantenimiento, persiguiendo de manera específica garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de la compañía y que fueron se clasificados como críticos de acuerdo a su actividad. Los estudiosos concluyen afirmando que la gestión del mantenimiento permitió mitigar riesgos de fallos en la maquinaria crítica identificada.

También en Cuba, [3] realizaron otro estudio con el propósito de llevar a cabo el desarrollo de un modelo de enfoque logístico a ocuparse en el diagnóstico de la gestión del mantenimiento para advertir oportunidades de mejora en contribución al incremento de la disponibilidad de equipos para la compañía de estudio. Se ocuparon la observación y análisis documentario, modelo de diagnóstico, diagrama de Ishikawa, método de estimaciones y el Modelo de Aseguramiento al Proceso. Los estudiosos mencionan que con la aplicación de la

propuesta posibilitó advertir causas y sub causas de afectación sobre la gestión del mantenimiento y el cálculo de los ciclos logísticos para el abastecimiento de piezas de repuesto y componentes de priorización en las compras.

Por otro lado, en Venezuela, fue preparado un estudio por [4], el cual tuvo el propósito de detallar la situación actual en relación a la gestión de mantenimiento al interior de entidades de tipo públicas; ello, a razón del requerimiento en la adaptación y mejoramiento de procesos relacionados al mantenimiento. Estudio descriptivo, no experimental y transeccional. El estudio concluye asegurando que las compañías públicas consideradas en el estudio requieren incluir en sus planes de mantenimiento las necesidades de los colaboradores y usuarios finales. De igual manera, aplicar la mejora continua para incrementar la calidad de los procesos, siendo fortalecido con las tareas del mantenimiento preventivo en favor de la continuidad operativa de la maquinaria para el desarrollo de los procesos.

Similar a lo encontrado en Ecuador por [5], al interior de una compañía del sector salud, en donde se precisa que los fallos acontecidos sobre la maquinaria y equipos determinan resultados inestimables. Es por ello que se incide en la relevancia de disponer de una eficiente gestión de mantenimiento como herramienta primaria para el abordaje de este aspecto mencionado. Al interior del estudio se ocupó un método basado en cinco etapas, iniciando con la selección de criterios para la valoración, ponderaciones, diseño de instrumento para la valoración, validación del instrumento e identificación de factores con presencia de desempeño en nivel bajo. Los resultados evidenciaron que la gestión de mantenimiento es sumamente importante para las empresas, más aún al tratarse de compañías del sector de la salud. Los estudiosos concluyen que las tareas de planeamiento, programación y también control al interior de la gestión de mantenimiento resultan ser los criterios con mayor potencial para la mejora.

En Colombia, [6] elaboraron un estudio que propuso optimizar la ocupación de recursos al interior del departamento de mantenimiento, determinando equilibrio en relación

a la planificación del abastecimiento. La propuesta detalló el empleo de la gestión de mantenimiento complementada con un algoritmo genético, el cual reduzca el tiempo ocupado en el mantenimiento programado semanal, cumpliendo con las condiciones determinadas y sus frecuencias de aplicación. Los estudiosos concluyen afirmando que con la propuesta se alcanzó un plan eficiente, mejorando en forma significativa el empleo de recursos intervinientes y minimizando las paradas frecuentes de equipos.

En Ecuador, fue preparado un estudio por [7] el cual tuvo como propósito llevar a cabo la identificación y solución de problemas puntuales al interior del proceso productivo y ante la presencia de constantes paradas por averías de los equipos. La propuesta planteó implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria en disposición de la compañía. Se desarrollaron como etapas el análisis de criticidad el análisis de efectos y finalmente el modo de fallas. Se procedió a desarrollar el plan de gestión de mantenimiento, incidiendo en las actividades destinadas a la lubricación, proceso de inspección y tareas de control para la maquinaria productiva. Los resultados determinaron que el indicador más adecuado destinado a la medición de la confiabilidad consiste en el tiempo promedio entre paradas o MTBF, precisando el aumento de confiabilidad y mejora de calidad en 3.59; reflejándose en la mejor disponibilidad de equipos productivos. Los estudiosos concluyen afirmando que con la aplicación del plan de mantenimiento planteado pudo alcanzarse el 87.00% para la confiabilidad, resultados aceptables y favorables para la compañía estudiada.

Por otro lado, fue realizado una investigación por [8] en Bolivia, con el objetivo de identificar el tipo de mantenimiento aplicado para los equipos de una compañía petrolera. Estudio descriptiva, no experimental y transeccional. Con población de cinco superintendentes y 10 supervisores del departamento de mantenimiento. Se ocupó como técnica la encuesta, con aplicación de un cuestionario de siete ítems. Fue realizada la validación empleando el juicio de expertos (5), con confiabilidad en 0.84 (alfa de Cronbach). Los resultados evidenciaron la presencia de solo mantenimiento de tipo correctivo,

determinando de esta forma una oportunidad de mejora en su atención. La propuesta basada en el TPM, incluyó un plan de mantenimiento de tipo preventivo y predictivo; ejecutado de acuerdo a calendarización específica. Se concluye mencionando que, con la propuesta pudo desarrollarse las actividades de mantenimiento en forma más eficiente y programada; favoreciendo el incremento de la disponibilidad de los equipos, así como la mejora de la productividad del departamento de mantenimiento de la compañía abordada en el estudio.

En Cuba, [9] prepararon otro estudio en el que se propuso el desarrollo de un mecanismo destinado a la evaluación del mantenimiento ejecutado para una flota de vehículos de transporte. Fueron ocupados métodos estadísticos, análisis, síntesis, modelación, análisis sistémico de los procesos de mantenimiento; así también indicadores para medir la confiabilidad. Los resultados determinaron ciertos elementos críticos; los cuales se asociaban principalmente a la ausencia de cantidades demandadas de partes, piezas e insumos a ocupar en las tareas de mantenimiento. Se concluye que, con la propuesta de gestión de mantenimiento, se pudo normalizar la gestión de los recursos ocupados al implementar como parte de la propuesta la ocupación de un ERP para tal fin.

También en Cuba, fue realizado un estudio por [10], en donde fue analizado el nivel de variación para indicadores de gestión de mantenimiento, con afectación sobre los procesos productivos. La propuesta planteó diseñar un modelo de gestión del mantenimiento basado en la técnica multicriterio, la cual aporte a generar un plan de mantenimiento eficiente y que posibilite la toma de decisiones a nivel empresarial. La propuesta contempló una secuencia de detección, cálculo y análisis de recursos requeridos para la ejecución de las labores de mantenimiento. Los estudiosos concluyen que, con la propuesta se advirtió el desarrollo de trabajo más ordenado y eficiente al interior del departamento de mantenimiento, consiguiendo también la adecuada disponibilidad de recursos a ocupar como parte de las actividades desarrolladas. Paralelamente, se pudo incrementar la disponibilidad de maquinaria posterior a la implementación de la propuesta preparada.

En el contexto nacional, en Huancayo, [11] llevaron a cabo un estudio con la finalidad de determinar el nivel de correlación para el plan de gestión de mantenimiento y continuidad operativa al interior de una compañía industrial. Estudio de enfoque mixto y aplicado, con diseño no experimental, transversal y correlacional. Dispuso de población de 33 colaboradores. Los resultados permitieron demostrar que existe una correlación directa para las variables estudiadas. Se concluye asegurando que al implementar el plan de gestión de mantenimiento garantizará el adecuado empleo de recursos intervinientes en las actividades de mantenimiento, generando finalmente disponer de una adecuada disponibilidad en relación a la maquinaria y equipos de la compañía.

Comparable a lo encontrado en la ciudad de Lima por [12], quien propuso la mejora del nivel de indicadores de mantenimiento para equipos de transporte de carga. La propuesta basada en la gestión de mantenimiento buscó de manera principal el incremento de disponibilidad de la flota de unidades de transporte. Estudio cuantitativo y cuasi experimental. Presentó muestra de 30 unidades. Los resultados evidenciaron el incremento de la disponibilidad de las unidades de transporte en 9.00%. Sumado a ello, pudo reducirse el tiempo destinado a la reparación de las unidades a través de la implementación de estrategias detalladas en el plan de gestión de mantenimiento. Se confluje afirmando lo beneficioso de la aplicación de la propuesta, presentando como resultado más relevante la mejora en cuanto a la disponibilidad de las unidades; aspecto de importancia e interés para la compañía.

También en Lima, [13] prepararon otro estudio, el cual propuso implementar la gestión de mantenimiento al interior de una compañía industrial. De manera específica se propuso ocupar como herramienta el Mantenimiento Productivo Total. En forma inicial fue realizado el análisis de la problemática específica presentada, para luego analizar y detallar el plan a desarrollar. Seguido, se desarrolló el plan en referencia, para posterior a ello llevar a cabo la valoración económica de la propuesta. El investigador concluye mencionando que con la implementación basada en el TPM se pudo lograr la mejora en cuanto a la disponibilidad de la maquinaria propia de la compañía.

Por otro lado, en Huancayo [14] elaboraron una propuesta de gestión de mantenimiento destinada a una flota de equipos Caterpillar de unidad minera para la compañía Ferreyros S.A. La propuesta ejecutó como actividades el desarrollo, ejecución y mejora de las actividades internas del departamento de mantenimiento; garantizando de esta manera la adecuada disponibilidad de equipos, ejecutando procedimientos que certifiquen la operatividad, mantenimiento y también confiabilidad. Se concluye que la propuesta resultó favorable, incrementando la disponibilidad en 11.00%; resultado que es de beneficio para la compañía minera.

Así también, en Chimbote, [15] elaboraron una propuesta basada en la gestión de mantenimiento con la finalidad de incrementar la disponibilidad operativa de los equipos de nivel críticos. Estudio explicativo y aplicado, pre experimental y cuantitativo. Presentó población de 25 equipos y muestra de 13 equipos de nivel crítico para las operaciones de la compañía. Las principales herramientas fueron la encuesta, diagrama de Ishikawa y Pareto, análisis de criticidad. Los resultados evidenciaron que con la aplicación del plan de gestión de mantenimiento la disponibilidad operativa se pudo incrementar hasta 98.57%. Los estudiosos concluyen que la gestión de mantenimiento resultó ser una herramienta eficiente en favor del incremento de la disponibilidad de las unidades; así también, se consiguió ahorro a nivel económico por S/. 3,0215.20 en gastos operativos.

En el contexto local al revisarse un artículo en Chiclayo, [16] fue elaborado una propuesta de gestión de mantenimiento destinado al incremento en cuanto a la disponibilidad y confiabilidad para vehículos GLP. Durante el estudio, pudo determinarse que la disponibilidad presentada variaba entre 90.00% y 92.00%. La problemática principal se orienta a el solo desarrollo de mantenimiento de nivel correctivo para unidades convertidas a GLP. Los resultados advierten que, con la propuesta implementada el nivel de confiabilidad pudo incrementarse en hasta 7.00%. Concluyendo y afirmando lo beneficioso de la propuesta realizada.

Similar a lo encontrado también Chiclayo por [17], en donde como propuesta fue diseñado un plan de gestión de mantenimiento destinado a la flota vehicular de una compañía del rubro de transportes. Se ocuparon como técnicas la observación, encuesta y también entrevista. Uno de los problemas de mayor relevancia fue la ausencia del plan de gestión de mantenimiento para la flota vehicular, ausencia de formatos de registro y control, ausencia de mantenimiento programado, ausencia de compromiso de parte de los colaboradores y paradas por mantenimiento correctivo de la flota vehicular. Con la puesta en marcha de la propuesta y basados en los resultados, se pudo evidenciar un cambio significativo en el desarrollo de las actividades internas, así mismo favoreció el incremento de la disponibilidad de las unidades. Se concluyó precisando que existe la necesidad de compromiso gerencial como soporte en el desarrollo del plan en mención para poder lograr resultados favorables, como lo fue el caso de la compañía de estudio; reduciendo también costos de mantenimiento en 50.00%.

Comparable con lo encontrado por [18] en Chiclayo, en donde ante la presencia de averías constante en la maquinaria, traía consigo paradas inesperadas y recurrentes del proceso de producción en una compañía industrial de fabricación de pallets afectando la productividad de la misma. Como parte del análisis, se pudo identificar la ausencia de cultura preventiva de mantenimiento y colaboradores con conocimiento empírico, limitándose a realizar tareas de mantenimiento de tipo correctivo. Con la recopilación de información, pudieron encontrarse 105 fallos, los cuales originaban 989 horas de parada de máquina, con costos de mantenimiento correctivo por S/. 29,130.00 nuevos soles. Se identificaron tres equipos críticos, siendo estos los molinos 1 y 2 y el extractor pelletizador. Los resultados evidenciaron que con la implementación de la propuesta basada en la gestión de mantenimiento con soporte en la confiabilidad se pudo reducir las paradas de máquina en 60.53%. Se concluyó precisando que los indicadores de confiabilidad se incrementaron a 97.29%, mantenibilidad se redujo a 90.56% y disponibilidad incrementó en 4.04%.

Uno de los principales problemas que aborda el segmento minero a nivel de operaciones, es la ausencia de aplicación de herramientas destinadas a la mejora continua; por otro lado, existe gran presencia de personal empírico, que en la mayoría de los casos son reacios a la ocupación de nuevos métodos y soluciones basadas en ingeniería [17]. Con lo cual, se entiende la relevancia e impacto que puede generar el empleo de las herramientas de Lean Manufacturing para diversos escenarios de estudio. La compañía minera abordada para el estudio realizado se sitúa en la ciudad de Moquegua; presentando como actividad principal la extracción de cobre; con presencia en el mercado desde el año 2018 y forma parte del desarrollo gestionado por el grupo Anglo American.

Los principales problemas identificados al interior del departamento de mantenimiento de la compañía minera son la ejecución de mantenimiento correctivo en forma recurrente, ausencia de stock de repuestos y componentes, empleo incorrecto de equipos, así como la presencia de averías constantes; así también, se pudo evidenciar la ausencia del empleo de un método de trabajo claramente definido. Es por ello que el despliegue de las tareas de mantenimiento es prolongadas y recurrentes; aspectos que sin duda influyen de manera negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones. Por lo cual se advierte que, al poder implementar herramientas metodológicas soportadas en ingeniería, como es el caso del Lean Manufacturing, impactarán positivamente en el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera.

La principal justificación consiste en que, al llevar a cabo el desarrollo del presente estudio, el nivel de disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera no era el esperado; disponiendo de valor porcentual por bajo del estimado y requerido para atender las actividades programadas. Sumado a ello, encontró justificación teórica al analizar literatura vinculada a la ocupación de herramientas Lean Manufacturing para el incremento de la disponibilidad de equipos, consiguiendo precisar teoría metodológica en abordaje a problemática presente en el contexto de estudio. Por otro lado, generó un aporte inicial a ocupar en investigaciones similares; con lo que se establece teoría de incremento de la

disponibilidad de equipos implementando la gestión de mantenimiento como alternativa de solución y que se pueda usar en distintas compañías. Encontró justificación práctica puesto que, al desarrollar el estudio pudo constatar que el nivel de disponibilidad de la flota de camiones autónomos no era el esperado; constatando así la ausencia de método específico en la ejecución de las tareas de mantenimiento dentro de la compañía minera. Por lo que, resultó de importancia implementar la gestión de mantenimiento como propuesta específica para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones en referencia. Encontró justificación metodológica, en cuanto se ocuparon distintos instrumentos para recolectar información para el estudio, con el propósito de identificar problemática precisa que tenía afectación sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos. Sumado a ello, en cuanto se propuso como alternativa de solución la ocupación de la gestión de mantenimiento, destinada al incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera. Encontró justificación económica, en la medida que fue mejorada la problemática advertida, incrementando la disponibilidad de la flota de camiones autónomos; generando mayor productividad e ingresos económicos para la compañía minera y estabilidad laboral en favor de los colaboradores.

La importancia del presente estudio radica en cuanto la adecuada gestión de mantenimiento posibilita garantizar la continuidad operativa de la maquinaria de la compañía minera, extendiendo su tiempo de vida útil e impactando positivamente sobre el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos en forma directa; aspecto que es crucial para las compañías de este segmento, porque sin duda afecta en forma directa sobre la productividad general de las mismas. Siendo así, que resultó de suma importancia poder llevar a cabo el estudio en referencia, persiguiendo lograr resultados favorables y medibles bajo la ocupación de indicadores en específico para tal propósito.

## **1.2. Formulación del problema**

¿La gestión de mantenimiento permitirá incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024?

## **1.3. Hipótesis**

La gestión de mantenimiento incrementa la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos mediante la gestión de mantenimiento en la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

a) Identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la empresa minera.

b) Detallar la propuesta de gestión de mantenimiento para el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos.

c) Evaluar el beneficio costo asociado a la propuesta de investigación.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Gestión de mantenimiento**

#### **1.5.1.1. Definición de mantenimiento**

Según Boero [19], el mantenimiento consiste en un requerimiento latente al interior de las compañías en cuanto la maquinaria demanda ser revisada o reparada, como resultado

del tiempo de uso, lo cual afecta el tiempo de vida. Es por ello que resulta necesario disponer de un sistema de mantenimiento y colaboradores calificados en la atención de estos escenarios. Olives [20] afirma que se refiere a un grupo de tareas realizadas con el propósito de mantener en forma adecuada el estado de la maquinaria y equipos.

#### **1.5.1.2. Objetivos del mantenimiento**

García [21] indica que el principal propósito del mantenimiento consiste en disponer de un adecuado nivel en relación a la disponibilidad y confiabilidad, extender la vida de la maquinaria y equipo, así como realizar el ajuste de tareas programadas para el mantenimiento.

a) Evitar paradas de los equipos. Anticiparse a posibles fallas para de esta manera evitar la interrupción del proceso productivo.

b) Alargar la vida útil. El mantenimiento determina fechas adecuadas destinada a cada uno de los equipos en disposición, así como su revisión periódica maximizando su cometido.

c) Mantener los equipos adecuada condición. El mantenimiento aporta a los colaboradores que operan los equipos o maquinaria para mantenerse seguros y de esta forma incrementar su desempeño.

d) Reducir costos. El mantenimiento llevado a cabo en forma correcta, reduce costos asociados a paradas en la producción y reparaciones.

#### **1.5.1.3. Tipos de mantenimiento**

a) Mantenimiento correctivo. Calvo y Sierra [22] mencionan que se refiere a toda acción inmediata llevada a cabo posterior a la presencia de un fallo y que el proceso productivo tiene que ser detenido para llevar a cabo las reparaciones necesarias.

b) Mantenimiento preventivo. Moubray [23] precisa que son un grupo de medidas destinadas a la reducción del deterioro de maquinarias o equipos hasta conseguir un adecuado nivel que prolongue su tiempo de vida. SIMA [24] menciona que consiste en toda

acción que aporta a la prevención de fallos en la maquinaria y equipos, garantizando el adecuado funcionamiento y continuidad del proceso principal de la compañía. Para ejecutar este tipo de mantenimiento, resulta fundamental entender el estado de la maquinaria y equipos, así como cada una de las partes que las conforman [19]. Antes que acontezca un fallo, es posible identificar tres categorías específicas [22]:

Sistemático o programado. Las tareas de mantenimiento son establecidas en forma regular, de acuerdo a la criticidad asociada según la programación para revisión, tiempo en funcionamiento, etc.

De oportunidad. Llevado a cabo cuando acontece una parada por falta de funcionamiento y es realizado mantenimiento, revisión o reparación.

Condicional. Las tareas de mantenimiento dependen de otro evento establecido preliminarmente.

#### **1.5.1.4. Beneficios del mantenimiento preventivo**

- Actuar rápidamente.
- Realizar múltiples reparaciones en un solo esfuerzo.
- Disminuir la cantidad de interrupciones.
- Mejora rendimiento de maquinaria.
- Previene el incremento de fallos.
- Minimiza riesgos asociados al sistema de seguridad.
- Disminuir gastos.

#### **1.5.1.5. Diseño del plan de mantenimiento**

Olives [20] menciona que primero debe determinarse el alcance y si se realizará con personal mixto, de terceros o de la misma organización. La variación de estos depende de la magnitud de la compañía y recursos en disposición.

a) Inventario. Con la finalidad de ejecutar la gestión de mantenimiento, deberá de prepararse el inventario en relación a la maquinaria y equipos, lo cual requerirá la codificación de cada uno de ellos con el fin de mantener actualizado el listado en disposición; disponiendo de código, particularidades de tipo técnico y asignación de tareas de mantenimiento [20].

b) Fichas de mantenimiento. Herramientas ocupadas como guías destinadas a la realización del mantenimiento llevado a cabo en distintos puntos de la maquinaria en disposición y que se determinan dependiendo del tipo de equipo. Contienen el nombre de la máquina, responsable, aspectos a valorar, lista para control, tiempo para la actividad en revisión, detalles observados y firma (operador interviniente) [20].

c) Medición de tareas programadas. Una vez culminadas las tareas del mantenimiento preventivo, será necesario valorar resultados obtenidos en las revisiones llevadas a cabo. Deberá tomarse en cuenta información conseguida preliminarmente, así como recambios ocupados, tiempos y estado de componentes intervinientes [20].

d) Revisión del plan de mantenimiento. Es necesario actualizar el plan en referencia para adaptarlo al centro de trabajo, ya que no es estable y puede cambiar garantizando mejor desempeño en relación a la maquinaria, productividad y también seguridad [20].

#### **1.5.1.6. Política de gestión de mantenimiento preventivo**

Es necesario determinar la política de mantenimiento precisando de manera clara objetivos del servicio, métodos y recursos requeridos para poder lograrlos. Estos objetivos variarán de acuerdo al tipo de maquinaria o equipos en atención, bajo consideraciones técnicas específicas [20].

### **1.5.2. Disponibilidad de equipos**

#### **1.5.2.1. Definición**

Duffuaa et al. [25] menciona que se refiere a la situación de maquinaria o equipo en operatividad y cumplimiento de parámetros solicitados para el desempeño eficiente.

Torell y Avelar [26] es un factor destinado a la determinación de la condición específica para la maquinaria y equipos durante un tiempo específico. El factor dependerá de la confiabilidad y el tiempo de recuperación para la avería.

Penabad et al. [27] acontece cuando la maquinaria o equipos se encuentran en pleno funcionamiento y de acuerdo a sus características de desempeño.

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

Siendo:

MTBF: Tiempo medio entre fallos

MTTR: Tiempo medio de reparación

#### **1.5.2.2. MTBF (tiempo medio entre fallos)**

Sierra y Andrea [28] cantidad de tiempo que la maquinaria opera en forma correcta y facilita valorar el nivel de confiabilidad. Siendo así que, el tiempo medio entre fallos consiste en la confiabilidad para el adecuado desempeño de la maquinaria, siendo calculado mediante la división del tiempo total de paros como resultado de un fallo entre el número total de fallos presentados.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total de paro por averías}}{\textit{Número total de averías}}$$

#### **1.5.2.3. MTTR (tiempo medio de reparación)**

Sierra y Andrea [28] tiempo demandado por la maquinaria para volver a funcionar después de presentar algún fallo. Siendo así que, el tiempo promedio de reparación es la durabilidad asociada a las tareas de mantenimiento. Es calculado mediante la división de cantidad total de averías entre el tiempo total que se necesita para reparar un equipo o maquinaria.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de inactividad por reparación}}{\textit{Número total de averías}}$$

Se puede calcular el tiempo total de inactividad por reparación tomando en cuenta cuando acontece la falla, cuando acontece la alerta, el tiempo de reparación y finalmente el tiempo que se ha dedicado a verificar el correcto funcionamiento de la maquinaria [28].

$$TA = A + TTR + C$$

Siendo:

TA: Tiempo total de inactividad por reparación

A: Tiempo de aviso

TTR: Tiempo de reparación

C: Tiempo de comprobaciones u otros

#### **1.5.2.4. Tasa de fallos**

Indicador ocupado por el responsable de mantenimiento para calcular el número total de averías ocurridas para varios equipos durante intervalos de tiempo específicos y de acuerdo a condiciones preestablecidas. Con lo cual, logra determinar medir la confiabilidad de los equipos valorados [28].

$$TF = \frac{\text{Número de averías}}{\text{Número de horas en funcionamiento}}$$

#### **1.5.2.5. Averías o fallos**

Interrupción del adecuado desempeño en relación a la maquinaria o equipos, la cual puede originarse como resultado de componentes que no funcionan en forma correcta, dificultando el correcto funcionamiento en todo el equipo [27].

Techint [29] todo daño suscitado en maquinaria o equipos empleados por la compañía, afectando la disponibilidad y confiabilidad. Sin embargo, dependiendo de la gravedad de los daños, estas fallas o averías pueden clasificarse en dos categorías.

a) Avería o fallo esporádico. Es una falla que ocurre ocasionalmente, lo que provoca la suspensión de la operación de la maquinaria. Sin embargo, esta falla o avería no es difícil

de solucionar, ya que el mantenimiento es una tarea sencilla y después de realizar las medidas de corrección, la maquinaria funciona nuevamente.

b) Avería o fallo crónico. Situación común ocurrida, pero a menudo pasa desapercibida porque se confunde con condiciones a nivel operativo de la maquinaria y equipos. Responden a múltiples factores, siendo la corrección complicada. Es recomendado crear el diagrama de Pareto destinado a plasmar en mejor forma las causas para posterior a ello sugerir alternativas de mejora.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación

El estudio fue aplicado, como resultado de la aplicación directa de la gestión de mantenimiento como solución primaria ante la problemática advertida en el departamento de mantenimiento de la Minera Quellaveco. La investigación aplicada se define como el uso ordenado de información específica con el objetivo de resolver problemas relacionados con el tema de estudio [30].

También fue cuantitativo, al ser acopiada y analizada información numérica y de asociación a la problemática del departamento de mantenimiento; llevando a cabo cálculos de tipo estadísticos. La investigación cuantitativa implica la recopilación de información para verificar o rechazar hipótesis previas, así como el uso de análisis numérico estadístico para verificar la teoría [30].

Sumado a ello, también fue descriptiva; como consecuencia de la observación directa y descripción de los procesos llevados a cabo al interior del departamento de mantenimiento, analizando e interpretando en detalle el escenario dispuesto al momento del estudio. Las investigaciones descriptivas detallan, registran, analizan e interpretan situaciones particulares sobre fenómenos relacionados con los estudios [30].

#### 2.1.2. Diseño de investigación

El estudio fue no experimental, debido a la ausencia de manipulación en relación de las variables de estudio, aconteciendo su estudio al interior del contexto de la compañía minera. Precisando entonces que, se realizó el análisis de los procesos del departamento de mantenimiento de manera específica. En ese sentido, también dispuso corte transversal; ya que todo dato analizado se encontró limitado en un tiempo preciso. Cuando se demuestra

que las variables examinadas en el estudio no presentan manipulación, se considera un diseño no experimental [30].

## **2.2. Variables, operacionalización**

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos, de acuerdo a Duffuaa et al. [25] mencionan que se refiere a la situación de maquinaria o equipo en operatividad y cumplimiento de parámetros solicitados para el desempeño eficiente.

Variable independiente: Gestión de mantenimiento, según Boero [19], consiste en un requerimiento latente al interior de las compañías en cuanto la maquinaria demanda ser revisada o reparada, como resultado del tiempo de uso, lo cual afecta el tiempo de vida.

**Tabla 1.** Operacionalización de la variable dependiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instru mento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Disponibilidad de equipos	Se refiere a la situación de maquinaria o equipo en operativa d y cumpliment o de parámetros solicitados para el desempeño eficiente [25]	Manera de calcular cuánto tiempo el equipo está funcionando como debería. Si tiene más disponibilidad, puede producir más y tener un mejor rendimiento	Confiabilidad	$= \frac{MTBF}{\text{Número de averías}}$	Guía de análisis documental	Numérico	Numérica	Razón
			Mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Número de averías}}$				
			Disponibilidad de equipos	$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \%$				

**Tabla 2.** Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
Gestión de mantenimiento	Consiste en un requerimiento latente al interior de las compañías en cuanto la maquinaria demanda ser revisada o reparada, como resultado del tiempo de uso, lo cual afecta el tiempo de vida [19]	Actividad de mantenimiento o para los recursos de una compañía. El objetivo es controlar los gastos, el tiempo y recursos	Planificación	Problemas identificados Metas y objetivos propuestos Número de equipos atendidos	Guía de observación y guía de entrevista y cuestionario	Numérico	Numérica	Razón
			Ejecución	Reducción de averías				
			Control	Actividades de monitoreo y seguimiento interno				

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **2.3.1. Población**

Estuvo compuesta por la totalidad de colaboradores y la flota de camiones pertenecientes a la compañía minera. La población es un conjunto de piezas que comparten características [30].

### **2.3.2. Muestra**

Se compuso por los colaboradores del departamento de mantenimiento (10) y por la flota de camiones autónomos 794AC (30) de la compañía minera. La muestra consiste en un subconjunto distintivo de una población que está relacionada con una investigación específica y que tiene características similares a la población seleccionada [30].

### **2.3.3. Muestreo**

Es precisado que fue ocupado el muestreo por conveniencia no probabilístico, destinado a la determinación de muestra sencilla como resultado de la disponibilidad y accesibilidad a los colaboradores e información de la compañía minera.

### **2.3.4. Criterios de selección**

Criterio de inclusión: Camiones autónomos 794AC y colaboradores de compañías mineras, situados en la ciudad de Moquegua.

Criterio de exclusión: Camiones autónomos 794AC y colaboradores de compañías mineras, que no se sitúan en la ciudad de Moquegua.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos**

El análisis documentario fue una de las técnicas empleadas con la finalidad de llevar a cabo la revisión, análisis y procesamiento de toda información relacionada a los procesos ejecutados en el departamento de mantenimiento de la compañía minera; advirtiendo

información de importancia para el estudio, para ser detallada en forma posterior. El análisis documentario consiste principalmente en analizar la documentación registrada para obtener datos relacionados con un indicador [31]. El instrumento ocupado fue la guía de análisis documentario.

Fue aplicada la observación durante el horario laboral de la compañía minera y en forma específica al llevar a cabo las visitas programadas para la recolección de información ocupando la observación. Consiste en una técnica para la exploración y descripción de eventos con precisión, donde se recopila información para la interpretación de eventos [31]. El instrumento ocupado fue la lista de cotejo.

La entrevista consistió en otra de las técnicas destinadas a la recopilación de información, la cual fue provista por el jefe del departamento de mantenimiento y que se relacionó principalmente al conocimiento y opinión en cuanto a la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de equipos presente en la compañía de estudio. Fue realizada con la finalidad de poder advertir problemas específicos y que incidían sobre la baja disponibilidad de equipos presentada al momento del estudio. La entrevista es una técnica especial en investigaciones múltiples, ya que es básicamente un diálogo cordial entre dos personas en el que se hacen preguntas abiertas y el entrevistado responde según su criterio [31]. El instrumento ocupado fue la guía de entrevista.

También se utilizó la encuesta, destinada a la recopilación de información proveniente de los colaboradores del departamento de mantenimiento y que detalló procesos internos, problemas y otros aspectos que incidían en forma negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos. La encuesta es un método para recopilar información diversa a partir de la cantidad de participantes mediante preguntas cerradas [31]. El instrumento ocupado fue el cuestionario de encuesta.

### 2.4.2. Validez y confiabilidad

En relación al apartado de la validez, se precisa que tuvo aplicación directa en cuanto los instrumentos ocupados en el estudio fueron validados a través del juicio de tres expertos conocedores y con vasta experiencia en el tema. La validez se define como la capacidad de un instrumento estadístico en particular para realizar mediciones de lo que realmente debe medirse después de haber sido utilizado por completo [32].

En relación a la confiabilidad, se advierte que para tal propósito fue aplicado el alfa de Cronbach, valorando el nivel en cuanto a la confiabilidad del instrumento ocupado; alcanzando valor final en 0.849412287; determinando de esta manera adecuación en cuanto a la confiabilidad. El alfa de Cronbach se calcula de dos maneras: en relación a varianzas o correlaciones entre ítems; se utiliza para medir las relaciones entre las variables de una escala [32].

**Tabla 3.** Análisis de la confiabilidad

Parámetros	Valores
Alfa de Cronbach	0.849412287
K	10
Vi	4.72
Vt	20.04

### 2.5. Procedimientos de análisis de datos

Para el estudio llevado a cabo, las tareas relacionadas a este apartado se realizaron como sigue:

Inicialmente se procedió a ejecutar el ordenamiento de la información y datos que fueron importantes para el estudio, los cuales se encontraron vinculados a la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera y que se recolectaron a través de

los instrumentos destinados para este fin (guías de observación y entrevista, sumado al cuestionario de encuesta.

Se hizo uso del programa Excel 2021, con el propósito de elaborar las tablas y también figuras estadísticas necesarias para la correcta agrupación y visualización grafica de la información obtenida a través de la aplicación de instrumentos.

Posterior a ello, se plasmó en el estudio, siendo complementado con el análisis respectivo para cada resultado. Dando una luz inicial sobre las causas que pudieron dar origen a un resultado adverso y las soluciones propuestas en su atención.

## **2.6. Criterios éticos**

El estudio dispuso de confidencialidad, ya que durante el desarrollo del mismo se protegió toda identidad asociada a los trabajadores de la Minera Quellaveco, siendo esta fuente de información al interactuar con los instrumentos aplicados de manera directa en el despliegue del estudio realizado.

El estudio dispuso de originalidad, ya que al ocupar información de teoría específica o proveniente de otros estudios realizados y que fue ocupada en el estudio, se procedió a citarla y referenciarla en forma detallada.

El estudio dispuso de veracidad, puesto que los resultados conseguidos como resultado de la aplicación de la propuesta planteada fueron expuestos en forma real al interior del estudio.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Resultados**

##### **3.1.1. Diagnóstico de la empresa**

###### **3.1.1.1. Información general de la empresa**

Es preciso mencionar que la empresa de estudio forma parte del grupo Ferreycorp, la cual opera mediante subsidiarias focalizadas y que disponen de especialización específica. Siendo orientada a comercios de distribución, servicios y soporte; para diversas marcas reconocidas, las cuales manejan estándares, eficiencia y disponen de rentabilidad; trabajando paralelamente en la formación de la totalidad de colaboradores, determinando ser un referente para otras compañías.

En 1922, Enrique Ferreyros junto con sus socios constituyeron Enrique Ferreyros y Cía. Sociedad en Comandita, dedicada a comercializar productos destinados al consumo masivo. En 1942, la compañía asume representatividad de Caterpillar Tractor Co., irrumpiendo en diversos comercios, redefiniendo la cartera de clientes, determinando el desarrollo corporativo. Durante la década del 60, representaron diversas líneas de maquinaria y equipos, tal es el caso de Massey Ferguson. Sumado a ello, en 1962 forma parte de la Bolsa de Valores en Lima. Durante el año 1981, la compañía presentó modernización en cuanto a su estructura, pasando a ser sociedad anónima. Siendo finalmente sociedad anónima abierta en 1998, inscribiéndose como Ferreyros S.A.A.

Durante el 2012 y siendo resultado del desarrollo de Ferreyros, fue realizada la reorganización a nivel corporativo. Durante el año 2013, como resultado de la modificación, Ferreyros S.A.A. fue transformada a Ferreycorp S.A.A., siendo asumido un rol de tipo corporativo, como holding, siendo propietario de la totalidad de subsidiarias, locales y extranjeras. Ferreyros S.A. solo comercializa maquinaria, equipos y servicios post venta para la línea Caterpillar. Siendo así que, en el año 2015, la estructura dispone de un diseño que posibilita a las subsidiarias enfocarse de manera más adecuada a la cartera de clientes,

consiguiendo cobertura correcta en la atención de oportunidades, mejorando sus capacidades a nivel operativo.

### **Misión**

Suministrar soluciones requeridas por nuestros clientes, poniendo a su disposición bienes y servicios destinados a la creación de valor al interior del mercado interactuante.

### **Visión**

Fortificar el liderazgo conseguido, disponiendo de reconocimiento de parte de los clientes, logrando metas de crecimiento trazadas.

### **Valores**

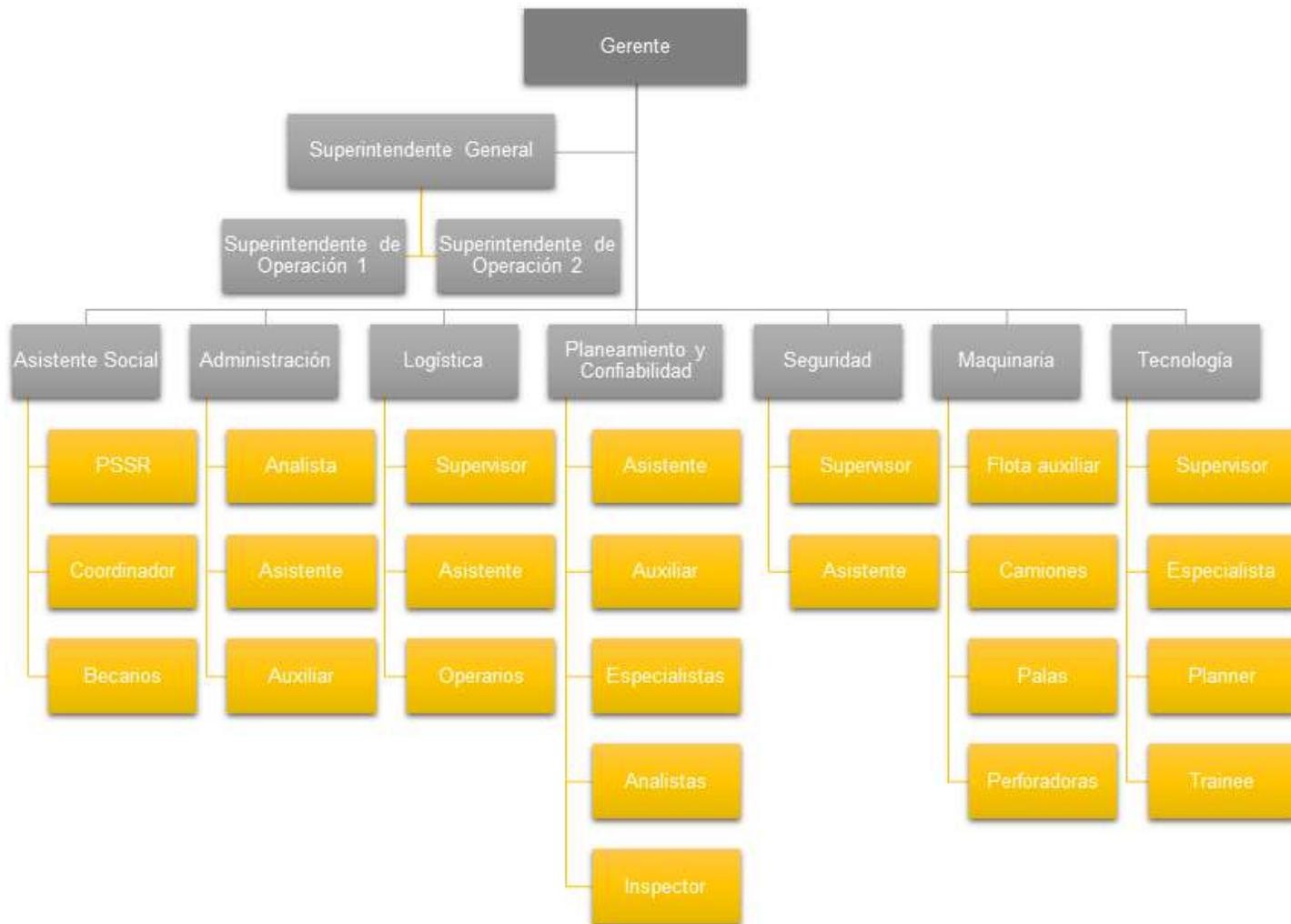
- Probidad.
- Compromiso.
- Respeto.
- Justicia.

### **Reconocimientos**

- Reputación.
- Recursos humanos y seguridad.
- Sostenibilidad.
- Gestión de la calidad.

### **Organigrama**

Es advertido que la compañía dispone de organización jerárquica vertical, disgregada en funciones por departamentos en forma específica. Seguido, es detallada la organización dispuesta.



**Figura 1.** Organigrama de la compañía

## **Productos**

- Maquinaria nueva (minería y construcción, grupos electrógenos, motores energéticos, asfalto y agregados, maquinaria agrícola, accesorios, otros).
- Maquinaria en alquiler (maquinaria pesada y grupos electrógenos).
- Maquinaria usada o semi nueva (maquinaria pesada, grupos electrógenos y equipos certificados usados).

## **Repuestos**

- Repuestos seleccionados.
- Kit de repuestos (filtros, baterías, aceites, refrigerantes, grasa, mangueras, otros).

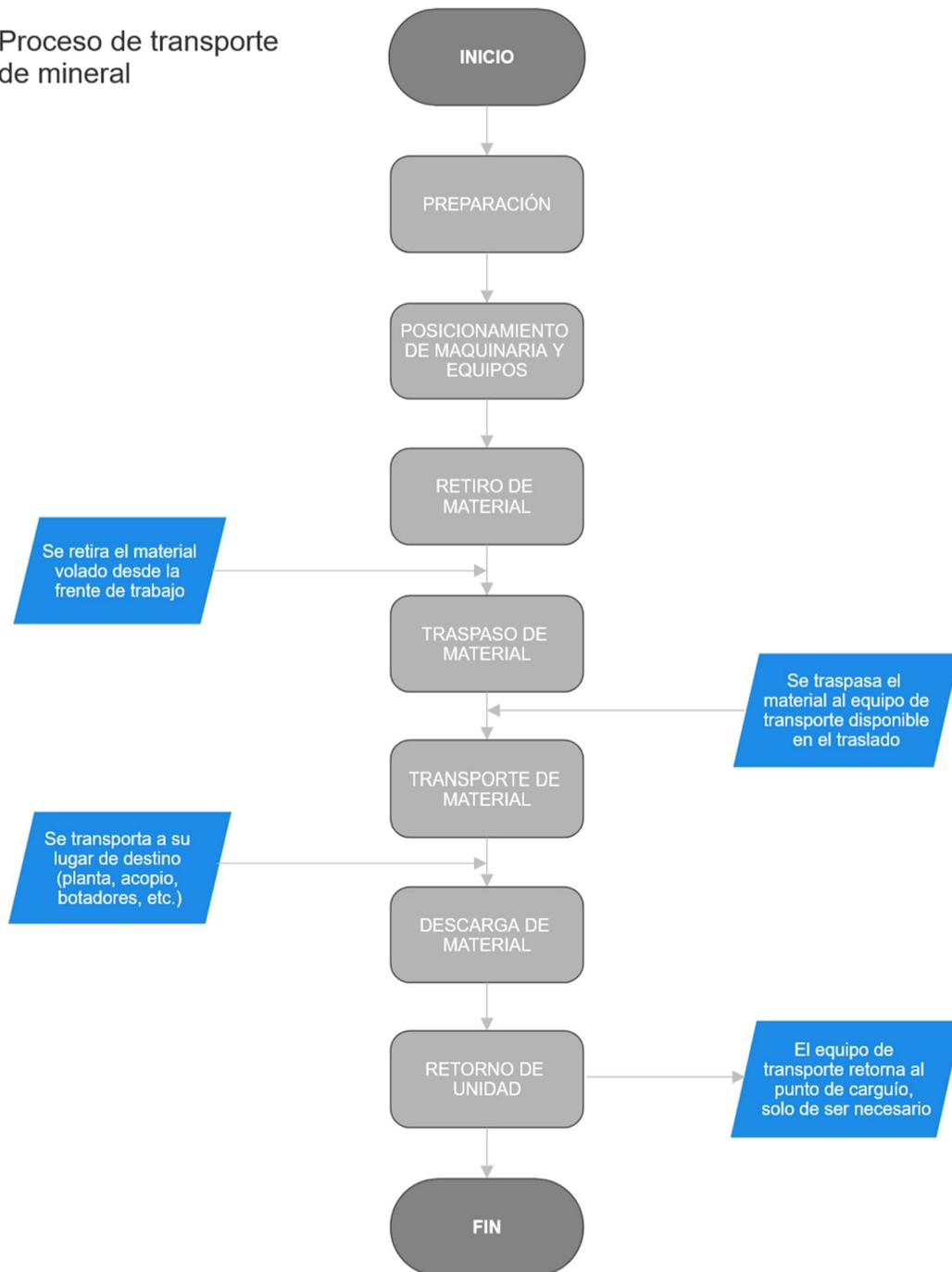
## **Servicios**

- Productividad.
- Acuerdos de valor al cliente.
- Talleres.
- Laboratorio.
- Servicio desplegado en campo.
- Garantías.
- Opciones destinadas a la reparación.
- Financiamiento.

### **3.1.1.2. Descripción del proceso de transporte de mineral**

En lo consecutivo y con el apoyo del flujograma, será detallada la secuencia lógica de pasos realizados para el transporte de mineral recolectado por la maquinaria de la compañía minera.

## Proceso de transporte de mineral



**Figura 2.** Flujograma para el recojo de mineral

### Detalle de actividades vinculadas al recojo del mineral

#### - Perforación

Al perforar una malla específica, se vincula al proceso de carguío y transporte; puesto que, la granulometría que se espera va depender del diseño esta malla y que deberá considerar propiedades físicas del tipo de roca perforada.

#### **- Voladura**

Resulta relevante, puesto que la granulometría dependerá de aspectos de carga aplicados para diversas áreas programadas para volar.

#### **- Parámetros geométricos y geomecánicos**

Poder construir bancos de altura superior generará impacto sobre los equipos y costos de operación del carguío, accesos y medidas de los caminos, pendientes y demás parámetros que afectan sobre el rendimiento de equipos.

#### **- Características del material**

Se precisa que la geología presentada por un yacimiento generará influencia sobre la selectividad del material para el carguío. Existe diferencia al operar yacimientos con variabilidad en las vetas.

#### **- Servicios Mina**

Es necesario que todo equipo de servicio mina presenten rendimiento de acuerdo a los requerimientos operativos. Aspectos que influirán sobre el desempeño de la maquinaria y equipos en disposición.

#### **- Seguridad, Salud y Medio Ambiente**

Toda operación generada por ejemplo por el proceso de recolección, deberá de disponer de medidas de seguridad y que se encuentran destinadas al cuidado de la salud de los colaboradores. Las políticas de SST son de detalle formal al respecto.

#### **- Chancado**

Uno de los procesos que da inicio al proceso general del mineral, puesto que de manera interna implica una serio de fases de producción, en donde el mineral recolectado es depurado previamente.

### **3.1.1.3. Análisis de la problemática**

Al interior de la minera Quellaveco y al momento del estudio, fueron advertidos problemas específicos como lo son los retrasos en las entregas de órdenes de atención del departamento de mantenimiento, falta de orden y limpieza, pasillos obstruidos, ausencia de metodología definida en el área, presencia de desperdicios, personal con conocimiento empírico, alta frecuencia de mantenimiento de tipo correctivo y demás aspectos que impactaban negativamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos en disposición. Por lo cual se advirtió que, al ocupar herramientas de ingeniería, como es el caso del Lean Manufacturing; aportará a la solución de la problemática precisada, mejorando de esta manera la disponibilidad de la flota en referencia.

Es por ello que, al analizar el contexto actual y basados en la revisión literaria de otros estudiosos y diversos autores, se pudo precisar como solución principal aplicar la Gestión de Mantenimiento, mediante el uso del TPM en forma específica.

#### **3.1.1.3.1. Resultados de la aplicación de Instrumentos**

##### **Resultados de la guía de observación**

Al aplicar el primer instrumento, el cual fue la guía de observación, se pudo advertir como aspectos más relevantes la presencia de desorden y falta de limpieza en el espacio laboral, en la práctica no se dispone de gestión de mantenimiento en el área, las tareas de mantenimiento son realizadas de acuerdo a la demanda de reparación (mantenimiento de tipo correctivo), las fallas presentadas en la maquinaria y equipos no son registradas en algún formato específico, no se dispone de una calendarización o planeamiento para la ejecución de las tareas de mantenimiento, la distribución y ubicación de los componentes y herramientas ocupadas en el departamento no es la correcta, la presencia de supervisión solo es en teoría ya que el responsable lleva a cabo otras actividades, la disponibilidad de la flota de camiones no es la esperada, así mismo se evidencia personal solo con conocimiento empírico. En suma, aspectos que demandaron de pronta atención por parte de la compañía; debido a que presentaba afectación sobre la baja disponibilidad de la flota de camiones autónomos.

## Resultados de la entrevista

**Tabla 4.** Resultados de la entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento

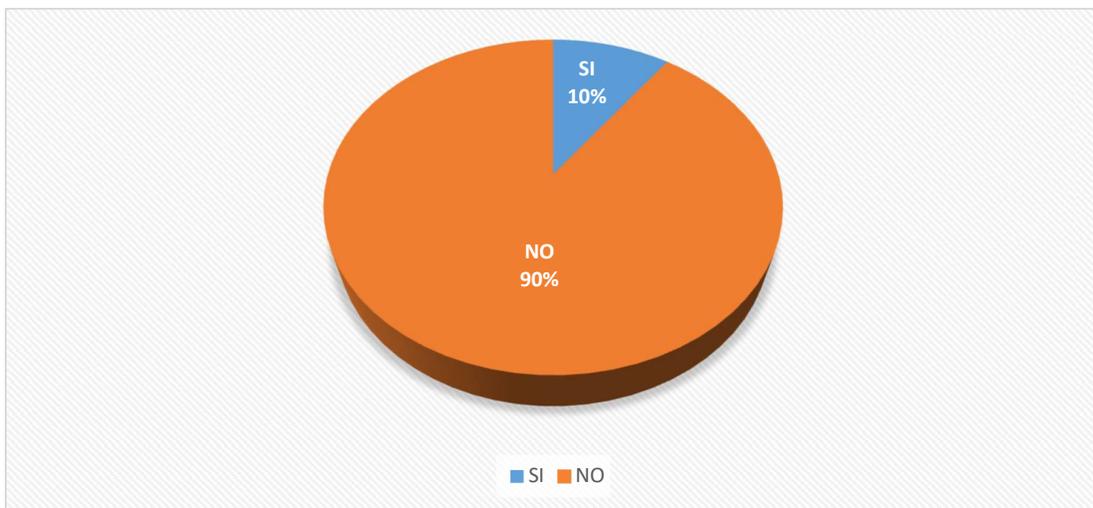
Interrogante	Respuesta
1. ¿Conoce acerca de la Gestión de Mantenimiento?	Si, tengo entendido que aporta a llevar a cabo las labores de mantenimiento en forma ordenada, empleando formatos y programaciones detalladas. Sin embargo, en la práctica no la implementamos al interior del área.
2. ¿Ocupar este tipo de herramientas metodológicas genera beneficios, sabe usted cuáles son?	No, pero asumo que servirán para la mejora de la eficiencia y productividad del departamento.
3. ¿Al corriente, las tareas de mantenimiento son desarrolladas a través de algún plan específico?	No, se realizan labores de mantenimiento según el requerimiento diario, en otras palabras, es de tipo correctivo.
4. ¿Al ejecutar las labores de mantenimiento, existe supervisión de parte de la compañía?	No. Existe un supervisor; no obstante, realiza otras labores en campo y son pocas las veces que se encuentra en el departamento.
5. ¿Considera que actualmente la disponibilidad de flota de camiones autónomos es la adecuada?	No. En el último trimestre la disponibilidad fue baja, como resultado de la presencia constante de fallas en los mismos. Las órdenes de atención no son cumplidas en los plazos estimados.
6. ¿Los componentes y herramientas provistos por la compañía son las suficientes?	Si, la compañía en ese sentido dispone de los recursos suficientes para el área. Está pendiente de abastecer las necesidades programadas y requeridas por el responsable de la misma.

7. ¿El departamento de mantenimiento ocupa indicadores específicos evaluar la disponibilidad de los equipos?	No, actualmente no se realiza esta actividad. En algunas oportunidades se ingresa información en el sistema de la empresa, pero no recibimos información al respecto.
--	---

Resultados que permiten constatar la presencia de carencias y problemas específicos dentro del departamento de mantenimiento; no obstante, significaron una oportunidad de mejora en su atención.

### Resultados de la encuesta al personal de mantenimiento

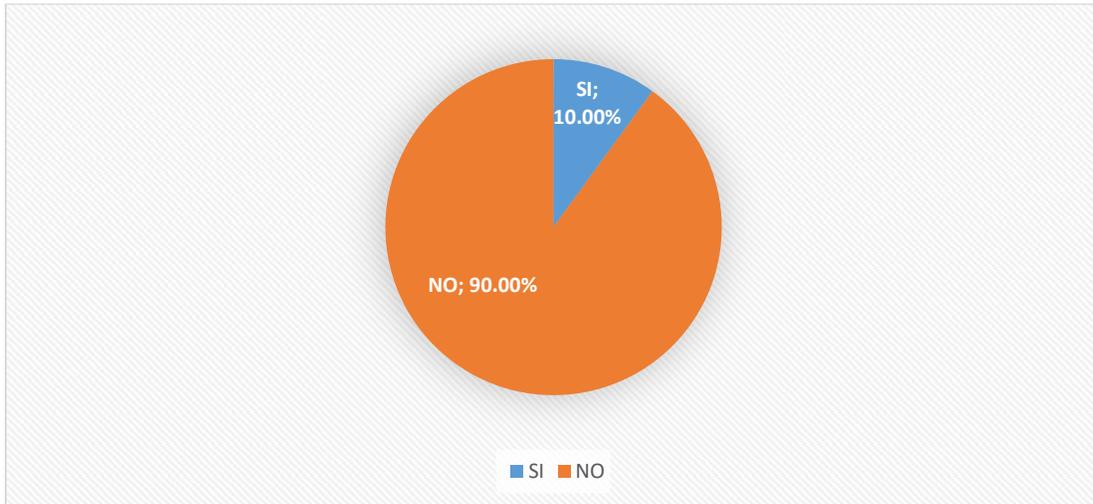
El propósito de la aplicación del cuestionario en referencia consistió en poder determinar la realidad en relación a la gestión de mantenimiento dentro del departamento de estudio y su afectación sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera.



**Figura 3.** Disponibilidad de metodología de apoyo a la gestión de mantenimiento

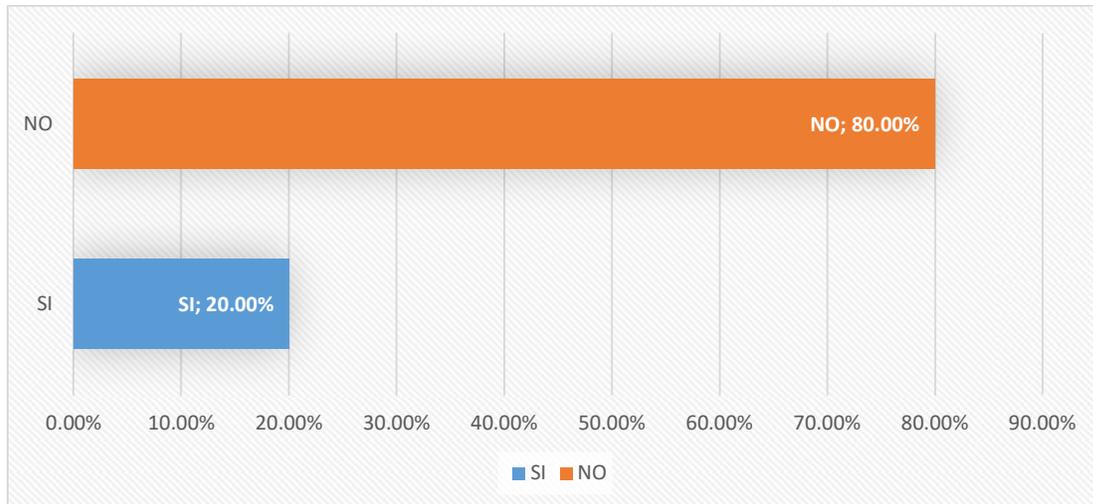
Gran parte de los encuestados afirma la ausencia de metodología de soporte a la gestión de mantenimiento para el departamento de estudio, motivo por el cual desencadena

en la sola ejecución de mantenimiento de tipo correctivo. Una solución solvente resulta ser la aplicación de la gestión de mantenimiento con aplicación directa del TPM como parte de la propuesta.



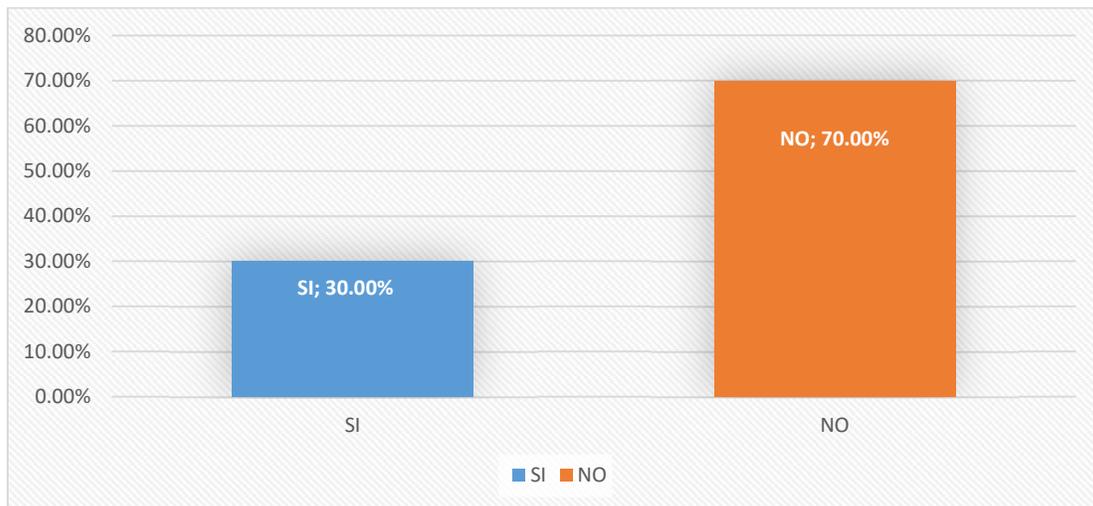
**Figura 4.** Disponibilidad de programación para las labores de mantenimiento

Los resultados mostrados permiten constatar que, durante el desarrollo de las tareas de mantenimiento, no se dispone de programación de algún tipo; sino más bien, son realizadas de acuerdo a la demanda o requerimiento específico. Resultado de la ausencia de una calendarización y programación de mantenimiento preventivo definido en atención a la maquinaria en referencia. La propuesta de gestión de mantenimiento podrá solventar en forma eficiente esta problemática en cuestión.



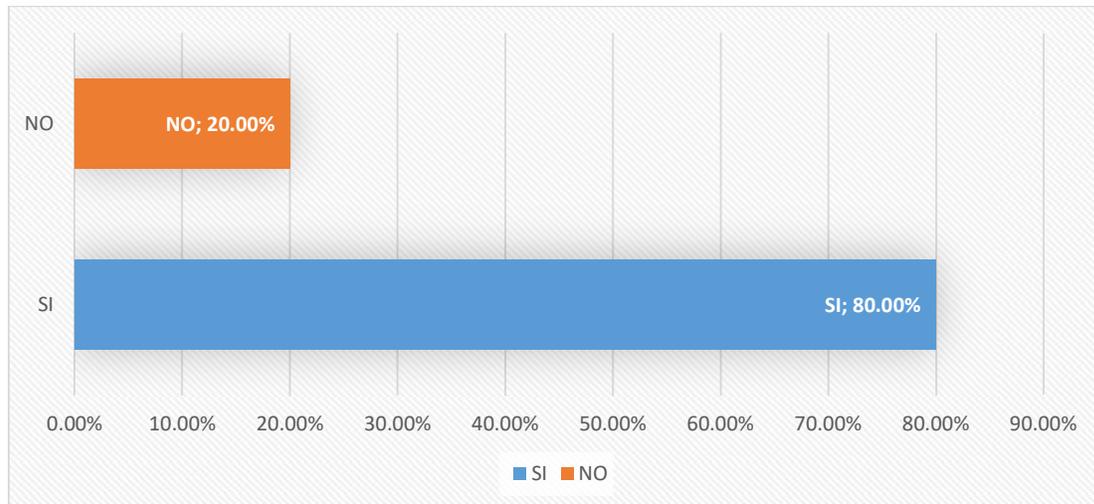
**Figura 5.** Disponibilidad adecuada de flota de camiones autónomos

Se advierte que, como resultado de la encuesta aplicada, gran parte de los colaboradores encuestados afirman que la disponibilidad de la flota de camiones autónomos no es la esperada. Resultado de la presencia de fallas recurrentes, lo cual trae consigo en presentar la baja disponibilidad mencionada.



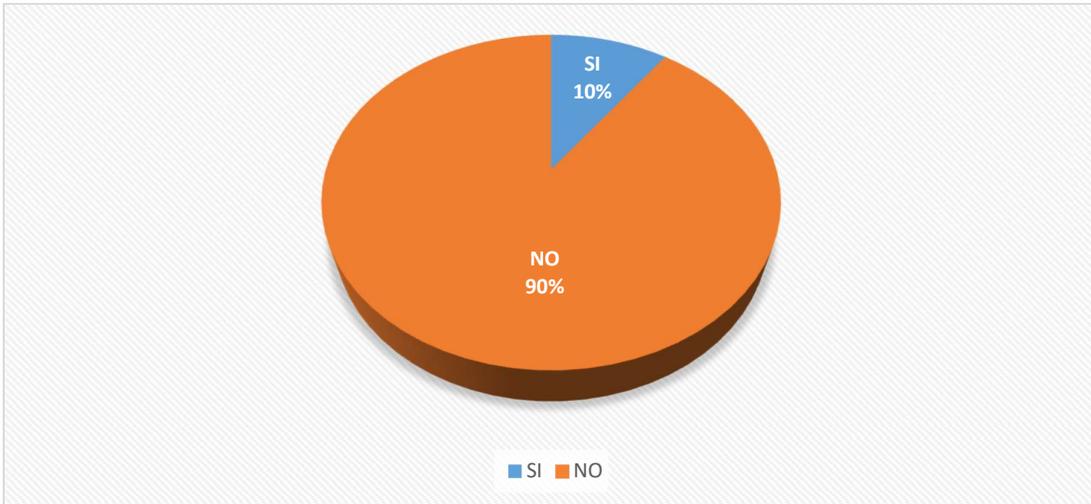
**Figura 6.** Tiempo de respuesta para las órdenes de atención

Basados en los resultados de la encuesta, se determina que el tiempo de respuesta asociado a las atenciones de las órdenes no es el adecuado. Los retrasos pueden ser consecuencia de la alta presencia recurrente de fallas en la maquinaria y equipos; ello, al no disponer de mantenimiento preventivo para las mismas. Se recomendó como solución directa el desarrollo del plan de gestión de mantenimiento en su atención directa.



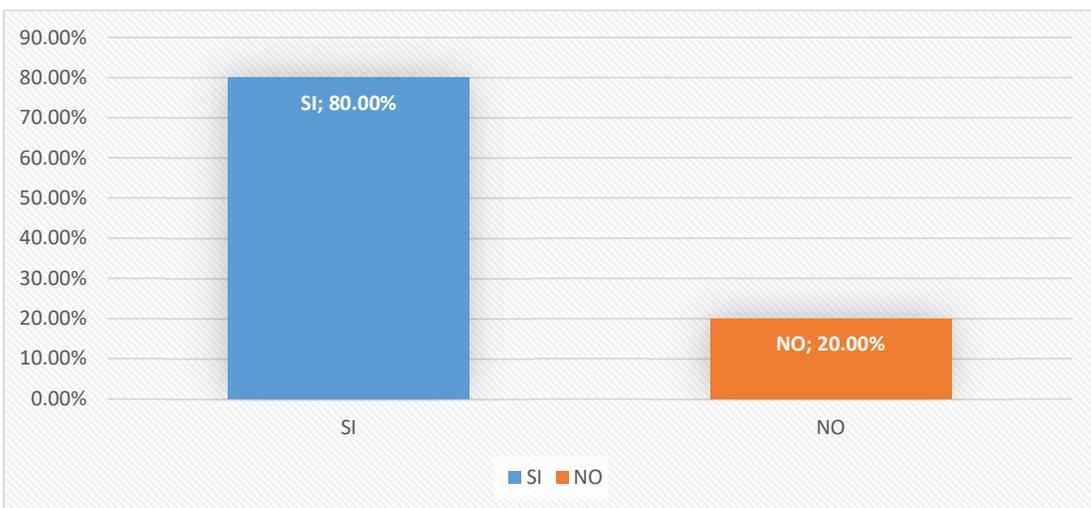
**Figura 7.** Registro de reclamos por la calidad del servicio

Se evidencia que, en el último trimestre se registraron en forma constante reclamos relacionados a la calidad de las órdenes de servicio gestionadas por el departamento de mantenimiento. Siendo de manera detallada un valor alto el alcanzado en la aplicación de la encuesta (el 80.00%). Valor que es el resultado de no disponer de metodología de trabajo definida, así como la presencia de colaboradores con conocimiento solo de tipo empírico y también como resultado de la alta rotación de colaboradores.



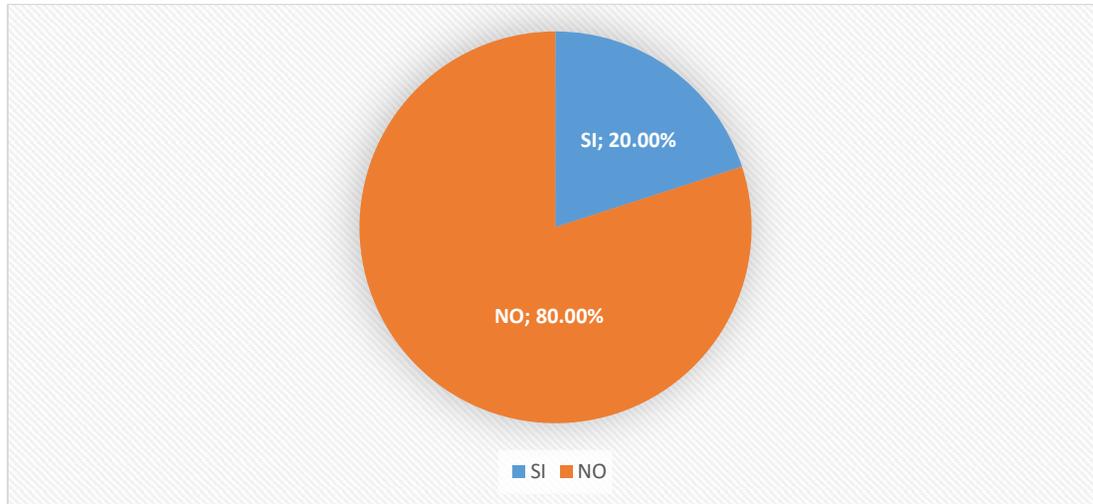
**Figura 8.** Disponibilidad de supervisión en las tareas de mantenimiento

Se advierte que, casi la totalidad de los encuestados (90.00%) afirman la ausencia de supervisión durante el despliegue de las labores de mantenimiento. El departamento de estudio si dispone de supervisor; no obstante, gran parte del tiempo lo destina a realizar otras tareas internas. Se recomendó definir claramente las funciones, siendo ocupado un documento formal y como parte de la propuesta de desarrollo del plan de gestión de mantenimiento.



**Figura 9.** Disponibilidad de recursos para la ejecución de actividades

Se puede observar que, gran parte de encuestados (80.00%) menciona que si disponen de los recursos necesarios para el despliegue de sus actividades cotidianas. Una cantidad menor precisa lo opuesto, solo el 20.00%. Se recomienda dar seguimiento constante a las necesidades y requerimientos de los colaboradores que interactúan en el departamento de estudio.



**Figura 10.** Disponibilidad de programa de capacitaciones

Se evidencia que basados en los resultados obtenidos de la encuesta, la compañía minera no dispone de programas de capacitación suficientes en favor de los colaboradores del departamento de estudio. Consecuencia probable de la falta de adecuada gestión a cargo del responsable del departamento, por lo cual se detalló incidir en este vacío y solventarlo en la búsqueda de resultados favorables en relación a la mejora de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos en disposición y de la compañía de manera general.

#### **3.1.1.3.2. Herramienta de diagnóstico**

Con el propósito de ahondar un poco más en relación a la problemática presentada al interior del departamento de mantenimiento de la compañía minera, se ocupó como herramienta específica al diagrama de Ishikawa; mismo que detalló aspectos negativos

relevantes que impactan en forma negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos disponibles.

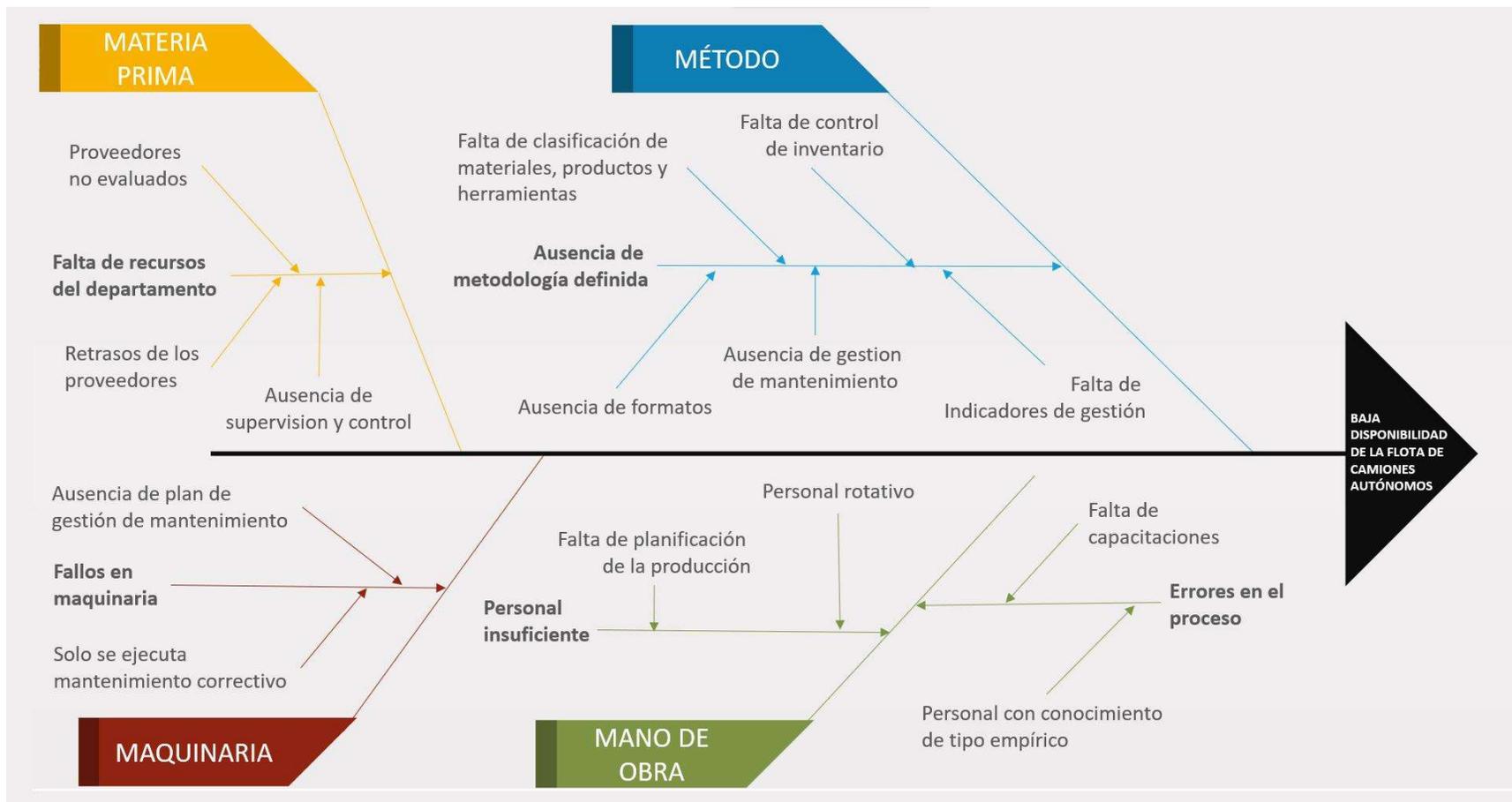


Figura 11. Diagrama de Ishikawa

Al aplicar la herramienta en referencia, fue posible advertir problemas relacionados con la materia prima, siendo destacada la falta de algunos recursos de ocupación en el departamento de mantenimiento; ello, como resultado de disponer de proveedores sin homologación, así como retrasos en las entregas asignadas. En cuanto al método, se evidenció la ausencia de metodología definida, resaltando la ausencia de clasificación de recursos, ausencia de control de inventario, falta de formatos, no se dispone de indicadores de gestión y la causa de mayor relevancia fue la falta de gestión de mantenimiento en el departamento. Considerando la mano de obra, se pudo advertir la presencia de colaboradores insuficientes, debido a la alta rotación de los mismos y como consecuencia de la ausencia de programación respectiva; sumado a ello, se pudo identificar errores en el proceso, como resultado del conocimiento empírico de una parte de los colaboradores. Finalmente, al tomar en consideración la maquinaria, se pudo precisar fallas recurrentes en las mismas, debido a la ausencia de plan de gestión de mantenimiento y a la sola ejecución de mantenimiento de tipo correctivo.

#### **3.1.1.4. Situación actual de la disponibilidad**

Basados en la documentación provista por el departamento de mantenimiento de la compañía minera, fue realizado el análisis documentario necesario; lo cual permitió obtener información específica y consolidada ocupando los indicadores precisados previamente y que sirvieron de apoyo a la cuantificación de resultados. En ese sentido se precisa que, debido al gran volumen del parque automotor, para el presente estudio solo fueron considerados la flota de camiones autónomos (794AC), debido a que presentan mayor cantidad y relevancia para el proceso de recolección del material que procesa la compañía minera.

##### **- Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)**

Con el propósito de determinar el tiempo medio entre fallas para cada una de las unidades consideradas en el estudio, se procedió a realizar la división del tiempo total entre fallas asociado a cada unidad durante todo el año entre el número de averías presentadas en

todo el año. Se precisa que los valores corresponden a cantidades por año, siendo analizada en forma inicial la data correspondiente al año 2022.

**Tabla 5.** Registro del tiempo promedio entre fallas del año 2022

N o.	Unidad	R	A	MTBF
		Tiempo entre fallas (horas/año)	Cantidad de averías registradas	R/A
1	794AC-MT500145-CAT-HT001	372	11	33.82
2	794AC-MT500146-CAT-HT002	311	20	15.55
3	794AC-MT500149-CAT-HT003	299	13	23.00
4	794AC-MT500150-CAT-HT004	307	19	16.16
5	794AC-MT500151-CAT-HT005	314	19	16.53
6	794AC-MT500152-CAT-HT006	280	18	15.56
7	794AC-MT500122-CAT-HT007	305	19	16.05
8	794AC-MT500123-CAT-HT008	416	19	21.89
9	794AC-MT500124-CAT-HT009	385	11	35.00
10	794AC-MT500125-CAT-HT010	347	22	15.77
11	794AC-MT500168-CAT-HT011	312	21	14.86
12	794AC-MT500169-CAT-HT012	296	14	21.14

1 3	794AC-MT500179-CAT-HT013	430	16	26.88
1 4	794AC-MT500181-CAT-HT014	345	20	17.25
1 5	794AC-MT500182-CAT-HT015	368	19	19.37
1 6	794AC-MT500183-CAT-HT016	362	19	19.05
1 7	794AC-MT500184-CAT-HT017	339	21	16.14
1 8	794AC-MT500185-CAT-HT018	347	21	16.52
1 9	794AC-MT500190-CAT-HT019	299	11	27.18
2 0	794AC-MT500191-CAT-HT020	355	13	27.31
2 1	794AC-MT500196-CAT-HT021	367	17	21.59
2 2	794AC-MT500197-CAT-HT022	401	19	21.11
2 3	794AC-MT500202-CAT-HT023	350	22	15.91

2 4	794AC-MT500203-CAT-HT024	299	23	13.00
2 5	794AC-MT500207-CAT-HT025	381	20	19.05
2 6	794AC-MT500208-CAT-HT026	411	20	20.55
2 7	794AC-MT500212-CAT-HT027	377	19	19.84
2 8	794AC-MT500226-CAT-HT028	361	21	17.19
2 9	794AC-MT500217-CAT-HT029	359	23	15.61
3 0	794AC-MT500192-CAT-HT030	410	19	21.58

### - Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

Con el propósito de determinar el tiempo medio de reparación para cada una de las unidades, fue dividido el tiempo total de reparaciones realizadas entre la cantidad de averías. Se precisa que los valores corresponden a cantidades por año, siendo analizada en forma inicial la data correspondiente al año 2022.

**Tabla 6.** Registro del tiempo medio de reparación del año 2022

N o	Unidad	P Tiempo de paro por avería (horas/año)	A Cantidad de averías registradas	MTTR P/A
--------	--------	---	---	-------------

1	794AC-MT500145-CAT-HT001	86	11	7.82
2	794AC-MT500146-CAT-HT002	99	20	4.95
3	794AC-MT500149-CAT-HT003	86	13	6.62
4	794AC-MT500150-CAT-HT004	99	19	5.21
5	794AC-MT500151-CAT-HT005	66	19	3.47
6	794AC-MT500152-CAT-HT006	77	18	4.28
7	794AC-MT500122-CAT-HT007	166	19	8.74
8	794AC-MT500123-CAT-HT008	143	19	7.53
9	794AC-MT500124-CAT-HT009	75	11	6.82
1 0	794AC-MT500125-CAT-HT010	135	22	6.14
1 1	794AC-MT500168-CAT-HT011	166	21	7.90
1 2	794AC-MT500169-CAT-HT012	95	14	6.79
1 3	794AC-MT500179-CAT-HT013	89	16	5.56
1 4	794AC-MT500181-CAT-HT014	95	20	4.75
1 5	794AC-MT500182-CAT-HT015	70	19	3.68

1 6	794AC-MT500183-CAT-HT016	165	19	8.68
1 7	794AC-MT500184-CAT-HT017	143	21	6.81
1 8	794AC-MT500185-CAT-HT018	136	21	6.48
1 9	794AC-MT500190-CAT-HT019	76	11	6.91
2 0	794AC-MT500191-CAT-HT020	83	13	6.38
2 1	794AC-MT500196-CAT-HT021	111	17	6.53
2 2	794AC-MT500197-CAT-HT022	91	19	4.79
2 3	794AC-MT500202-CAT-HT023	79	22	3.59
2 4	794AC-MT500203-CAT-HT024	121	23	5.26
2 5	794AC-MT500207-CAT-HT025	95	20	4.75
2 6	794AC-MT500208-CAT-HT026	92	20	4.60

2	794AC-MT500212-CAT-HT027	113	19	5.95
7				
2	794AC-MT500226-CAT-HT028	104	21	4.95
8				
2	794AC-MT500217-CAT-HT029	98	23	4.26
9				
3	794AC-MT500192-CAT-HT030	95	19	5.00
0				

### - Disponibilidad

Con el propósito de determinar la disponibilidad para cada una de las unidades de la compañía minera, se realizó la división de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

En lo consecutivo, en la tabla 7 se detallan los resultados obtenidos de los cálculos realizados.

**Tabla 7.** Disponibilidad de la flota antes de la propuesta

N	Unidad	MTTR	MTBF	Disponibilidad MTBF/(MTBF+MTTR)
1	794AC-MT500145-CAT-HT001	7.82	33.82	0.81
2	794AC-MT500146-CAT-HT002	4.95	15.55	0.76
3	794AC-MT500149-CAT-HT003	6.62	23.00	0.78

4	794AC-MT500150-CAT-HT004	5.21	16.16	0.76
5	794AC-MT500151-CAT-HT005	3.47	16.53	0.83
6	794AC-MT500152-CAT-HT006	4.28	15.56	0.78
7	794AC-MT500122-CAT-HT007	8.74	16.05	0.65
8	794AC-MT500123-CAT-HT008	7.53	21.89	0.74
9	794AC-MT500124-CAT-HT009	6.82	35.00	0.84
1 0	794AC-MT500125-CAT-HT010	6.14	15.77	0.72
1 1	794AC-MT500168-CAT-HT011	7.90	14.86	0.65
1 2	794AC-MT500169-CAT-HT012	6.79	21.14	0.76
1 3	794AC-MT500179-CAT-HT013	5.56	26.88	0.83
1 4	794AC-MT500181-CAT-HT014	4.75	17.25	0.78
1 5	794AC-MT500182-CAT-HT015	3.68	19.37	0.84
1 6	794AC-MT500183-CAT-HT016	8.68	19.05	0.69
1 7	794AC-MT500184-CAT-HT017	6.81	16.14	0.70

1 8	794AC-MT500185-CAT-HT018	6.48	16.52	0.72
1 9	794AC-MT500190-CAT-HT019	6.91	27.18	0.80
2 0	794AC-MT500191-CAT-HT020	6.38	27.31	0.81
2 1	794AC-MT500196-CAT-HT021	6.53	21.59	0.77
2 2	794AC-MT500197-CAT-HT022	4.79	21.11	0.82
2 3	794AC-MT500202-CAT-HT023	3.59	15.91	0.82
2 4	794AC-MT500203-CAT-HT024	5.26	13.00	0.71
2 5	794AC-MT500207-CAT-HT025	4.75	19.05	0.80
2 6	794AC-MT500208-CAT-HT026	4.60	20.55	0.82
2 7	794AC-MT500212-CAT-HT027	5.95	19.84	0.77
2 8	794AC-MT500226-CAT-HT028	4.95	17.19	0.78

2		4.26	15.61	0.79
9	794AC-MT500217-CAT-HT029			
3		5.00	21.58	0.81
0	794AC-MT500192-CAT-HT030			
	Disponibilidad promedio			0.77

---

Con lo cual, basados en los resultados obtenidos, se precisa que antes de la propuesta, el valor para la disponibilidad de la flota vehicular corresponde ser del 77.04%.

### **3.1.2. Propuesta de investigación**

#### **3.1.2.1. Fundamentación**

El estudio desarrollado tuvo fundamentación en la aplicación de la gestión de mantenimiento y el diseño de layout, los cuales sirvieron de aporte al incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera.

La gestión de mantenimiento consiste en un requerimiento latente al interior de las compañías en cuanto la maquinaria demanda ser revisada o reparada, como resultado del tiempo de uso, lo cual afecta el tiempo de vida. Es por ello que resulta necesario disponer de un sistema de mantenimiento y colaboradores calificados en la atención de estos escenarios [19]. Se refiere a un grupo de tareas realizadas con el propósito de mantener en forma adecuada el estado de la maquinaria y equipos [20].

En forma complementaria a la propuesta, se propuso la reestructuración de espacios al interior del departamento de estudio; ello, con al apoyo del diseño de Layout. Facilitando de esta forma la adecuada disposición en cuanto a componentes, herramientas y el ingreso y salida de las unidades atendidas dentro del departamento de mantenimiento de la compañía minera. Al mencionar la Teoría de Complejidad, se precisa que la problemática de distribución para la planta precisa problemas complejos a ser solucionados; ello, como resultado de la

ausencia de algoritmos concretos para este fin. En ese sentido, es recomendado abordar la problemática bajo consideraciones particulares que fueron identificadas en el contexto de estudio [33].

### **3.1.2.2. Objetivo de la propuesta**

Incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la minera Quellaveco mediante la implementación de la gestión de mantenimiento.

### **3.1.2.3. Desarrollo de la propuesta**

Una vez culminada la fase destinada a la recolección de información y análisis de la misma, se procedió a desarrollar la propuesta de solución planteada; la cual se desglosa en dos partes y se detalla en lo consecutivo.

#### **Propuesta 1. Gestión de Mantenimiento**

##### **Fase de preparación**

##### **- Decisión de implementación del TPM**

Al interior de la compañía minera se advirtieron problemas específicos, resultado principalmente de la ausencia de gestión de mantenimiento y otros problemas particulares; siendo un poco más precisos destaca la falta de mantenimiento de tipo preventivo, destinado a la totalidad de unidades y equipos de la compañía. En ese sentido, se tomó concretamente la decisión de proponer la implementación del TPM, tomando bajo consideración todas las unidades de la flota de camiones autónomos 794AC disponibles al ser objeto de estudio en la investigación realizada. Siendo así que, se determina compromiso total de parte de la compañía minera vinculado a la disposición y apoyo para los recursos que fueron ocupados durante la implementación TPM para las unidades consideradas.

##### **- Conformación del comité TPM**

Es precisado que la compañía minera designará al responsable del departamento de mantenimiento, mismo que tendrá la responsabilidad de ejecutar la implementación TPM. Sumado a ello, será responsable de difundir y promocionar temática vinculada al TPM; para este propósito deberá de incluir a todos los departamentos de la compañía, llevando a cabo capacitaciones programadas, destinadas a la totalidad de colaboradores, siendo abordadas actividades de asociación al mantenimiento y que previamente fueron elaboradas. En lo consecutivo se precisan las funciones mínimamente asignadas a los participantes del plan TPM.

a) Presidente del comité TPM

- Detallar en forma puntual lineamientos vinculados a la promulgación, difusión y condiciones de garantía para poder ejecutar de manera total el plan TPM.

- Revisar y controlar todo progreso relacionado a la ejecución del TPM.

- Precisar actividades requeridas para ejecutar de manera eficiente el TPM.

b) Responsable del departamento de mantenimiento

- Llevará a cabo la certificación de la ejecución del mantenimiento de tipo preventivo y constatar todo progreso de las fases en su implementación.

- Apoyar en la preparación del programa de capacitación destinado a la totalidad de colaboradores que conforman la compañía minera, incidiendo en los que conforman el departamento de mantenimiento.

- Informar sobre el detalle correspondiente a los costos de tipo operativos y que se asocian a las tareas de mantenimiento.

c) Colaboradores de mantenimiento

- Llevar a cabo tareas de formación y capacitación destinada a los colaboradores que ejecutan las tareas de mantenimiento.

- Llevar a cabo la verificación de los reportes de actividades de mantenimiento específicas.

### **- Misión y Visión del comité TPM**

En lo consecutivo será detallada de manera puntual la misión y visión asociada al comité TPM conformado. Se advierte que estos dos puntos en referencia son una pieza vital destinados a conseguir resultados favorables en la implementación del TPM, favoreciendo el incremento de disponibilidad de flota de camiones autónomos para la compañía minera.

#### **Misión**

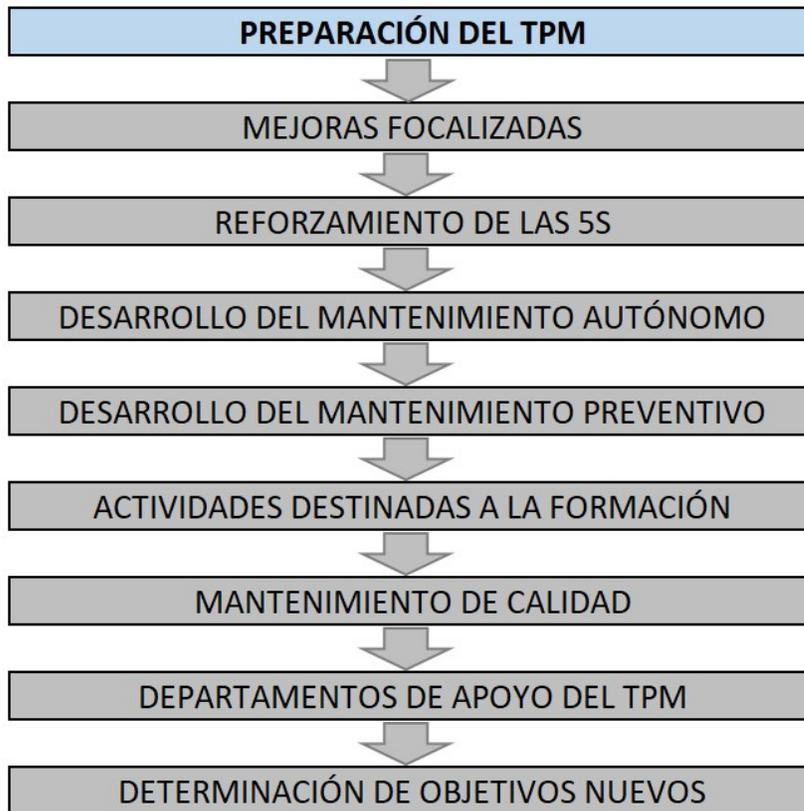
Llevar a cabo la ejecución del TPM, al ser uno de los elementos incluidos en la propuesta planteada para el incremento de disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera.

#### **Visión**

Generar un cambio substancial en relación a la actual cultura interna en disposición de los colaboradores, incidiendo sobre las ventajas que resultan al ocupar el TPM.

### **- Desarrollo del TPM propuesto**

En forma inicial se advierte que al plantear como solución directa la ejecución del TPM, dispondrá de impacto favorable para la totalidad de la compañía minera, considerando en detalle procesos y actividades ejecutadas en el departamento de estudio. En ese sentido, se considerarán las unidades, procesos y colaboradores; en la medida que, forman parte del proceso general desarrollado en el área. Por lo cual, en forma seguida, se detallan los pasos propuestos para desplegar adecuadamente el TPM referenciado.



**Figura 12.** Fases propuestas para la ejecución del TPM

**Fase de desarrollo preliminar**

**- Adecuación previa para la mejora de la disponibilidad**

Se advierte que al interior de la compañía minera son desarrolladas actividades con el propósito de lograr incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos; por lo cual, todo esfuerzo orientado a la aplicación del TPM deberá ser soportado en el despliegue de sus pilares. Es así que, estos pilares proveerán particularidades como lo detallado en lo consecutivo:

- Mecanismos de resguardo destinado a la totalidad de unidades y equipos en disposición de la compañía minera.
- Evaluación de oportunidades de mejora y optimización en relación a las unidades y también equipos.

- Disminución en cuanto al tiempo de atención para la presencia de desperfectos suscitados frecuentemente.

- Desarrollo de tareas grupales, persiguiendo la integración de objetivos TPM.

**- Mejoramiento de aspectos de las 5S**

Se precisa que, al ejecutarse el análisis de la situación actual presentada por el departamento de mantenimiento de la compañía minera, se identificó la aplicación preliminar de la herramienta de las 5S; sin embargo, fue advertida la necesidad de reforzamiento para las fases de ordenamiento y mantención, es por ello que se requiere de disponer de alto compromiso de parte de la jefatura del departamento así como del nivel gerencial en la búsqueda de obtener mejores resultados que favorezcan incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos, disminuyendo la presencia de fallas recurrentes y los costos por mantenimiento vinculados. Los resultados de la ficha de verificación de las 5S se presentan en lo consecutivo en la tabla 8.

**Tabla 8.** Detalle de resultados de la ficha de verificación de las 5S

S	N°	Interrogante	Actual				
			1	2	3	4	5
1S-SEIRI	1	¿En la zona de trabajo hay menos retazos y desperdicios?	X				
	2	¿No existen herramientas inservibles en la zona de labor?		X			
	3	¿No existe dificultad de tránsito para realizar el trabajo?		X			
	4	¿No existen equipos inútiles en la zona de labor?	X				
	Puntaje promedio		1.5				
2S-SEITO	5	¿Hay un lugar en específico destinado a herramientas?	X				
	6	¿Hay un lugar en específico para materiales de poco uso?	X				
	7	¿Es sencillo identificar el lugar destinado a cada cosa?	X				
	8	¿Vuelven a colocarse las cosas en su respectivo lugar luego de emplearlas?	X				
	Puntaje promedio		1				
3S-SEISO	9	¿Está la zona de labor está limpia empleándose elementos adecuados para el aseo?		X			
	10	¿Los equipos están en buenas condiciones de limpieza?	X				

	11	¿Se hacen tareas de limpieza de manera periódica?	X					
	12	¿El piso de la zona de labor está aseado?		X				
	Puntaje promedio		1.5					
4S-SEIKETSU	13	¿No se mezclan los elementos útiles e inútiles en la zona de labor?		X				
	14	¿Cualquiera sabe qué elementos son útiles e inútiles?		X				
	15	¿Es posible saber dónde van ubicados los elementos y en qué cuantías?	X					
	16	¿El aseo se combinó con el mantenimiento?	X					
	Puntaje promedio		1.5					
5S-SHITSUKE	17	¿Se aplican continuamente los principios de la 5S?	X					
	18	¿Se emplean los EPP para realizar los trabajos?	X					
	19	¿El personal está capacitado respecto a las 5S?	X					
	20	¿El personal tiene responsabilidad para realizar sus labores?	X					
Puntaje promedio		1						
Promedio general		1.3						

Basados en la evaluación inicial de las 5S, es advertido como valor promedio general

1.3. Lo cual, sin duda evidencia una clara oportunidad de mejora al respecto.

### **- Aplicación del mantenimiento autónomo**

Se determina que, consiste ser una actividad de relevancia para la compañía, en la medida que ejecuta las tareas considerando la integración grupal de los colaboradores de la compañía minera. El propósito último consiste en definir actividades TPM para la preservación de las unidades y equipos a través de la ejecución del mantenimiento ejecutado por los colaboradores del departamento de mantenimiento.

### **Objetivo a nivel primario**

Llevar a cabo la determinación de contextos adecuados en cuanto a la ejecución de programas de formación para los colaboradores, precisando fallas recurrentes y que presentan urgencia de ser reparadas. En ese sentido, será posible atender en primer momento las fallas advertidas; aportando a la optimización de las actividades de mantenimiento. Bajo esa perspectiva, será necesario considerar procedimientos autónomos, disponiendo de participación activa de todos los colaboradores. En lo consecutivo, es detallado las actividades tomadas en consideración para lo expuesto.

**Tabla 9.** Detalle de procedimiento autónomo

N°	Actividad
1	Reconocimiento inicial de las unidades y equipos
2	Aceitado básico
3	Limpieza cotidiana
4	Identificación específica de fugas presentes en los sistemas
5	Correcciones a nivel menor
6	Reporte de problemas no atendidos

Para el despliegue de las labores de mantenimiento autónomo son incluidos los colaboradores de la compañía minera, conformando de esta manera el comité formalmente designado. En lo consecutivo, es precisado mecanismos que fueron considerados en el desarrollo.

### **Limpieza a nivel previo**

Para el despliegue de esta actividad, fue fomentada la mejora en cuanto al aprendizaje de temas vinculados a aspectos de limpieza por parte de los colaboradores. Con ello se pretendió disponer de ambiente laboral correcto, disponiendo de la presencia de orden, higiene y ventilación correcta; todo ello en favor de los colaboradores de la compañía minera.

### **Actividades de tipo preventivas**

Tareas que fueron desarrolladas con el único propósito de descartar contextos en donde se encuentre la presencia de suciedad o partículas al interior de los sistemas de las unidades y equipos incluidos en el plan y que pudiesen afectar su desempeño. Bajo esa perspectiva, se tuvo que considerar la ejecución de inspecciones detalladas a nivel visual para la totalidad de unidades en consideración.

### **Estandarización de tareas**

Posterior a las labores iniciales de limpieza para las unidades involucradas, los colaboradores participantes precisan soluciones propuestas para la determinación de procedimientos estandarizados en la ejecución de actividades. El desarrollo de este apartado deberá de tomar en consideración actividades para el lubricado e inspección de las unidades y equipos. En ese sentido, al ejecutar lo detallado, originará contar con pronta atención en el despliegue de las labores propias de mantenimiento, incrementando paralelamente la eficiencia.

### **Capacitación de los colaboradores**

Apartado que tomará en consideración las actividades vinculadas al proceso de capacitación para los colaboradores que forman parte del plan TPM. Se precisarán objetivos medibles durante espacio de tiempo determinado siendo ocupada la programación del mantenimiento autónomo para tal propósito.

### **Ejecución del mantenimiento autónomo por parte de los operadores**

Actividad que involucra ejecutar las actividades de mantenimiento propiamente dichas y que son ejecutadas al interior del departamento de mantenimiento al interior de la compañía minera.

#### **- Desarrollo del mantenimiento de tipo preventivo**

Etapas de vital importancia en la ejecución del TPM, puesto que podrá garantizar el control de fallas en forma anticipada. Su ejecución aportará de manera eficiente a los colaboradores participantes del plan al momento de ejecutar tareas de diagnóstico de fallas, etiquetación, enumeración y establecimiento de tarjetas destinadas a las unidades y equipos que exhiben algún tipo de falla específica. De acuerdo al contexto presentado y dada la relevancia de garantizar la continuidad operativa de las unidades, se tuvo la necesidad de determinar actividades de mantenimiento de tipo preventivo relevantes, sumado a ello precisar la frecuencia en cuanto a la aplicación, el responsable a cargo y la supervisión respectiva. Seguido, es mostrado el detalle de lo precisado.

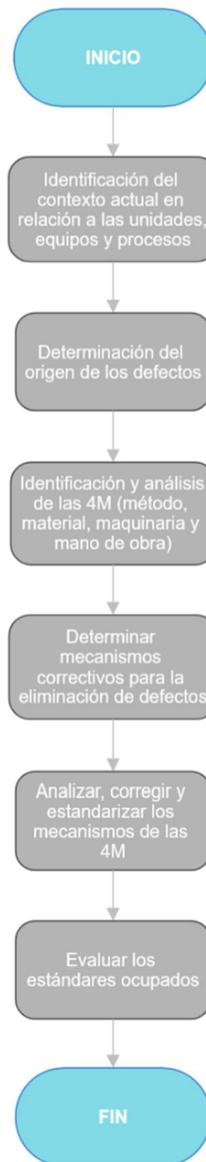
N°	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	RESPONSABLE A CARGO	SUPERVISIÓN
1	Verificar aceite del motor	Diaria	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
2	Verificar refrigerante	Diaria	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
3	Verificar presión de llantas	Diaria	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
4	Revisar y ajustar correas	Mensual	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
5	Revisar y comprobar frenos	Mensual	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
6	Revisar filtro de aire	Trimestral	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
7	Limpiar sistema de combustible	Quincenal	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
8	Verificar nivel de agua	Diaria	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
9	Revisar sistema de dirección	Semanal	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
10	Cambiar filtro de transmisión	Semestral	Jefe, asistente y auxiliar	Supervisor del área
11	Mantenimiento al motor	Anual	Jefe, asistente y auxiliar	Supervisor del área
12	Mantenimiento a la bomba de combustión	Semestral	Jefe, asistente y auxiliar	Supervisor del área
13	Cambio de filtro del sistema de enfriamiento	Semestral	Jefe, asistente y auxiliar	Supervisor del área
14	Comprobación de operatividad de luces	Diaria	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
15	Inspección del circuito eléctrico general	Semanal	Asistente y auxiliar	Supervisor del área
16	Cambio de aceite y bujía	Semestral	Jefe, asistente y auxiliar	Supervisor del área
17	Lubricación de cojinetes, cambio de aceite de transmisión y de motor	Mensual	Asistente y auxiliar	Supervisor del área

**Figura 13.** Actividades de mantenimiento preventivo asignadas

Es advertido que, persiguiendo desarrollar de manera eficiente las tareas propuestas, fue diseñado un formato en específico; mismo que integra información de la unidad, aspectos propios del mantenimiento, recursos ocupados y personal interviniente. Los mencionado, es detallado a continuación en la figura 14.



Precisar en forma detallada las actividades destinadas a la prevención bajo la ejecución de las tareas de mantenimiento en forma eficiente. Con tal fin, fue ocupado el flujograma como herramienta de apoyo, sirviendo de soporte destinado a mostrar en forma visual el proceso propuesto y que tiene por propósito la implementación del mantenimiento de calidad para todo proceso incluido.



**Figura 15.** Flujograma para la ejecución del mantenimiento de calidad

Sin duda, la aplicación del flujograma aportó en forma visual al análisis y definición asociado al pilar del mantenimiento de calidad. Siendo complementado de manera interna con diversas herramientas, persiguiendo alinearlas a la normativa ISO.

### **ISO 9004-2018**

Tiene por propósito gestionar la calidad y emplearla como medio de mejoramiento en cuanto a las actividades internas, logrando de esta manera el aumento en cuanto a eficacia, eficiencia y también productividad. La ISO 9004:2018 plantea lo siguiente:

- Llevar a cabo la determinación de fallas de alto impacto y que se relacionan en forma directa con la gestión de calidad, para posterior a ello ser analizadas por el departamento respectivo.

- Precisar de manera clara mecanismos y aspectos relevantes para el logro favorable de objetivos trazados.

- Verificar toda información en cuanto a la producción.

- Definir y detallar actividades fundamentales, destinadas al incremento de los objetivos trazados, optimizando las labores de mantenimiento.

### **Requerimiento y documentación para la ISO 9004:2018**

- Formatos vinculados a la documentación.

- Documentos ocupados en la asignación del comité.

### **- Departamentos de soporte para el TPM**

Alcanzado este momento, se incide en la relevancia de la colaboración de parte de los trabajadores de manera activa; así también, de parte de la jefatura del departamento y del nivel gerencial. Ello, con el propósito de lograr resultados positivos y de beneficios para la compañía minera estudiada.

### **Objetivos primordiales**

Generar de manera consciente participación de parte de los colaboradores de todos los niveles, sean estos gerenciales o administrativos y también operadores; persiguiendo de esta manera mejorar la disponibilidad de la flota de camiones en referencia. Se advierte que el impacto TPM recae sobre todo departamento y nivel organizacional presente en la compañía; empero, demanda sin duda de desempeño laboral correcto de parte de los participantes.

### **Obligaciones y responsabilidades**

Se precisa que, la dotación de recursos requeridos para implementar de manera correcta el plan TPM, estará a cargo de la jefatura del departamento y el nivel administrativo; contando con respaldo permanente del nivel gerencial. Se incide en el trabajo colaborativo.

### **Comunicación de nivel interno**

Se detalla que como parte del plan TPM, son tomadas en consideración toda información u opiniones suministradas de parte de los colaboradores, mismas que deberán ser supervisadas por parte del comité designado. Decisiones que generalmente se encuentran sometidas a votación, con participación de delegados y pretende disponer de consenso para aspectos relacionados al mantenimiento. Resulta necesario poder legislar toda información de actividades de TPM, responsabilidades y otras recomendaciones dispuestas de parte del comité; motivo por el cual, se apoyará en forma específica de fichas de comité, cuestionarios, memorándum y otra documentación de interés.

### **Comunicación de nivel externo**

Se detalla que, en cuanto a la comunicación externa, la responsabilidad en primer momento recae sobre el nivel gerencial, seguido de la jefatura del departamento; los cuales deberán de difundir información pertinente vinculada a las tareas de mantenimiento

propriadamente dichas. Como parte de las tareas, se advierte la necesidad de ejecutar inspecciones y revisiones para las unidades y equipos que conforman la compañía minera estudiada.

### **Control de documentación**

El propósito de este apartado consiste en recomendar el registro y gestión de toda información que afecte a la gestión del departamento de mantenimiento. La adecuada práctica de esta tarea aportará al adecuado registro de información del mantenimiento realizado; con lo cual, repercutirá a favor del incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos y el incremento de la calidad en cuanto a la gestión. Se advierte que los responsables de estas actividades serán la jefatura del departamento y también el gerente de la compañía, los cuales incidirán en ejecutar en detalle el control de las actividades de gestión documentaria y de igual manera al momento de generar reportes relevantes en asociación. Durante la verificación de toda información, deberá de ejecutarse la transcripción de información, normatividad, revisión, aprobación, distribución y también actualización de puntos pertinentes.

### **- Higiene, seguridad y medio ambiente**

Este pilar persigue precisar en forma detallada aspectos que garanticen en forma eficiente espacios de trabajo sin presencia de contaminación y accidentes de tipo laboral durante las jornadas laborales llevadas a cabo en la compañía minera.

### **Objetivo principal**

Precisar y difundir material preciso de relación a temática de seguridad de tipo laboral, con la finalidad de poder en cierta medida garantizar adecuado nivel en relación a la protección de los colaboradores. Por otro lado, conservar la disposición de espacios de trabajo adecuados, pudiendo certificar confiabilidad correcta. Resultó relevante advertir que,

como parte de las labores de mantenimiento son originados residuos peligrosos, pudiendo mencionar aceites, polvo y grasa; es por ello que, es común la presencia de accidentes en su asociación. En ese sentido, fue recomendado el despliegue de actividades necesarias para el fortalecimiento de cultura preventiva y temática de seguridad en el trabajo de beneficio directo para los colaboradores. Al referenciar la ISO 45001, recomienda:

- Llevar a cabo el registro de accidentes acontecidos.
- Ocupar en forma adecuada todo dispositivo destinado a la protección personal.
- Realizar la identificación y valoración de riesgos de seguridad y salud laboral.
- Ejecutar las capacitaciones en temática de seguridad, higiene y medio ambiente.
- Requerir compromiso integral y constante de parte de operadores y jefatura del área, promoviendo la participación colaborativa.

Detalle de acciones propuestas para el abordaje eficiente en la prevención de peligros que atenten la salud de los colaboradores de la compañía minera.

### **Generación de los residuos**

Sin duda y como resultado del desarrollo de las labores de mantenimiento cotidianas, se originan residuos específicos, como es el caso del refrigerante, aceite, filtros, cartón, disolventes, papel, bujías, pastillas de frenos y aerosol. Los cuales, al ya no ser ocupados para otro propósito, tendrán que ser acopiados, ejecutado su almacenamiento respectivo y posteriormente ser eliminados. Los materiales que resulten de esta tarea tendrán que clasificarse y ser almacenada en contenedores disponiendo de señalización adecuada y visible.

### **Acumulación y recolección**

Actividad que determina y demanda del apoyo necesario en el procesamiento de residuos obtenidos, con la finalidad de gestionarlos en forma eficiente y sin peligro. Se requiere del apoyo del nivel gerencial y participación de los colaboradores asignados para esta tarea.

### **Protección de tipo personal**

Se advierte que, para este apartado será de necesidad abarcar los departamentos de la compañía minera; motivo por el cual, se recomienda el empleo de dispositivos destinados a la protección personal; en ese sentido a continuación, se detallan los equipos propuestos.

**Tabla 10.** Recomendaciones asociadas a la protección personal para los colaboradores

Clasificación	Recomendación
Visual	Deberá de considerarse peso, resistencia y otros aspectos de tipo ergonómicos.
Respiratoria	Deberá de considerarse comodidad en cuanto a la respiración, disposición de filtros y otros aspectos a nivel ergonómico.
Auditiva	Deberá de considerarse peso y otros aspectos de tipo ergonómico.
Extrem. superiores	Deberá de considerarse resistencia a la perforación, cortes y disponer de aislamiento comprobado.
Extrem. inferiores	Deberá de disponer aislamiento de tipo eléctrico, flexibilidad y ser no deslizantes.

Deberá de disponer cascos de seguridad, que presenten ligereza, sin dificultad en la visión y dispongan de resistencia para golpes.

Cráneo

En ese sentido y considerando las recomendaciones basadas en protección de tipo personal, persiguiendo la reducción de riesgos, se propuso equipos de protección a nivel personal; teniendo detalle específico y que es mostrado en la figura 16 presentada a continuación.

ÁREA	PROPUESTA PARA LA PROTECCIÓN INDIVIDUAL						
	Visual	Respiratoria	Auditiva	Cuerpo	Extremidades superiores.	Extremidades inferiores.	Cráneo
MECÁNICA INDUSTRIAL							
	EN 166	EN 132	EN 352-1	EN 340	EN 374; 388	EN 345	EN 397
DESPACHO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES							
		EN 132		EN 340	EN 374	EN 345	EN 397
LAVADO Y LUBRICACIÓN							
	EN 166	EN 132	EN 352-1	EN 340	EN 374	EN 347	EN 397
VULCANIZACIÓN							
	EN 166	EN 132	EN 352-1	EN 340	EN 374; 388	EN 345	EN 397
MECÁNICA AUTOMOTRIZ							
	EN 166	EN 132	EN 352-1	EN 340	EN 374; 388	EN 345	EN 397

**Figura 16.** Alternativa propuesta para la protección personal de los colaboradores

### Programación del mantenimiento preventivo

En lo consecutivo, es detallada la programación del mantenimiento preventivo en proposición como parte del plan TPM en referencia. El detalle del mismo, es mostrado en la figura 17.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS UNIDADES DE LA COMPAÑÍA MINERA**

Nº	SISTEMA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	MOTOR	Cambio de correa trapecial		X			
2		Calibración de válvulas			X	X	
3		Inspección del motor	X	X	X	X	X
4		Medición de compresión del motor		X		X	
5	LUBRICACIÓN	Cambio de aceite del motor			X		X
6		Cambio de filtro de aceite del motor		X	X	X	X
7		Cambio de aceite de caja de cambios		X		X	
8		Cambio de aceite diferencial delantero y posterior	X		X		X
9		Engrasar horquilla de embrague		X	X	X	X
10		Engrasar ruedas, ejes y semiejes		X	X	X	X
11		Engrasar cojinetes de ruedas		X	X	X	X
12		Engrase general			X		X
13	INYECCIÓN	Cambio de filtro primario y secundario de combustible			X		X
14		Corrección y limpieza de bomba de inyección		X		X	
15		Limpieza de inyectores		X		X	
16	COMBUSTIBLE	Limpieza de filtro de aire		X		X	
17		Cambio de filtro de aire				X	X
18		Inspección del sistema de escape			X		X
19	SUSPENSIÓN	Cambio de líquido hidráulico		X		X	
20		Revisión general direccional		X		X	
21		Inspección de suspensión		X		X	X
22	TRANSMISIÓN	Cambio de líquido de embrague		X		X	
23	FRENO	Cambio de líquido de frenos		X		X	
24	NEUMÁTICOS, FUGAS Y OTROS	Inspección de neumáticos	X		X		X
25		Inspección de batería	X		X		X
26		Limpieza de tanque de combustible		X			X
27		Inspección de nivel de fluidos		X			X
28		Inspección de fugas de aire		X			X

**Figura 17.** Programación del mantenimiento preventivo en proposición

### Cronograma del TPM

Seguidamente, serán detalladas cada una de las actividades TPM programadas de acuerdo al plan propuesto. El detalle es mostrado en la figura 18.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES TPM PARA LA COMPAÑÍA MINERA											
FASES	ACTIVIDADES TPM	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10
PRESENTACIÓN	Decisión e información del TPM	X	X								
	Análisis de condiciones y establecimiento de objetivos		X	X							
	Plan TPM			X	X	X					
IMPLANTACIÓN	Inicio formalizado del TPM					X					
	Mejoramiento de la disponibilidad				X	X	X	X			
	Refuerzo de las 5S				X	X	X				
	Programa de mantenimiento autónomo				X	X	X	X			
	Programa de mantenimiento preventivo						X	X	X	X	X
	Programa de capacitación y formación				X	X	X	X	X		

**Figura 18.** Cronograma TPM

## Propuesta 2. Diseño de Layout

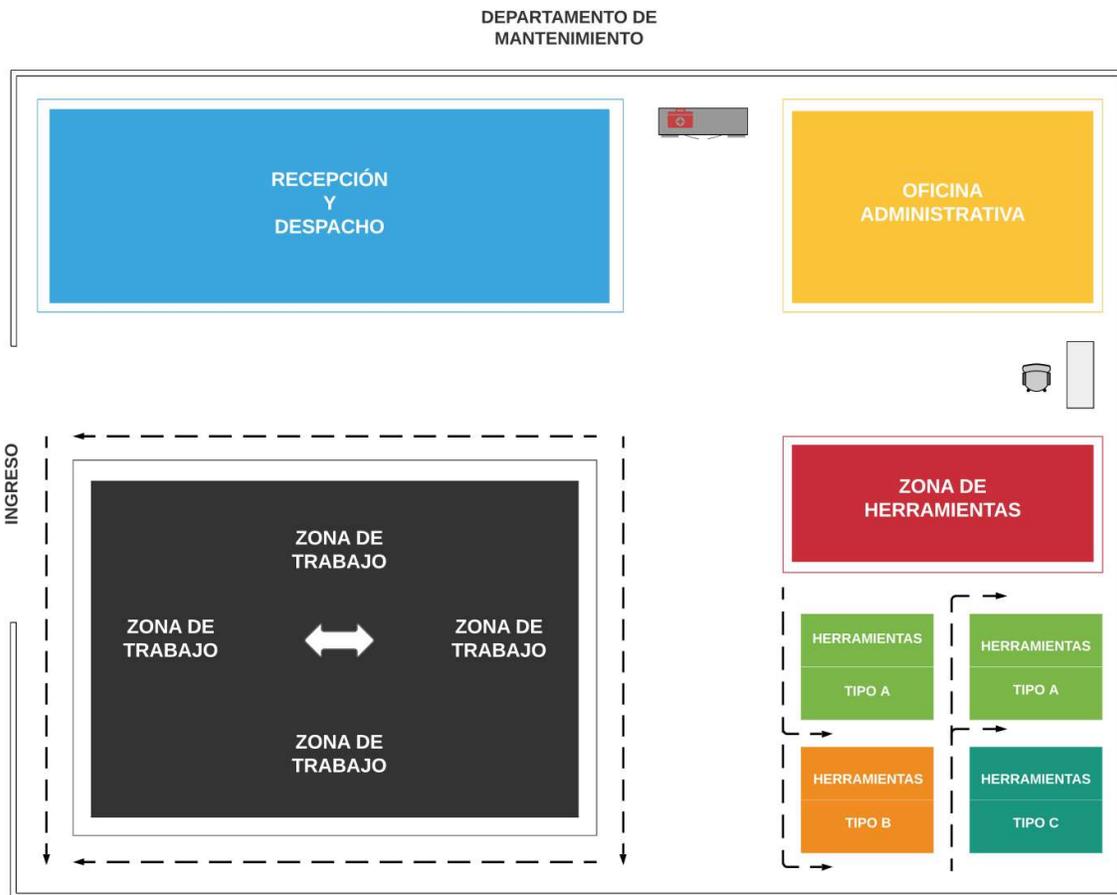
Para completar la segunda parte de la propuesta, existió la necesidad de considerar la distribución del ambiente de trabajo actual de la compañía minera, así también la ubicación de los recursos y herramientas ocupadas en las labores de mantenimiento. Con estas premisas y como propuesta secundaria, se planteó el diseño de layout específicamente; persiguiendo en todo momento incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos.

Este componente de la propuesta tuvo el propósito de generar una adecuada distribución del espacio laboral, tomando en consideración factores como el traslado, seguridad, iluminación y señalización, en favorecimiento del correcto traslado, almacenamiento y clasificación de todos los recursos ocupados en el departamento de estudio; así como para la ubicación más adecuada para las unidades atendidas, reduciendo tiempos en las revisiones y atenciones generadas. En ese sentido, se hubieron de considerar recursos necesarios para la ejecución de esta parte de la propuesta y que son mencionados en lo consecutivo.

**Tabla 11.** Recursos para propuesta del layout

Recurso	Costo S/.
Combustible para las unidades cargueras	500.00
Colaboradores de apoyo para ejecutar las actividades	500.00
Experto (consultoría a nivel externo)	1,500.00
Elementos para la señalización	500.00
Total S/.	3,000.00

Asumiendo entonces, para la segunda parte de la propuesta una inversión requerida de S/. 3,000.00 nuevos soles. En lo consecutivo, se muestra gráficamente la nueva distribución planteada como propuesta para el departamento de mantenimiento de la compañía minera.



**Figura 19.** Distribución de espacio de trabajo propuesta (diseño de Layout)

### **Propuesta 3. Recomendaciones para la sostenibilidad de las mejoras realizadas**

Una vez culminada la implementación de las soluciones de mejora, se recomienda iniciar el desarrollo de las labores de mantenimiento considerando los procesos previamente estandarizados, los cuales fueron definidos como parte del desarrollo del TPM y que incluyen

la ocupación de formatos específicos y el despliegue de actividades de mantenimiento en forma calendarizada. Ello, con el propósito de lograr la permanencia de las mejoras con el paso del tiempo. Con esto, se podrá garantizar la presencia de orden y estandarización efectiva en el área, lo cual ayudará a mantener el nivel de calidad de servicio que se ha obtenido a través de la aplicación de la solución desarrollada en el presente estudio. Finalmente, se concluye precisando que, la disposición de programas de capacitación recurrentes resulta de mucha conveniencia para el departamento de estudio, debido a que fortalecerá el conocimiento relacionado a las labores de mantenimiento, las cuales podrán integrarse en la solución principal basada en la metodología TPM. Es por ello que, el nivel gerencial de la empresa minera deberá proporcionar los recursos necesarios para lograr resultados positivos en cuanto a la sostenibilidad de las mejoras realizadas, las cuales perduren con el paso del tiempo.

#### **3.1.2.4. Situación de la disponibilidad con la propuesta**

Se advierte que, con la finalidad de realizar los cálculos requeridos, se ocuparon los mismos indicadores empleados previamente a la propuesta dentro del estudio elaborado para la compañía minera. La información fue proporcionada por el departamento de mantenimiento. Así también, es oportuno mencionar que solo se tomaron en consideración las unidades más críticas, siendo estas las de mayor ocupación y rotación en el proceso de recolección de mineral para la compañía. El criterio de selección fue provisto por el jefe del departamento de mantenimiento.

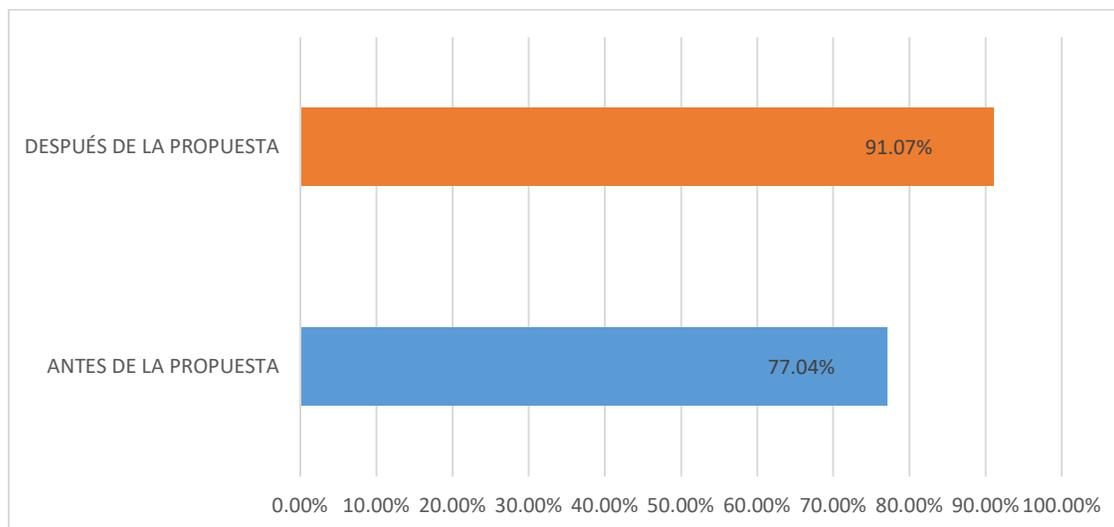
**Tabla 12.** Disponibilidad posterior a la propuesta

N o.	Unidad	P	R	A	MTTR	MTBF	Disponibilidad
		Tiempo de paro por avería (horas/año)	Tiempo entre fallas (horas/año)	Cantidad de averías registradas	P/A	R/A	MTBF/(MTBF+MTTR)
1	794AC-MT500145-CAT-HT001	46	322	9	5.11	35.78	0.88
2	794AC-MT500146-CAT-HT002	33	366	12	2.75	30.50	0.92
3	794AC-MT500149-CAT-HT003	21	235	5	4.20	47.00	0.92
4	794AC-MT500150-CAT-HT004	25	297	13	1.92	22.85	0.92
5	794AC-MT500151-CAT-HT005	29	280	7	4.14	40.00	0.91
6	794AC-MT500152-CAT-HT006	23	305	17	1.35	17.94	0.93
7	794AC-MT500122-CAT-HT007	21	217	9	2.33	24.11	0.91
8	794AC-MT500123-CAT-HT008	27	251	13	2.08	19.31	0.90
9	794AC-MT500124-CAT-HT009	29	300	8	3.63	37.50	0.91

1 0	794AC-MT500125-CAT-HT010	25	231	14	1.79	16.50	0.90
1 1	794AC-MT500168-CAT-HT011	32	361	13	2.46	27.77	0.92
1 2	794AC-MT500169-CAT-HT012	25	260	11	2.27	23.64	0.91
Disponibilidad promedio							0.91

---

Con lo cual, basados en los resultados obtenidos, se precisa que posterior a la propuesta, el valor para la disponibilidad de la flota vehicular correspondió ser del 91.07%. Logrando precisar de esta forma el incremento del 14.03% respecto al valor inicial (77.04%), resultados favorables para la compañía de estudio. A continuación, la figura 20 muestra de manera gráfica lo precisado.



**Figura 20.** Disponibilidad de flota de camiones antes y después de la propuesta

Sumado a ello, a continuación, se presentan los resultados de la ficha de verificación de las 5S posterior a la implementación de la solución desarrollada. Esta información es detallada en la tabla 13, mostrada a continuación.

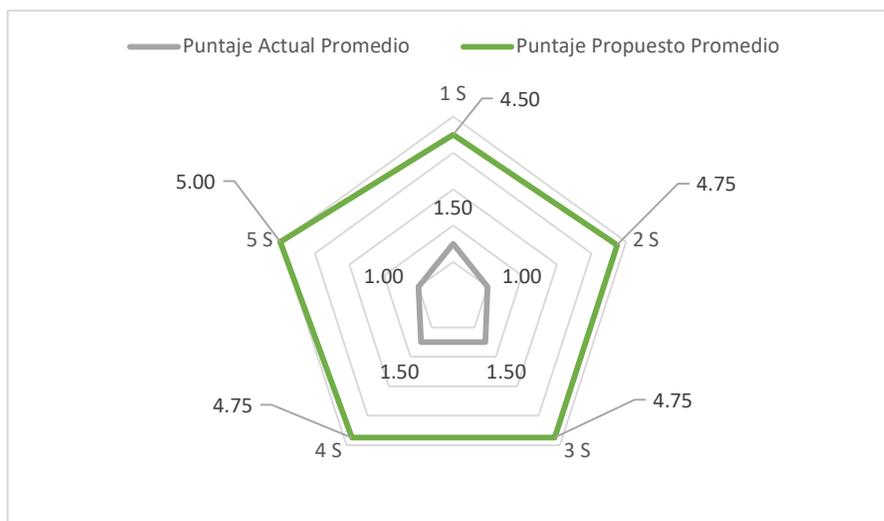
**Tabla 13.** Detalle de resultados finales de la ficha de verificación de las 5S

S	N°	Interrogante	Actual				
			1	2	3	4	5
1S-SEIRI	1	¿En la zona de trabajo hay menos retazos y desperdicios?				X	
	2	¿No existen herramientas inservibles en la zona de labor?					X
	3	¿No existe dificultad de tránsito para realizar el trabajo?					X
	4	¿No existen equipos inútiles en la zona de labor?				X	

	Puntaje promedio		4.5			
2S-SEITO	5	¿Hay un lugar en específico destinado a herramientas?				X
	6	¿Hay un lugar en específico para materiales de poco uso?				X
	7	¿Es sencillo identificar el lugar destinado a cada cosa?			X	
	8	¿Vuelven a colocarse las cosas en su respectivo lugar luego de emplearlas?				X
	Puntaje promedio		4.75			
3S-SEISO	9	¿Está la zona de labor está limpia empleándose elementos adecuados para el aseo?				X
	10	¿Los equipos están en buenas condiciones de limpieza?			X	
	11	¿Se hacen tareas de limpieza de manera periódica?				X
	12	¿El piso de la zona de labor está aseado?				X
	Puntaje promedio		4.75			
4S-SEIKETSU	13	¿No se mezclan los elementos útiles e inútiles en la zona de labor?			X	
	14	¿Cualquiera sabe qué elementos son útiles e inútiles?				X
	15	¿Es posible saber dónde van ubicados los elementos y en qué cuantías?				X

	16	¿El aseo se combinó con el mantenimiento?					X
	Puntaje promedio		4.75				
5S-SHITSUKE	17	¿Se aplican continuamente los principios de la 5S?					X
	18	¿Se emplean los EPP para realizar los trabajos?					X
	19	¿El personal está capacitado respecto a las 5S?					X
	20	¿El personal tiene responsabilidad para realizar sus labores?					X
Puntaje promedio		5					
Promedio general		4.75					

Basados en la evaluación final de las 5S, es advertido como valor promedio general 4.75. Lo cual, sin duda evidencia una clara mejora respecto al valor inicial obtenido (1.3).



**Figura 21.** Radar de las 5S, antes y después de la propuesta

### 3.1.2.5. Análisis beneficio/costo de la propuesta

En lo consecutivo, se realizará el análisis asociado a la viabilidad económica de la propuesta de solución planteada; misma que se encontró basada en la gestión de mantenimiento y el diseño de Layout; persiguiendo el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera.

#### a. Beneficio de la propuesta

Para el análisis del beneficio de la propuesta, se incluyó el ahorro obtenido de la reducción de las paradas por averías; siendo estas el resultado de la implementación de la propuesta planteada en el estudio realizado. En lo consecutivo, en la tabla 14 son detalladas las cantidades requeridas para realizar el cálculo en referencia.

**Tabla 14.** Detalle de beneficio conseguido

N°	Unidad	Antes	Después	Costo	
		Tiempo de paro por avería (horas/año)	Tiempo de paro por avería (horas/año)	por hora	Ahorro
1	794AC-MT500145-CAT-HT001	122	46	45	3,420.00
2	794AC-MT500146-CAT-HT002	166	33	40	5,320.00
3	794AC-MT500149-CAT-HT003	145	21	32	3,968.00
4	794AC-MT500150-CAT-HT004	197	25	38	6,536.00

5	794AC-MT500151- CAT-HT005	180	29	22	3,322.00
6	794AC-MT500152- CAT-HT006	105	23	28	2,296.00
7	794AC-MT500122- CAT-HT007	117	21	31	2,976.00
8	794AC-MT500123- CAT-HT008	151	27	29	3,596.00
9	794AC-MT500124- CAT-HT009	115	29	24	2,064.00
10	794AC-MT500125- CAT-HT010	100	25	20	1,500.00
11	794AC-MT500168- CAT-HT011	141	32	26	2,834.00
12	794AC-MT500169- CAT-HT012	130	25	23	2,415.00
				Total S/.	40,247.00

---

Por lo cual, basados en los resultados, se puede advertir el beneficio económico total de S/. 40,247.00; siendo el resultado del ahorro por la reducción de las paradas por averías en las unidades consideradas en el estudio.

**b. Costos de la propuesta**

En este apartado, serán detallados los costos de vinculación a la propuesta de solución planteada en el estudio realizado. El resumen del mismo, se precisa en la tabla 15.

**Tabla 15.** Detalle de los costos asociados

Detalle	Costo S/.
Costos generales de asociación a la implementación de la propuesta de gestión de mantenimiento	8,000.00
Diseño e impresión de formatos y documentación asociada	1,500.00
Materiales para pintado del departamento	3,500.00
Elementos destinados al mantenimiento de equipos ocupados en el departamento de mantenimiento	5,500.00
Capacitaciones externas en aspectos relacionados a la gestión de mantenimiento (6 meses)	9,000.00
Elementos para la propuesta layout (tabla X)	3,000.00
Total S/.	30,500.00

Siendo determinado como costo total de inversión para la propuesta el valor de S/. 30,500.00. Posterior a ello, se procede a realizar el cálculo para el beneficio costo respectivo; obteniendo como valor:

$$\text{Beneficio costo para la propuesta} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\text{Beneficio costo para la propuesta} = \frac{40,247.00}{30,500.00}$$

$$\text{Beneficio costo para la propuesta} = 1.32$$

Por lo cual y basado en el valor alcanzado de 1.32 para el análisis, fue advertido que, cuando la compañía minera invierta un nuevo sol en la propuesta, dispondrá de un retorno en beneficio de S/. 0.32.

### **3.2. Discusión**

Al tomar en referencia el objetivo específico de identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la empresa minera, pudieron mencionarse principalmente problemas vinculados a la ejecución de mantenimiento correctivo en forma recurrente, ausencia de stock de repuestos y componentes, empleo incorrecto de equipos, así como la presencia de averías constantes; se pudo evidenciar también la ausencia del empleo de un método de trabajo claramente definido. Es por ello que el despliegue de las tareas de mantenimiento era prolongado y recurrente; aspectos que sin duda influenciaban de manera negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones. Por lo cual se advierte que, al implementar herramientas metodológicas soportadas en ingeniería, como es el caso del Lean Manufacturing, impactaron positivamente en el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera. Se advierte que, al llevar a cabo el análisis de indicadores ocupados antes de la propuesta, se obtuvo valor para la disponibilidad de 77.04%; lo cual evidenciaba el requerimiento de mejora en su atención. Problemática, que al ser comparada con lo precisado en Ecuador por [7] el cual tuvo como propósito llevar a cabo la identificación y solución de problemas puntuales al interior del proceso productivo y ante la presencia de constantes paradas por averías de los equipos. La propuesta planteó implementar un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para la maquinaria en disposición de la compañía. Se procedió a desarrollar el plan de gestión de mantenimiento, incidiendo en las actividades destinadas a la lubricación, proceso de inspección y tareas de control para la maquinaria productiva. Los resultados determinaron que el indicador más adecuado destinado a la medición de la confiabilidad consiste en el tiempo promedio entre paradas o

MTBF, precisando el aumento de confiabilidad y mejora de calidad en 3.59; reflejándose en la mejor disponibilidad de equipos productivos. Los estudiosos concluyen afirmando que con la aplicación del plan de mantenimiento planteado pudo alcanzarse el 87.00% para la confiabilidad, resultados aceptables y favorables para la compañía estudiada.

En la investigación se planteó el objetivo específico de detallar la propuesta de gestión de mantenimiento para el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos, para lo cual posterior al análisis de la problemática, fue determinada como propuesta plantear la ocupación de herramientas de lean manufacturing; siendo estas la gestión de mantenimiento y el diseño de layout. Consecuencia de la adecuada adecuación a la problemática presentada, sumado a que la literatura revisada evidencia resultados positivos conseguidos por diversos autores, constatando resultados de beneficio provistos por las herramientas de lean manufacturing y para el caso particular de estudio, disponiendo de impacto favorable sobre el incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos referenciados en el estudio. La propuesta contempló la ejecución de la gestión de mantenimiento, detallando el despliegue de los pilares incluidos e incidiendo en el desarrollo del TPM alineado a las necesidades y objetivos de la compañía minera. Se propuso pautas específicas para generar la adecuada cultura preventiva de mantenimiento de parte de los colaboradores, fueron diseñados formatos específicos, así como la programación efectiva para las unidades de estudio afectadas. Sumado a ello y como parte también de la propuesta, se llevó a cabo el diseño de Layout, persiguiendo garantizar espacios de trabajo adecuados, con la presencia de señalización correcta, iluminación y ventilación efectiva, pasillos libres de obstáculos, gestión rápida para el ingreso y salida de las unidades a ser atendidas por el departamento de mantenimiento. Se recomendó y plasmó también el ordenamiento y clasificación de los recursos y herramientas ocupadas por el área. Propuesta beneficiosa, tal y como lo detallado en Lima por [12], quien propuso la mejora del nivel de indicadores de mantenimiento para equipos de transporte de carga. La propuesta basada en la gestión de mantenimiento buscó de manera principal el incremento de disponibilidad de la flota de

unidades de transporte. Los resultados evidenciaron el incremento de la disponibilidad de las unidades de transporte en 9.00%. Sumado a ello, pudo reducirse el tiempo destinado a la reparación de las unidades a través de la implementación de estrategias detalladas en el plan de gestión de mantenimiento. Se concluye afirmando lo beneficioso de la aplicación de la propuesta, presentando como resultado más relevante la mejora en cuanto a la disponibilidad de las unidades; aspecto de importancia e interés para la compañía.

En atención al objetivo de evaluar el beneficio costo asociado a la propuesta de investigación, es mencionado que se ocupó de manera específica el análisis beneficio costo, consiguiendo valor de 1.32; resultados que pueden ser comparados con lo conseguido en Chiclayo por [17], en donde como propuesta fue diseñado un plan de gestión de mantenimiento destinado a la flota vehicular de una compañía del rubro de transportes. El análisis económico de la propuesta planteada retornó el valor de 1.53 para el beneficio costo. En ese sentido y basados en los resultados, se determinó la viabilidad económica, generando impacto positivo a favor del incremento de la disponibilidad de la flota de camiones de la compañía minera.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

a) Se identificó la problemática que impactaba negativamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la compañía minera, siendo identificados problemas vinculados a la ejecución de mantenimiento correctivo recurrente, ausencia de stock de repuestos y componentes, empleo incorrecto de equipos, así como la presencia de averías constantes; pudiéndose evidenciar también la ausencia del empleo de un método de trabajo definido. Es por ello que, el desarrollo de las actividades de mantenimiento era prolongado y frecuente; aspectos que sin duda influenciaban de manera negativa sobre la disponibilidad de la flota de camiones en la empresa. Problemas que al ser medidos y analizados en forma cuantitativa por los indicadores ocupados, determinaron valor para la disponibilidad de 77.04%; lo cual constataba la necesidad de mejora en su atención. Concluyéndose de esta manera que, la presencia de los problemas mencionados afectaba directamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la empresa.

b) Fue desarrollada la propuesta de gestión de mantenimiento, persiguiendo incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la empresa minera; motivo por el cual, luego de hacer efectivo el proceso de análisis de la problemática presentada, se desarrollaron en forma detallada tanto la propuesta de gestión de mantenimiento como el diseño de Layout en forma complementaria. En ese sentido, la primera propuesta contempló la ejecución de la gestión de mantenimiento, desarrollando cada uno de los pilares incluidos por el TPM. Se propusieron pautas específicas destinadas a fomentar la adecuada cultura preventiva de mantenimiento en cada uno de los colaboradores; sumado a ello, fueron diseñados formatos específicos, así como la programación efectiva para las unidades de estudio afectadas. Por otro lado, al llevar a cabo el diseño de Layout, se persiguió garantizar espacios de trabajo adecuados, con presencia de señalización correcta, iluminación y

ventilación adecuada, pasillos libres de obstáculos, así como la gestión rápida para el ingreso y salida de las unidades a ser atendidas por el departamento de mantenimiento. Finalmente, se llevó a cabo el ordenamiento y clasificación de los recursos y herramientas ocupadas por el área. Por lo que se concluye que, las propuestas resultaron ser beneficiosas, ya que aportaron positivamente al incremento de la disponibilidad de la flota de camiones autónomos a través de la atención a la problemática advertida preliminarmente.

c) Como parte del desarrollo de la investigación, fue evaluado el beneficio costo asociado a la propuesta planteada, advirtiéndose que se obtuvo valor de 1.32; por lo que se concluye afirmando que la propuesta dispone de viabilidad económica. En ese sentido se interpreta que, por cada sol invertido en la propuesta, la compañía minera logrará beneficio de S/. 0.32 nuevos soles.

## **4.2. Recomendaciones**

La primera recomendación consiste en programar y ejecutar acciones destinadas a la supervisión y también control para todas las actividades que acontecen al interior del departamento de mantenimiento. Para su ejecución, es recomendada plasmarla en un documento formal y llevarla a cabo de acuerdo a calendarización específica. Al desarrollar en forma efectiva y adecuada estas actividades, se podrá precisar oportunidades de mejora, así como la presencia de problemas a ser atendidos.

También se recomienda que, en un futuro se realicen nuevos estudios en el departamento, con la finalidad abordar nuevos problemas presentes e implementar herramientas diversificadas; las cuales, al ser combinadas se logren resultados positivos en favor de la compañía de estudio.

En forma última, se recomienda poder incluir diversos análisis económicos para las propuestas o nuevos estudios que se realicen en la compañía de estudio; ello, con la finalidad

de alcanzar resultados mucho más precisos sobre la viabilidad de las propuestas y que favorezcan la mejora significativa de problemas específicos presentes.

## REFERENCIAS

- [1] E. Guerra, y A. Oca, "Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería", *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (45), 14-21, enero 2019, DOI: <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>
- [2] L. Saraiba, Y. Arbella, M. Moreno, y R. Torres, "La gestión del mantenimiento acorde a la criticidad de los activos", *Ciencias Holguín*, 29(2), . Abril 2023, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1815/181574886002>
- [3] J. González, E. Martínez, E. Barreto, V. Espinosa, y J. Cabrera, "Modelo con enfoque logístico para diagnosticar la gestión de mantenimiento de una entidad productora de envases", *Ingeniería Mecánica*, 23(2), e600, diciembre 2020, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2251/225164987003>
- [4] A. Loaiza, "Gestión de mantenimiento correctivo en las instalaciones universitarias públicas de la costa oriental del lago", *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 3(9), 15-31., mayo 2019, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6219/621964639002>
- [5] M. Viscaíno, S. Villacrés, C. Gallegos, y H. Negrete, "Evaluación de la gestión del mantenimiento en hospitales del instituto ecuatoriano de seguridad social de la zona 3 del Ecuador", *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (22), ., diciembre 2029, DOI: <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.06>, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5055/505559510009>
- [6] J. Arango, S. Rosero, y M. Montoya, "Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos", *Lámpsakos*, (23), 37-44, junio 2020, DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3112>, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964510003>

- [7] J. Muñoz, y M. Cantos, "Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conservas de atún", *Científica*, 25(2), 1-24, octubre 2021, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/614/61466617005>
- [8] R. Medina, "Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros", *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, 6(21), 37-49, marzo 2022, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6219/621972217002>
- [9] J. López, C. Trinchet, R. Pérez, y J. Vargas, "Procedimiento para evaluar el mantenimiento en una flota de transporte de combustibles por carretera", *Ingeniería Mecánica*, 24(1), 1-14, febrero 2021, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2251/225169340001>
- [10] R. Marrero, J. Vilalta, y E. Martínez, "Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento", *Ingeniería Industrial*, XL (2), 148-160, enero 2019, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3604/360459575005>
- [11] G. Trujillo, W. Chávez, y D. Utrilla, "Implementación de un plan estratégico de mantenimiento del sistema de telecomunicaciones y su relación con la operatividad de un hospital regional", *Industrial Data*, 25(1), 37-50, DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.16884>, abril 2022, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/816/81672183002>
- [12] R. Medina, "Estrategias de gestión de mantenimiento para mejorar los indicadores de mantenimiento de equipos de transporte de carga terrestre", noviembre 2022, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/31929e5b-5cf0-41f8-836e-f2ac5257fe54>

- [13] B. Acuña, "Propuesta de mejora para la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas del mantenimiento productivo total (TPM) en el área de tejeduría en una empresa textil", DOI: <http://doi.org/10.19083/tesis/651599>
- [14] B. Pujay, "Gestión de mantenimiento de equipos Caterpillar – Unidad Minera Chungar Cia. Volcan", diciembre 2021, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8425>
- [15] L. Diaz, y J. Velaochaga, "Incremento de disponibilidad operativa en equipos críticos a través de la mejora en gestión del mantenimiento preventivo - Proyecto Especial CHINECAS, 2019, marzo 2019, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45415>
- [16] J. Gil, "Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad y la confiabilidad en vehículos Kia Picanto 1000cc convertidos a GLP, Chiclayo 2018", mayo 2019, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40980>
- [17] J. Rodríguez, "Gestión de mantenimiento de la flota vehicular para la reducción de costos en la Empresa Transportes Como Cancha S.A.C. Chiclayo 2018", diciembre 2018, [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4642>
- [18] C. Guevara, "Propuesta de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la empresa CGW Plastic S.A.C. para la reducción de costos por parada de máquina", octubre 2019, [en línea]. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2169>
- [19] C. Boero, "Mantenimiento industrial", Jorge Sarmiento Editor – Universitas, enero 2020
- [20] R. Olives, "Mantenimiento preventivo", Departamento de Empresa y Empleo, Barcelona, octubre 2019

- [21] S. García, "Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial", julio 2019, [en línea]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>
- [22] E. Calvo, y C. Sierra, "Volumen: Teoría general de mantenimiento y fiabilidad. UC Santander, diciembre 2017, [en línea]. Disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2489/course/section/2495/Mantenimiento1.pdf>
- [23] J. Moubray, "Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)", marzo 1997
- [24] SIMA, "Mantenimiento preventivo", octubre 2010, [en línea]. Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- [25] S. Duffuaa, A. Raouf, y J. Campbell, "Sistemas de mantenimiento. Planificación y control", Editorial Limusa, México, mayo 2010
- [26] W. Torell, y V. Avelar, "Tiempo medio entre fallas: explicación y estándares", abril 2004, [en línea]. Disponible en: <https://silo.tips/download/tiempo-medio-entre-fallas-explicacion-y-estandares>
- [27] L. Penabad, A. Iznaga, P. Rodríguez, y C. Cazañas, "Disposición y disponibilidad como indicadores para el transporte", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 25(4), 64-73, julio 2016
- [28] E. Andrea, y C. Sierra, "Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras", marzo 2017, [en línea]. Disponible en: <https://ocw.unican.es/course/view.php?id=233&section=1>
- [29] Techint, "Programa gestión del mantenimiento", noviembre 2014, [en línea]. Disponible en: <https://cecma.com.ar/wp-content/uploads/2019/04/modulo-iv-ingenieria-de-mantenimiento-a.-de-Fallas.pdf>

- [30] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios, y H. Romero, "Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (5a. edición)", Ediciones de la U, enero 2018
- [31] C. Bernal, "Metodología de la Investigación", (3a. Ed.). Medellín, Colombia: Pearson Educación, enero 2010
- [32] S. Valderrama, "Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica", San Marcos, junio 2017
- [33] M. Garey, y D. Johnson, "Computers and intractability: A guide to the theory of NP-completeness". San Francisco, EEUU: Freeman.GEORGE, Claude y ÁLVAREZ, Lourdes. Historia del pensamiento administrativo, mayo 1979, [en línea]. México: Pearson Educación de México, 2005. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=Jc8tBZb-ZJkC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

## ANEXOS

### ANEXO 1: Formato de guía de observación aplicada al departamento de mantenimiento

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN – MINERA QUELLAVECO</b>				
<b>ÁREA A EVALUAR:</b>		Departamento de mantenimiento		
<b>N°</b>	<b>CRITERIO A EVALUAR</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>DETALLE</b>
1	Área de trabajo limpia y ordenada			
2	Disposición de gestión de mantenimiento en el área			
3	Presencia de registro para fallas de mantenimiento presentadas			
4	Las tareas de mantenimiento son realizadas de acuerdo a una calendarización programada			
5	Los material y recursos empleados se encuentran ubicados correctamente			
6	Existe un responsable encargado de la supervisión de las actividades del departamento de mantenimiento			
7	La disponibilidad de equipos de la empresa es la esperada			

**ANEXO 2:** Formato de guía de entrevista aplicada al jefe del departamento de mantenimiento

	<b>UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN</b>
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
<b>Entrevistador:</b>	Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto
<b>Entrevistado:</b>	Jefe del departamento de mantenimiento de la Minera Quellaveco
<b>Finalidad:</b>	Identificar la problemática específica que impacta negativamente sobre la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la empresa minera
<p>1. ¿Conoce acerca de la Gestión de Mantenimiento?</p> <p>2. ¿Ocupar este tipo de herramientas metodológicas genera beneficios, sabe usted cuáles son?</p> <p>3. ¿Al corriente, las tareas de mantenimiento son desarrolladas a través de algún plan específico?</p> <p>4. ¿Al ejecutar las labores de mantenimiento, existe supervisión de parte de la compañía?</p>	

5. ¿Considera que actualmente la disponibilidad de flota de camiones autónomos es la adecuada?

6. ¿Los componentes y herramientas provistos por la compañía son las suficientes?

7. ¿El departamento de mantenimiento ocupa indicadores específicos evaluar la disponibilidad de los equipos?

**ANEXO 3:** Formato de cuestionario de encuesta para los colaboradores del departamento  
de mantenimiento

**EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA MINERA  
QUELLAVECO**

**N° Cuestionario:** \_\_\_\_\_

**I. CONSIDERACIONES GENERALES**

**Fecha** : \_\_/\_\_/\_\_\_\_

**Detalle** : La aplicación de la presente encuesta se encuentra destinada a la totalidad de colaboradores del departamento de mantenimiento de la Minera Quellaveco.

**II. RECOMENDACIONES**

A continuación, se presenta el detalle de las preguntas a resolver; por lo cual, se requiere que sean completadas en su totalidad, marcando la alternativa que considere la más adecuada.

**1. ¿Se dispone de metodología específica para el apoyo a la gestión de mantenimiento al interior del departamento de mantenimiento de la compañía minera?**

a) Sí

b) No

**2. ¿Dispone de programación destinada al desarrollo de las labores de mantenimiento dentro del área?**

a) Sí

b) No

**3. ¿Al corriente, la disponibilidad de flota de camiones autónomos de la compañía minera es la esperada?**

a) Sí

b) No

**4. ¿Considera que los tiempos de respuesta para las órdenes de atención del departamento de mantenimiento son las adecuadas?**

a) Sí

b) No

**5. ¿En el último trimestre, fueron registrados reclamos vinculados a la calidad de trabajo llevado a cabo por el departamento de mantenimiento?**

a) Si

b) No

**6. ¿Se dispone de supervisión durante el despliegue de actividades ejecutadas dentro del área de mantenimiento?**

a) Si

b) No

**7. ¿Dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo las labores de mantenimiento dentro del área?**

a) Si

b) No

**8. ¿Recibe capacitaciones constantes por parte de la compañía minera?**

a) Si

b) No

## ANEXO 4: Validaciones del instrumento



**Universidad Señor de Sipán**  
**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial**  
**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto : José Manuel Santisteban Sánchez  
 Grado Académico : Ingeniero Industrial  
 Cargo e Institución : Control de producción / Planeamiento – Empresas Mineras  
 Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
 Autor del instrumento : Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto  
 Título del Proyecto de Tesis : Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				16
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

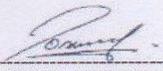
**Valoración**

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
 Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
 Observaciones : Ninguna

Fecha : 28/11/2023

Colegiatura: 294578

Firma :

  
 JOSE MANUEL SANTISTEBAN  
 SANCHEZ  
 Ingeniero Industrial  
 CIP N° 294578

**Universidad Señor de Sipán**  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto : Winworfan G. E. Villalobos Vásquez  
 Grado Académico : Ingeniero Industrial  
 Cargo e Institución : Área de mantenimiento - Tecnológica de Alimentos S.A.  
 Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
 Autor del instrumento : Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto  
 Título del Proyecto de Tesis : Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				16
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

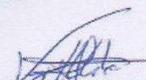
**Valoración**

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
 Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
 Observaciones : Ninguna

**Fecha** : 30/11/2023

**Colegiatura** : 265085

**Firma** :

  
 -----  
 WINWORFAN GEORGETTE  
 EUGENIO  
 VILLALOBOS VASQUEZ  
 Ingeniero Industrial  
 CIP N° 265085

**Universidad Señor de Sipán**  
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS**

Apellidos y nombres del experto : Reinoso Torres Jorge Jeremy Junior  
 Grado Académico : Ingeniero Civil. Maestría en Investigación y Docencia  
 Universitaria  
 Cargo e Institución : Docencia en el instituto SENCICO  
 Nombre del instrumento a validar : Cuestionario  
 Autor del instrumento : Bach. Casquino Bernedo Carlos Augusto  
 Título del Proyecto de Tesis : Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad  
 de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco,  
 Moquegua - 2024

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				16
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems			15	
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables			15	
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere			15	
Viabilidad	Es viable su aplicación				16

**Valoración**

Puntaje (De 0 a 20) : 15  
 Calificación (De Deficiente a Muy bueno) : Bueno  
 Observaciones : Ninguna

Fecha : 28/11/2023

Colegiatura: 110771

Firma :

*J. Reinoso*  
 Jorge Jeremy Junior Reinoso Torres  
 ING. CIVIL  
 CIP. 110771

## ANEXO 5: Detalle de la confiabilidad

**Tabla 3.** Análisis de la confiabilidad

Parámetros	Valores
Alfa de Cronbach	0.849412287
K	10
Vi	4.72
Vt	20.04

*Nota:* Valores del Alfa de Cronbach

## ANEXO 6: Autorización para recojo de información

### AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Moquegua, 15 de enero de 2024

Quien suscribe:

Ing. Amesquita Guardia Yuri Ronal

Supervisor de Mantenimiento Mina – Minera Quellaveco

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función de la tesis, denominada: "Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024".

Por el presente, el que suscribe, Ing. Amesquita Guardia Yuri Ronal, supervisor de mantenimiento mina de la empresa: Minera Quellaveco. **AUTORIZO** al estudiante: Bach. Casquino Bemedo Carlos Augusto, identificado con DNI N° 42615950, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, y autor del trabajo de investigación denominado "Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de la flota de camiones autónomos de la Minera Quellaveco, Moquegua - 2024", al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis de pregrado, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente.

Nombre y Apellidos : YURI AMESQUITA GUARDIA  
D.N.I. N°. : 10278025  
Cargo de la empresa : SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

  
Yuri Amesquita Guardia  
SUPERVISOR DE CAMPO  
 AngloAmerican Quellaveco

Firma y sello

NOMBRE DEL TRABAJO

Turnitin\_Tesis final\_Casquino Bernedo Carlos Augusto (2).docx

RECuento DE PALABRAS

**15648 Words**

RECuento DE CARACTERES

**88854 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**85 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 23, 2024 3:00 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 23, 2024 3:01 PM GMT-5**

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

	<b>ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomas Cumpa Vásquez, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES AUTÓNOMOS DE LA MINERA QUELLAVECO, MOQUEGUA - 2024, elaborado por el estudiante CASQUINO BERNEDO CARLOS AUGUSTO.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del 9 %, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
eSeuss@uss.edu.pe

Pimentel, 23 de setiembre de 2024



**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**

**Coordinador de Investigación**

**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**DNI N° 42851553**