

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

***PROYECTO:***

***Diseño del Modelo de Gestión de Mantenimiento para los equipos mineros de la Mina La Chilena en Holcim Costa Rica***

***INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL TÍTULO:  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, GRADO LICENCIATURA***

**REALIZADO POR**

**Antonio de Jesús Solano Álvarez**

**CARTAGO, II SEMESTRE 2020**



**Carrera evaluada y acreditada por:** Canadian Engineering Accreditation Board  
Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

**Profesor Guía**

Ing. Carlos Piedra Santamaría.

**Asesor Industrial**

Ing. Sergio Cadavid Calle.

**Profesores Lectores**

Ing. Sebastián Mata Ortega.

Ing. Julio Rojas Gómez.

## Información del estudiante y la empresa

### 1. Datos Personales del estudiante

*Nombre completo: Antonio de Jesús Solano Álvarez*

*Número de cédula: 304840842*

*Número de carné: 2014160011*

*Edad: 25 años*

*Números de teléfono: 88587403 / 25911953*

*Correos electrónicos: [antoniosa3000@gmail.com](mailto:antoniosa3000@gmail.com) / [antoniosa3000@hotmail.com](mailto:antoniosa3000@hotmail.com)*

*Dirección exacta de domicilio: 75 metros al norte y 50 al este de la iglesia católica de Dulce Nombre de Cartago. Casa a mano derecha tapia con cerámica e hidrante en la acera color amarillo.*

### 2. Datos de la empresa

*Nombre: Mina La Chilena, Holcim Costa Rica*

*Actividad Principal: Extracción de caliza para la producción de cemento*

*Dirección: Lourdes, Agua Caliente, Cartago*

*Contacto: Ingeniero Sergio Cadavid Calle*

*Teléfono: +506 60534794*

*Correo electrónico: [sergio.cadavid@lafargeholcim.com](mailto:sergio.cadavid@lafargeholcim.com)*



*Diseño del Modelo de Gestión de Mantenimiento para los equipos mineros de la Mina La Chilena en Holcim Costa Rica by Antonio de Jesús Solano Álvarez is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).*

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi padre Miguel Antonio y a mi madre María Eugenia, quienes me brindaron todo el apoyo durante estos años de universidad, por inculcarme buenos valores y enseñarme a ser una persona de bien, por motivarme cuando las circunstancias se hacen difíciles, pero sobre todo por su gran esfuerzo para que yo lograra este objetivo.

También se lo dedico a mis hermanos Alejandro y Paolo. Alejandro, siempre a mi lado para ayudarme, impulsarme y motivarme cuando más lo necesité y así salir adelante de la mejor manera. A Paolo, quien me cuida y me da fuerzas desde cielo para que todo siempre me salga bien.

¡Los amo infinitamente a todos!

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres por el esfuerzo realizado durante mi tiempo en el TEC y por creer en mí incondicionalmente, ustedes son el pilar más fuerte de mi vida.

A mi hermano por siempre estar ahí como un gran apoyo cuando lo necesité durante esta etapa de mi vida.

A todos los profesores con los que me topé durante estos años de estudio en el TEC, por la formación de tan buena calidad que nos brindan y su gran esfuerzo para que seamos muy buenos Ingenieros.

A don Sergio Cadavid por la oportunidad y creer en mis capacidades para sacar adelante este proyecto en la empresa y ayudarme a desarrollar esta última etapa de mis estudios.

A Cristian Sánchez, Elizabeth Montes, los mecánicos Maikel, Alexander y Greivin, los supervisores de operación Juan Carlos y Roy Ney, y a todos los Operadores de los equipos, que me recibieron de muy buena manera en la empresa y me hicieron sentir uno más del equipo de Mantenimiento y la Mina La Chilena.

# Índice Principal

|   |    |
|---|----|
| Resumen .....   | 12 |
| Abstract.....   | 13 |
| Capítulo 1. Introducción. ....  | 14 |
| 1.1 Introducción.....   | 14 |
| 1.2 Antecedentes.....   | 15 |
| 1.3 Descripción del problema. ....  | 18 |
| 1.4 Justificación del proyecto. ....  | 19 |
| 1.5 Objetivos del proyecto.....   | 22 |
| 1.6 Descripción de la empresa.....  | 23 |
| 1.7 Metodología.....  | 25 |
| 1.8 Alcances.....   | 29 |
| 1.9 Limitaciones. ....  | 30 |
| Capítulo 2 Marco Teórico.....   | 31 |
| Capítulo 3. Conocimiento de la organización y del contexto operativo.....                             | 52 |
| Capítulo 4. Diagnóstico y análisis de la gestión de mantenimiento de la mina. ....                    | 56 |
| 4.1 Resultados Obtenidos de la Auditoría COVENIN .....  | 57 |
| 4.2 Análisis Resultados de la Auditoría COVENIN. ....   | 60 |
| 4.3 Análisis resultados auditoría MES .....   | 79 |
| Capítulo 5. Propuesta del modelo de gestión de mantenimiento para la mina La Chilena,<br>Holcim. .... | 83 |
| 5.1 Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento.....  | 84 |
| Capítulo 6. Análisis de criticidad de los equipos.....  | 88 |
| Capítulo 7. Implementación del modelo de gestión de Mantenimiento. ....                               | 92 |
| 7.1 Resultados AMEF .....   | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.2 Costo de los mantenimientos preventivos de los equipos. .... | 96  |
| Capítulo 8. Cuadro de mando Integral.....                        | 100 |
| 8.1 Análisis FODA .....  | 100 |
| 8.2 Objetivos por perspectivas.....                              | 102 |
| 8.3 Mapa Estratégico. ....                                       | 106 |
| 8.4 Determinación de los indicadores.....                        | 107 |
| 8.5 Tabla resumen del CMI .....                                  | 113 |
| Capítulo 8. Conclusiones.....                                    | 118 |
| Referencias bibliográficas. ....                                 | 119 |
| Anexos.....  | 121 |

## Índice de Figuras

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Proceso productivo de Holcim Costa Rica. (Tomada de Holcim (2020)). | 25  |
| Figura 2. Auditoría COVENIN.  | 58  |
| Figura 3. Calificación de cada una de las áreas de análisis                   | 59  |
| Figura 4. Gráfico de los principios básicos de la organización de la empresa. | 60  |
| Figura 5. Organigrama parcial del departamento de mantenimiento               | 62  |
| Figura 6. Organización del mantenimiento.                                     | 62  |
| Figura 7. Planificación del mantenimiento.                                    | 64  |
| Figura 8. Objetivos inconclusos del mantenimiento.                            | 64  |
| Figura 9. “Check list” de los equipos   | 66  |
| Figura 10. Mantenimiento rutinario.   | 66  |
| Figura 11. Mantenimiento programado   | 68  |
| Figura 12. Mantenimiento circunstancial.                                      | 69  |
| Figura 13. Mantenimiento correctivo.  | 71  |
| Figura 14. Mantenimiento preventivo.  | 73  |
| Figura 15. Mantenimiento por avería.  | 74  |
| Figura 16. Gráfico de los principios básicos de personal de mantenimiento.    | 76  |
| Figura 17. Apoyo logístico.   | 77  |
| Figura 18. Recursos   | 79  |
| Figura 19. Áreas de evaluación Auditoría MES                                  | 81  |
| Figura 20. Auditoria MES  | 81  |
| Figura 21. Esquema del Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto.          | 87  |
| Figura 22. Análisis FODA.   | 101 |
| Figura 23. Mapa estratégico del CMI.  | 107 |



## Índice de tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Metodología del proyecto.....   | 26  |
| Tabla 2. Áreas y principios básicos de la Norma COVENIN 2300-93 .....          | 34  |
| Tabla 3. Criterios de clasificación para severidad de fallas .....             | 39  |
| Tabla 4. Criterios de ocurrencia de fallas .....                               | 40  |
| Tabla 5. Criterios de detección de falla .....                                 | 41  |
| Tabla. 6. Clasificaciones según NPR .....                                      | 42  |
| Tabla 7. Criterios de evaluación Análisis de Criticidad. ....                  | 43  |
| Tabla 8. Escala de calificación del Análisis de Criticidad. ....               | 44  |
| Tabla 9. Resumen de las áreas de evaluación.....                               | 57  |
| Tabla 10. Resumen de los resultados de la auditoría MES .....                  | 80  |
| Tabla 11. Análisis de Criticidad de los equipos de la Mina La Chilena. ....    | 91  |
| Tabla 12. Análisis de Modo y Efecto de Falla de la Perforadora Furukawa.....   | 93  |
| Tabla 13. Análisis de Modo y Efecto de Falla del Cargador Frontal Komatsu..... | 94  |
| Tabla 14. Costo del mantenimiento preventivo de la perforadora. ....           | 96  |
| Tabla 15. Costo del mantenimiento preventivo del cargador frontal. ....        | 97  |
| Tabla 17. Costo de los filtros del cargador frontal. ....                      | 99  |
| Tabla 18. Objetivos de la perspectiva Financiera.....                          | 102 |
| Tabla 19. Objetivos de la perspectiva Cliente .....                            | 103 |
| Tabla 20. Objetivos de la perspectiva de Procesos Internos.....                | 104 |
| Tabla 21. Objetivos de la perspectiva Desarrollo y Aprendizaje. ....           | 105 |
| Tabla 22. Indicadores de la perspectiva Financiera.....                        | 108 |
| Tabla 23. Indicadores de la perspectiva Cliente. ....                          | 109 |
| Tabla 24. Indicadores de la perspectiva Procesos Internos .....                | 111 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 25. Indicadores de la perspectiva Desarrollo y Aprendizaje. .... | 112 |
| Tabla 26. Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral. ....             | 115 |

## Índice de ecuaciones

|  |     |
|--|-----|
| Ecuación 1. Efectividad en los trabajos solicitados.....               | 109 |
| Ecuación 2. Servicios tercerizados. ....                               | 109 |
| Ecuación 3. Disponibilidad.....  | 109 |
| Ecuación 4. Disponibilidad total. ....                                 | 110 |
| Ecuación 5. Porcentaje de consumo de materiales en mantenimiento ..... | 110 |
| Ecuación 6. Trabajos planificados.....                                 | 110 |
| Ecuación 7. Desviación media en la planificación .....                 | 111 |
| Ecuación 8. Índice de cumplimiento de la planificación.....            | 111 |
| Ecuación 9. Planificación de trabajo. ....                             | 112 |
| Ecuación 10. Índice de mantenimiento preventivo .....                  | 112 |
| Ecuación 11. Índice de mantenimiento correctivo .....                  | 112 |
| Ecuación 12. Porcentaje de horas de formación.....                     | 113 |

## **Resumen**

La industria minera en Costa Rica no es una actividad desarrollada como tal, por lo cual para Holcim esta representa una serie de desafíos y competencias. Es claro que uno de estos desafíos es realizar el mantenimiento de equipos móviles mineros de forma adecuada, por lo que se busca adoptar un modelo de gestión de mantenimiento que permita una visión clara de las estrategias a seguir para lograrlo.

Un modelo de gestión de mantenimiento busca establecer una serie de componentes relacionados entre sí para definir una ruta a seguir, según las necesidades de la organización y en este caso enfocarse al factor financiero.

En el siguiente proyecto se presenta una propuesta de diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento que permita establecer los costos totales de mantenimiento de los equipos móviles mineros y será implementada como plan piloto en dos equipos seleccionados, mediante un análisis de criticidad y haciendo un análisis de modo y efecto de falla, donde se definirán las actividades preventivas y predictivas que se deben realizar a los equipos y cuál será su costo total anual.

Finalmente, la sostenibilidad del Modelo de Gestión Mantenimiento será evaluada mediante un Cuadro de Mando Integral en el que se definen dos objetivos por cada perspectiva, con el fin de validar el modelo.

Palabras Clave: Minería, Modelo de Gestión de Mantenimiento, Criticidad, Equipos Móviles, Preventivo, Predictivo, Costo total de Mantenimiento, Cuadro de Mando Integral, AMEF.

## **Abstract**

The mining industry in Costa Rica is not a developed activity as such, which is why for Holcim it represents a challenge full of challenges and skills. So, one of these challenges is to properly maintain mobile mining equipment. Therefore, it seeks to adopt a maintenance management model that allows a clear vision of the strategies to follow to achieve it.

A maintenance management model seeks to establish a series of interrelated components to define a route to follow, according to the needs of the organization and in this case focus on the financial factor.

The following project presents a proposal for the design of a Maintenance Management Model that allows establishing the total maintenance costs of mobile mining equipment and will be implemented as a pilot plan in two teams selected through a criticality analysis and making an analysis of the mode and effect of failure will define the preventive and predictive activities that must be performed on the equipment and what their total annual cost will be.

Finally, the sustainability of the Maintenance Management Model will be evaluated through a Balanced Scorecard defining two objectives for each perspective, to validate the model.

**Key Words:** Mining, Maintenance Management Model, Criticality, Mobile Equipment, Preventive, Predictive, Total Maintenance Cost, Balanced Scorecard, AMEF.

## **Capítulo 1. Introducción**

---

### **1.1 Introducción**

En el desarrollo de este documento se encuentra cómo se realizó y evaluó el Modelo de Gestión de Mantenimiento para la Mina La Chilena acorde a los objetivos marcados en el documento con el fin de resolver un problema industrial que se presentaba en la empresa.

Con los objetivos establecidos y el problema definido se comienza con el desarrollo de una Auditoría de Mantenimiento, con el fin de conocer y evaluar la situación actual del departamento de mantenimiento, establecer el grado de madurez del mantenimiento y el grado de alineamiento entre lo que hace mantenimiento y lo que requiere la organización.

Con los resultados de la auditoría se realiza un planteamiento de un Modelo de Gestión de Mantenimiento que permita mejorar las debilidades encontradas. Basado en las metas y objetivos se definieron las estrategias tácticas y técnicas del mantenimiento, tras identificar los componentes del modelo y como estos se relacionan entre sí para el funcionamiento del modelo de gestión de mantenimiento planteado.

Además, se realizó un análisis de criticidad con el cual se definieron dos equipos críticos con los cuales se realizó la implementación como plan piloto del Modelo de Gestión de Mantenimiento y así ver si este permitiría cumplir con el objetivo principal de calcular cuáles son los costos totales de la realización del mantenimiento.

Finalmente se estableció mediante un Cuadro de Mando Integral, con el cual se definieron los objetivos estratégicos, indicadores de clase mundial, mapa estratégico y el valor meta para definir si el Modelo de Gestión de Mantenimiento es sostenible o no, ya que, si se puede medir, se puede controlar y mejorar.

## 1.2 Antecedentes

### Antecedentes teóricos

En la literatura teórica acerca del manejo de económico de las minas, se encuentran varias estructuras de costos y formas de administrar los flujos de caja; además de diversas maneras de determinar un valor adecuado de presupuesto para los costos totales del mantenimiento.

Como menciona Alvear. C, López M, Pindo. J, Proaño. (2011) en una mina ubicada en Ecuador se cuenta con la siguiente estructura de costos, donde se destacan los siguientes puntos: variables del flujo de caja, costos de operación, costos de minado, costo de carga y transporte, impuestos y utilidades de operación. En este caso en específico el valor del mantenimiento está incluido en su estructura de costos dentro de rubro de costos de carga y transporte donde se determina que el costo fijo de mantenimiento debe ser de 0.2 dólares por cada metro cubico de material extraído de la mina; sin embargo, se habla de que este puede estar sujeto a variaciones dada la rentabilidad que presente la mina a lo largo del año.

En una mina en San Juan, Argentina, explican Peluc. M, González. M. (2015) que todo costo, en esencia, está basado en relaciones de productividad física expresada luego en términos monetarios. Existen diferentes clasificaciones de costos y para el análisis se utiliza la clasificación de costos directos e indirectos. Por lo que para el caso de explotación de piedra caliza se definen diferentes costos directos e indirectos en forma porcentual por cada tonelada de caliza extraída, donde destaca el costo del mantenimiento como un costo directo y este está cuantificado en un 8% del valor de cada tonelada de caliza extraída por esta mina.

En Canadá menciona Shinobe. A. (2007) que se establecen estructuras de costos estructuradas mediante modelos matemáticos (ecuaciones) que permiten determinar qué valores de cada rubro que determinan como costos variables y fijos del flujo de caja de la mina.

Se destaca que el valor del costo del mantenimiento se define como un costo fijo modelado mediante la siguiente ecuación:  $Costo\ MNT = 14600 T^{0.4}$ , donde  $T$  es la cantidad de toneladas de material extraído, que devuelve el valor en dólares canadienses por tonelada de material extraído.

En España explican Azcarate. E, Campos. C, González. M, Manrubia. F (2012), mediante el Manual de evaluación técnico económico de proyectos mineros de inversión, donde inicialmente se recomienda realizar estudios para establecer el valor de todos los costos que están involucrados en el proceso de minería sea cual sea el mineral explotado, donde se recomienda establecer los rubros por cantidad de material extraído.

El mantenimiento se define como un costo de operación e inicialmente se recomienda estimar el costo de mantenimiento de 2% a 5% del coste del capital de los equipos mineros o individualizarlo en función del coste de la energía, después de un análisis del costo de la energía.

Los costos imprevistos (correctivo) se pueden estimar de un 10 al 25% de los costes de operación; es decir no deben ser mayores a los porcentajes establecidos

También se explica que mineras ya existentes que contemplen alinearse a este manual técnico deben tener un mantenimiento de coste fijo del 0.1 al 0.3 del valor de producción para llegar a ser competitivo.



En síntesis, la minería necesita una estructura de costos muy bien definida, con claros valores fijos y variables, para establecer la rentabilidad del negocio.

En Costa Rica el Ministerio de Salud en el año 2016, publica el decreto ejecutivo N° 39951 junto a la Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, que establecen en el artículo 7 el valor máximo de contaminantes en el aire, datos muy importantes para la realización del mantenimiento de equipos que dado su trabajo generaran algún tipo de contaminación en el ambiente, por lo que deben cumplir con esta normativa del Ministerio de Salud para operar.

Estos datos para partículas de cualquier índole con diámetros menores a los 2.5 micrómetros, tendrán un valor de referencia de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al año, mientras que partículas con diámetros menores a 10 micrómetros tendrán un valor de referencia a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al año.

En cuanto a emisiones de CO y CO<sub>2</sub> este establece que los equipos no deben sobrepasar las 35 ppm de concentración en el aire durante una hora y las 9 ppm de concentración en el aire durante 8 horas.

## **1.3 Descripción del problema**

### **Problema por resolver**

En la mina La Chilena de Holcim no se tienen los costos totales (fijos y variables) de operación y mantenimiento; impidiendo conocer cómo estos afectan la rentabilidad del negocio, debido a esto es imposible determinar si existen pérdidas o ganancias en el proceso productivo de la misma.

### **Descripción del problema a resolver**

En la mina La Chilena en Holcim Costa Rica actualmente no se está cuantificando el costo de la realización de los trabajos de mantenimiento de los equipos mineros, rubro que se debería estar midiendo, debido a su gran importancia.

Actualmente la ejecución y la administración de los controles del mantenimiento de los equipos móviles de la mina La Chilena se gestiona a través de archivos de Microsoft Office Excel, y el cual sirve como herramienta para guardar información sobre los trabajos de mantenimiento, pero al no ser una herramienta desarrollada para estos fines, no se registra toda la información que debe tener un programa de mantenimiento, además no se cuenta con un historial general de los trabajos realizados a los equipos de la mina, generando que la empresa no pueda generar un balance histórico de costos del mantenimiento asociados a cada equipo utilizado en la mina.

También esta mina no cuenta con un modelo o estructura de costos que permita tener un presupuesto adecuado para establecer los costos de operación y mantenimiento haciendo que no se pueda calcular o determinar pérdidas o ganancias en el negocio desarrollado en esta.

## 1.4 Justificación del proyecto

El desarrollo del proyecto es importante y una necesidad tanto para la empresa Holcim como para el sector de la mina, porque como explican Peluc. M, González. M. (2015), todo costo, en esencia, está basado en relaciones de productividad física expresada luego en términos monetarios, los cuales bajo cualquier estructura de costos, que defina cualquier tipo de mina para su negocio debe estar basada en un flujo de caja en el que se defina de manera muy detallada cada rubro de los costos totales de operación, fijos y variables que están involucrados en la actividad, que defina un porcentaje de error adecuado en cuanto al presupuesto, para poder manejar las variables de producción y demanda del mercado, para que el dinero presupuestado para un período de trabajo sea suficiente para imprevistos. Esto en una estructura de costos en cuanto al rubro de mantenimiento debe tener un costo fijo que permita cubrir el costo del mantenimiento preventivo y predictivo, y además se debe establecer un rubro como costos variables para cubrir los imprevistos como fallas que necesiten de aplicar mantenimiento correctivo, ya que, si esto no se hace de esta manera, ya el presupuesto está mal calculado y la estructura de costos es errónea para el negocio.

Por esta razón como indica Gómez, J. (2017) es de suma importancia tener una estructura de costos ligada a un modelo de gestión de mantenimiento que no solo permita cuidar los activos de una empresa, sino que también permita determinar el impacto financiero que tiene el mantenimiento de los equipos para la empresa, pues como menciona Klimasauskas R. (2005), el mantenimiento en minería es en muchos casos el primer presupuesto de la empresa ya que, este afecta directamente el costo de operación, por lo tanto debe ser manejado cuidadosamente con una estrategia clara a través de un modelo de

mantenimiento altamente estructurado que evite paradas, accidentes, problemas ecológicos y desviaciones en el presupuesto, al ser el pilar de la estructura de costos.

Entonces, puede deducirse que el mantenimiento debe ser considerado como una fuente de ingresos de una empresa, estatus muy diferente al de la teoría clásica en la que se consideraba el mantenimiento como un mal necesario. Para que el mantenimiento sea como generador de ingresos debe ser encarado con las estrategias correctas.

Importante como menciona García, S. (2003), el mejoramiento de la gestión del mantenimiento de los equipos permite que mejore la disponibilidad de los equipos, tengan larga vida útil operación eficiente y reducción de los costos de mantenimiento correctivo de los equipos.

También como menciona Tolentino J. 2014, el mantenimiento que, a pesar de ser un segmento importantísimo en todo proceso industrial y con gran repercusión económica, no ha sido hasta hace poco objeto de estudio en detalle, desde el punto de vista financiero y contable.

En Costa Rica los modelos de gestión de mantenimiento deben permitir cumplir con las legislaciones establecidas por el Ministerio de Salud, el cual establece importante valores a tomar para el establecimiento de los trabajos de mantenimiento de los equipos para controlar la cantidad de contaminación que generan tanto los equipos como las tareas que realizan en la naturaleza, por lo que es importante alinear el modelo de gestión de mantenimiento para cumplir también con estas leyes para el funcionamiento óptimo de la mina.

Por lo tanto, la solución propuesta es realizar un modelo de gestión de mantenimiento, ya que este modelo al ser diseñado de manera que se cumplan con todos los objetivos de la mina y además que permita empezar a obtener información del mantenimiento de la mina; información vital para poder realizar análisis financieros de los costos totales de la mina y empezar a administrar los recursos económicos que permiten una operación óptima de esta.

## 1.5 Objetivos del proyecto

### Objetivo general

Desarrollar un modelo de gestión del mantenimiento, que permita el establecimiento de los costos totales de mantenimiento para los equipos electromecánicos de la Mina La Chilena perteneciente a Holcim.

### Objetivos específicos

- Realizar un análisis de la situación actual de la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de una auditoria de mantenimiento que permita el establecimiento del grado de alineamiento entre lo que hace el Departamento de Mantenimiento y el plan estratégico de la organización.

-Indicador: Impacto financiero hacia el negocio como resultado de la auditoria.

- Desarrollar la propuesta del modelo definiendo su estrategias tácticas y técnicas del mantenimiento según el plan estratégico de la organización, de manera que se evalúe el impacto de cada una de ellas para el negocio.

-Indicador: Plan estratégico para la gestión de mantenimiento.

- Determinar por medio de un análisis de criticidad la selección de un proceso productivo o equipo electromecánico, la implementación de un plan piloto que permita la validación del modelo representando, según los procedimientos internos de la empresa.

-Indicador: Estrategia de venta del modelo.

- Evaluar la sostenibilidad del modelo por medio de la elaboración de un Cuadro de Mando Integral, a través de sus cuatro perspectivas estableciendo dos objetivos por cada perspectiva.

-Indicador: Elaboración de Cuadro de Mando Integral.

## **1.6 Descripción de la empresa**

### **Visión y Misión**

#### Misión

Construir los cimientos para el futuro de la sociedad.

#### Visión

Ser la empresa más respetada y atractiva de nuestra industria, creando valor para todos nuestros clientes, colaboradores, accionistas y comunidades en las que operamos.

### **Historia**

Como menciona Vidal, J. 2004, tras tres intentos fallidos de que el gobierno diera pie a la creación de una planta de producción de cemento en Costa Rica en los años 1949, 1955 y 1957, finalmente para 1960, la unión de siete empresas para ganar la licitación da origen a lo que hoy es Holcim Costa Rica. Después de varios intentos fallidos de algunas empresas, un grupo de costarricenses presentó al gobierno un proyecto, para la construcción de la planta y de ahí la generación de muchos beneficios para el país.

Así, el 17 de abril de 1961, se declaró por parte del estado, abierto el concurso para la licitación de construcción de una planta para la producción de cemento y el contrato para la construcción de la planta fue firmado entre el Gobierno de la República y la Industria Nacional de Cemento S.A., el 29 de agosto de 1961, y este quedó legitimado por La Asamblea Legislativa, el 14 de noviembre de 1961. Una vez firmado el contrato, se contaba con dos posibles localizaciones para la construcción de la planta, Cartago y Barranca de Puntarenas. Cartago siempre fue considerado como el sitio ideal, debido a sus grandes yacimientos de

piedra caliza (materia prima básica para la fabricación de clinker) y a la cercanía a las principales vías de comunicación y acceso en el Valle Central. Así, en 1962, se inició la obra de construcción de la planta de producción de Cementos INCSA ahora llamada Holcim Costa Rica, en Agua Caliente de Cartago, se formó la sociedad entre 2300 accionistas costarricenses y el consorcio suizo Holderbank, hoy Holcim Costa Rica, el cual aportaría parte de los recursos necesarios para el arranque de la obra.

El consorcio Holcim es una sociedad domiciliada en Suiza. En la actualidad, es el mayor productor de cemento del mundo. Esta asociación le ha permitido a Holcim tener acceso a tecnologías de producción y herramientas de administración avanzada, lo cual ha significado el logro de altos niveles de eficiencia en la fabricación de cemento. Por fin, el 10 de agosto de 1964, la empresa comenzó sus operaciones, contando con una planta de setenta y siete hectáreas, y un yacimiento de material con capacidad aproximada para unos 120 años de explotación.

Hasta la actualidad, Holcim se ha mantenido a la vanguardia de la producción de cemento en el país, contando año con año con mejores equipos y tecnología, lo que le ha permitido alcanzar un elevado grado de automatización, para el beneficio de sus clientes y el desarrollo infraestructural de Costa Rica.

### **Ubicación**

La planta de producción de cemento y demás productos de Holcim Costa Rica S.A. se ubica en de Lourdes de Agua Caliente en Cartago. Las oficinas administrativas se localizan en Torre Cordillera, Pavas, en San José.

La empresa cuenta con 3 minas:



- La mina principal de calizas y las margas, ubicada a 1.5 Km. hacia el sur de la planta, denominada Mina La Chilena.
- La mina ubicada en Turrialba, de la que se extrae el azul o el correctivo de calizas.
- La mina de Llano Grande de Cartago, de la que se extraen los materiales sílicos como la puzolana.

## Descripción del proceso productivo

Mediante la siguiente figura esquemática se observa cada uno de los procesos realizados por Holcim para la producción de cemento.

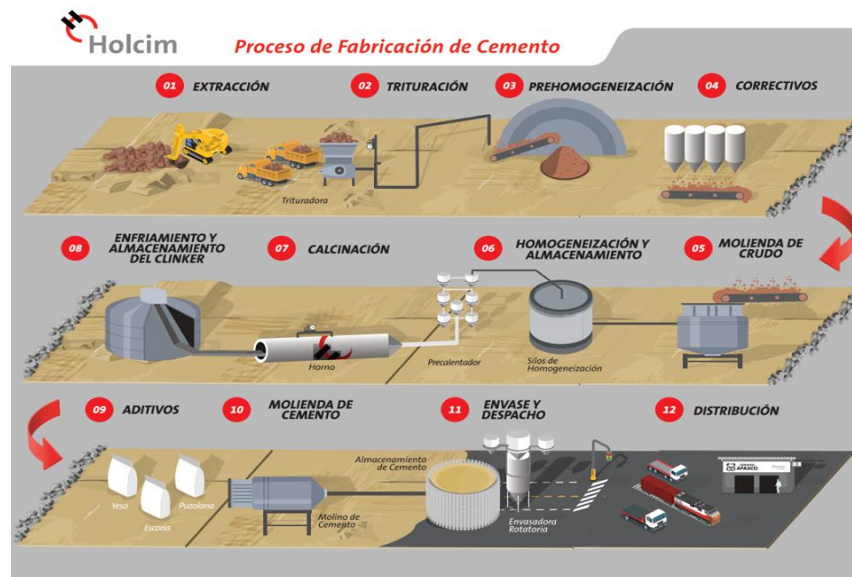


Figura 1. Proceso productivo de Holcim Costa Rica. (Tomada de Holcim (2020)).

## 1.7 Metodología

La metodología por seguir para desarrollar un modelo de gestión del mantenimiento bajo el concepto Industria 4.0, que permita el establecimiento de los costos totales de

operación y mantenimiento para los equipos electromecánicos de la mina La Chilena perteneciente a Holcim, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Metodología del proyecto

| <b>Objetivo Planteado</b>   | <b>Instrumento de medición</b>                                 | <b>Fuente de información</b>  | <b>Forma de recolección</b>  | <b>Forma de análisis de datos</b>   |
|---|--|---|--|---|
| Realizar un análisis de la situación actual de la gestión de mantenimiento mediante la aplicación de una auditoría de mantenimiento que permita el establecimiento del grado de alineamiento entre lo que hace el Departamento de Mantenimiento y el plan estratégico de la organización. | Auditoría en formato MES.<br><br>Auditoría en formato COVENIN. | El personal de mantenimiento, base de datos del departamento de mantenimiento, personal operativo de los equipos, departamento financiero contable. | Se realizará durante una semana en un horario determinado, mediante la realización de entrevistas a los departamentos e involucrados en la mina. | Se utilizarán los formatos determinados para cada auditoría donde se analizarán los resultados de cada formato de auditoría, según los criterios de evaluación de cada una. |
| Desarrollar la propuesta del modelo definiendo su estrategias tácticas y técnicas del mantenimiento según el plan estratégico de la organización, de manera que   | Plan estratégico del modelo de gestión del mantenimiento.      | Manuales de los equipos, los técnicos a cargo de los equipos mineros, operarios de los equipos.   | Se revisarán los manuales de los equipos como referencia de técnicas de mantenimiento recomendadas por los fabricantes.                          | Se realizará un contraste entre la información que brindan los fabricantes y la experiencia de los técnicos a cargo de los equipos para llegar a un                         |

|   |                                |   |   |  |
|---|--------------------------------|---|---|--|
| <p>se evalué el impacto de cada una de ellas para el negocio.</p>   |                                |   | <p>También se recabará información de los técnicos a cargo de los equipos para analizar la forma en la que están siendo realizadas las tareas de mantenimiento de los equipos.</p>  | <p>conceso de cuáles son las mejores tácticas y técnicas de mantenimiento de cada equipo minero.</p>   |
| <p>Determinar por medio de un análisis de criticidad la selección de un proceso productivo o equipo electromecánico, la implementación de un plan piloto que permita la validación del modelo representando, los resultados a través de indicadores de clase mundial.</p> | <p>Análisis de criticidad.</p> | <p>Normativa involucrada para el mantenimiento de los equipos, datos sobre su impacto ambiental, en la seguridad, en la calidad, producción, valor económico y dificultad de adquisición.</p> | <p>Se consultará la normativa respecto al equipo donde esta puede ser la contaminación, emisiones de gases entre otros.<br/><br/>También se preguntará sobre cada uno de los impactos de las máquinas en el proceso productivo y se consultaran los valores en el mercado y que tan difícil son de conseguir en el mercado.</p> | <p>El análisis de criticidad arrojará una puntuación que determinará qué tan crítico es cada equipo y con base a eso se va a seleccionar uno, donde dependiendo los criterios utilizados se determinará cuál tipo de mantenimiento es el más viable para el equipo. Con esto se evaluará si el modelo de gestión de mantenimiento es el adecuado aplicando el criterio de indicadores de clase mundial de mantenimiento.</p> |

|   |                                  |  |  |   |
|---|----------------------------------|--|--|---|
| <p>Evaluar la sostenibilidad del modelo por medio de la elaboración de un Cuadro de Mando Integral, a través de sus cuatro perspectivas estableciendo dos objetivos por cada perspectiva.</p> | <p>Cuadro de mando Integral.</p> | <p>Datos del modelo de gestión de mantenimiento desarrollado para la mina.</p> | <p>Se establecerán cuáles datos del modelo de gestión desarrollado son relevantes como información para el cálculo de los costos totales de mantenimiento.</p> | <p>El análisis de datos se manejará desde las cuatro perspectivas, para determinar su impacto a nivel comercial y a nivel financiero con el cumplimiento de los objetivos establecidos para cada perspectiva. Con esto se medirá la capacidad de generar valor por parte de la compañía y, por tanto, de maximizar los beneficios y minimizar los costes.</p> |
|---|----------------------------------|--|--|---|

Fuente: Elaboración propia, en Microsoft Word.

## **1.8 Alcances**

El alcance del proyecto es desarrollar el modelo de gestión de los equipos móviles de la mina La Chilena, que permita manejar los recursos económicos de operación de esta.

Su alcance debe ser integral de manera que el desarrollo del modelo de gestión involucre a todo el recurso humano involucrado en el proceso del mantenimiento de los equipos móviles mineros.

Dentro de los alcances se incluye el diagnóstico de la mina, para generar rutinas de acuerdo con la situación de mantenimiento que tiene la mina y según las necesidades de los equipos.

Otro alcance del proyecto es reducir las emergencias y cantidad de mantenimiento correctivo que se aplica en este momento con la correcta aplicación del modelo de gestión de mantenimiento, esto con el fin de reducir el costo del mantenimiento.

El proyecto es una necesidad de la mina para mejorar la gestión de mantenimiento, y determinar su estado financiero.

## 1.9 Limitaciones

El tiempo de 14 semanas es un poco limitado y podría llegar a ser una limitante para alcanzar el desarrollo del 100% del proyecto. La medida a la que se puede recurrir para mitigar esta situación es el manejo de los tiempos de la realización de cada una de las actividades que se realicen durante la realización del proyecto.

Finalmente, si el tiempo llegase a ser insuficiente se puede solicitar una prórroga para terminar el proyecto al siguiente semestre, siendo esta una opción poco deseable.

El recurso económico para el desarrollo del proyecto no es una limitación según indica la empresa; sin embargo, el costo de la implementación debe ser evaluado y esto podría ser una limitación para terminar el proyecto.

El recurso humano puede tener limitaciones debido a que diferentes tareas y conocimientos que están relacionadas con el proyecto, como es el caso de los técnicos encargados del mantenimiento podrían tener problemas en cuanto a la necesidad de evacuar dudas importantes sobre sus tareas de mantenimiento.

## Capítulo 2 Marco Teórico

---

### Mantenimiento

En forma general, puede decirse que el mantenimiento es el conjunto de actividades que buscan extender la disponibilidad, vida útil de los activos e incrementar el tiempo que pueda transcurrir hasta la ocurrencia de una avería que obligue a realizar un paro.

Como menciona Gómez 2017, en la actualidad, en la bibliografía existente pueden encontrarse gran cantidad de definiciones referidas al concepto de gestión de mantenimiento como se mencionan a continuación:

“Son todas las acciones necesarias para que un elemento sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada” (Tavares, 2000).

“Gestión de todos los activos que posee una compañía, basado en maximizar el retorno sobre la inversión de dichos activos” (Wireman, 1998).

“La disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento” (Moubray, 2004).

Intentando unificar los diferentes criterios, el mantenimiento puede definirse como el conjunto de actividades que se realizan sobre un componente, equipo o sistema para asegurar que continúe desempeñando las funciones que se esperan de él, dentro de su contexto operacional.

Por lo tanto, podemos concluir que el objetivo fundamental del mantenimiento es preservar la función y operatividad, optimizar el rendimiento y aumentar la vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de los recursos.

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de tareas programadas y estas dependen de las necesidades de cada equipo para mantener sus funciones al 100%. Según García (2003) es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

### **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo se puede definir como el mantenimiento efectuado después de la detección de una avería, y destinado a poner un elemento en un estado que le permite realizar una función requerida.

En este tipo de mantenimiento, solo se interviene sobre el equipo cuando la falla se ha producido, con el objetivo de evitar costos y daños materiales o humanos.

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación ni programación. Corresponde así a la reparación imprevista de fallas y se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar que no está directamente relacionado con la producción. Si se realizará en equipos directamente relacionados con la producción los costos de mantenimiento serían sumamente elevados.



### **Normativa COVENIN 2500-93**

La Norma venezolana COVENIN 2500-93 contempla la evaluación de los sistemas de mantenimiento de empresas manufactureras mediante el análisis y la calificación de cuatro factores fundamentales. Este sistema de evaluación es un método cuantitativo utilizado para determinar la capacidad de gestión de mantenimiento de las empresas. Para alcanzar este objetivo la norma analiza doce áreas, estableciendo criterios para la ponderación de diversos principios básicos que deben existir para el logro de los objetivos de mantenimiento y para la ponderación de los deméritos que restan valor a los respectivos principios básicos (*COVENIN 2500(93), 1993*).

El manual está enfocado para su aplicación en empresas o plantas en funcionamiento. La Norma determina la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al mantenimiento mediante el análisis y calificación de los siguientes factores:

- Organización de la empresa
- Organización de la función de mantenimiento
- Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento
- Competencia del personal

Cada uno de los factores enlistados anteriormente se divide a su vez en distintas áreas, que se dividen a su vez en distintos principios básicos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Áreas y principios básicos de la Norma COVENIN 2300-93

| Factor  | Área                                  | Principio básico  |
|---|---------------------------------------|---|
| Organización de la empresa  | Organización dentro de la institución | 1. Funciones y responsabilidades<br>2. Autoridad y autonomía<br>3. Sistema de información                             |
|   | Apoyo logístico                       | 1. Apoyo administrativo<br>2. Apoyo gerencial<br>3. Apoyo gerencial   |
| Organización de las funciones de mantenimiento                            | Organización de mantenimiento         | 1. Funciones y responsabilidades<br>2. Autoridad y autonomía<br>3. Sistema de información                             |
| Planificación, Programación y Control de las Actividades de Mantenimiento | Planificación de mantenimiento        | 1. Objetivos y metas<br>2. Políticas para información<br>3. Control y evaluación                                      |
|   | Mantenimiento rutinario               | 1. Planificación<br>2. Programación e implantación<br>3. Control y evaluación   |
|   | Mantenimiento programado              | 1. Planificación<br>2. Programación e implantación<br>3. Control y evaluación   |
|   | Mantenimiento circunstancial          | 1. Planificación<br>2. Programación e implantación<br>3. Control y evaluación   |
|   | Mantenimiento Correctivo              | 1. Planificación<br>2. Programación e implantación<br>3. Control y evaluación   |
|   | Mantenimiento preventivo              | 1. Determinación de los parámetros<br>2. Planificación<br>3. Programación e implementación<br>4. Control y evaluación |
|   | Mantenimiento por avería              | 1. Atención a fallas<br>2. supervisión y ejecución<br>3. Información sobre averías                                    |
| Competencias del personal y recursos                                      | Personal de mantenimiento             | 1. Cuantificación de las necesidades del personal<br>2. Selección y formación<br>3. Motivación e incentivos           |
|   | Recursos                              | 1. Equipos<br>2. Herramientas<br>3. Instrumentos<br>4. Materiales<br>5. Repuestos.                                    |

Fuente: Norma COVENIN, adaptado por el autor

A continuación, se describe la ficha de evaluación que utiliza la Norma para conocer el perfil de la empresa. La ficha de evaluación consiste en un formato que contiene el resultado de la evaluación. En las columnas A, se presenta el área evaluada; en B se encuentran los respectivos principios básicos; y en C, se detalla la máxima puntuación obtenible en la evaluación de cada principio básico, según la COVENIN 2500-93. La columna D refleja la puntuación obtenida para un total de los deméritos de cada principio básico. La columna E identifica la suma total de los deméritos alcanzados en la columna D, en la columna F se coloca la diferencia entre la puntuación máxima de la columna C y el valor de la columna E. En las casillas correspondientes a los totales obtenidos, se indica la suma de las puntuaciones obtenidas en la columna F. El valor obtenido en el punto anterior se compara con la puntuación obtenible C y se calcula el porcentaje en cada área. Gráficamente se trazan barras horizontales desde la casilla correspondiente a los totales obtenidos hasta el porcentaje parcial obtenido en cada área.

### Escala de medición

La siguiente escala se toma de la Norma COVENIN 1980-89, con el fin de seguir con la misma línea de la evaluación. El índice de medición de la Gestión de Mantenimiento se mide de acuerdo con una estimación de un nivel dentro una escala entre 0 y 100. Esta escala determina los criterios en cada nivel, clasificando la gestión en cinco niveles.

- Excelencia 91-100%= Existe una Gestión de Mantenimiento Clase Mundial con las mejores prácticas operacionales.

- Competencia 81-90%= Existe una Gestión de Mantenimiento con tendencia a Clase Mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de operaciones efectivas.
- Entendimiento 71-80%= Existe una Gestión de Mantenimiento básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de Mantenimiento de Clase Mundial.
- Conciencia 51-70%= Existe una Gestión de Mantenimiento básica, pero se desconocen las mejores prácticas de Mantenimiento de Clase Mundial o de las filosofías de mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.
- Inocencia 0-50%= No existe una Gestión de Mantenimiento básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades de mejora

### **Auditoría MES (MAINTENANCE EFFECTIVENESS SURVEY)**

La auditoría MES es una técnica de diagnóstico propuesta por el Instituto Marshall y está basada en un cuestionario de evaluación de 60 preguntas repartidas en 5 áreas del mantenimiento. Las respuestas a cada pregunta, como veremos, se limitan a cinco posibles opciones.

Las áreas de mantenimiento evaluadas son:

- Recursos Gerenciales
- Gerencia de la información (Software de gestión del mantenimiento)
- Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo
- Planificación y ejecución
- Soporte, Calidad y Motivación

El proceso de aplicación de la auditoría es a nivel de personal de gerencia, supervisión, operaciones y mantenimiento, recomendándose pasar el cuestionario a 5 participantes, como mínimo.

El proceso de cuantificación de las áreas de mantenimiento a diagnosticar se realiza de la siguiente forma: Las personas seleccionadas, evalúan las 12 preguntas desarrolladas para cada área (total: 5 áreas / 60 preguntas) en función de una escala del 1 al 5. Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la siguiente escala: 1 = no hay, muy deficiente), 2 = deficiente, 3 = regular, 4 = bueno y 5 = excelente). Cada área para evaluar se considera con el mismo nivel de importancia. Las posibles puntuaciones máximas y mínimas para obtener son:

Puntuación máxima: por área: 60 unidades, por las 5 áreas: 300 unidades.

Puntuación mínima: por área: 12 unidades, por las 5 áreas: 60 unidades.

Las puntuaciones totales se suman y promedian entre el número de personas encuestadas.

Finalmente, se estima la posición del mantenimiento en función de los siguientes rangos:

- 300–261: Categoría “Clase Mundial” /nivel de excelencia en mantenimiento
- 201–260: Categoría “Muy buena” /nivel de buenas prácticas en mantenimiento
- 141–200: Categoría “Por arriba del nivel promedio” /nivel aceptable en mantenimiento
- 81–140: Categoría “Por debajo del promedio” /nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades para mejorar
- Menos de 80: Categoría “Muy por debajo del promedio” /nivel muy malo mantenimiento con muchas oportunidades para mejorar

## **Análisis de Modos y Efectos de Fallas**

La metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) es una herramienta de análisis que permite identificar las fallas que ocurren en un determinado proceso, donde según la frecuencia y la severidad de la falla, esta se clasifica mediante una jerarquización previamente realizada, para así tomar las medidas pertinentes del caso. Esta herramienta es muy eficaz, económica y simple de ejecutar en los diferentes procesos, ayudando a que se tomen decisiones que mejoren las prácticas de mantenimiento, siempre que se siga un orden y se distingan los criterios de severidad, para así hacer un análisis confiable.

El AMEF anteriormente se orientó a detectar fallas durante del diseño o rediseño de los productos, así como las fallas que presenta el proceso de producción. Sin embargo, en los últimos años esta metodología se vio aplicada a campos que presentan los siguientes problemas:

- En las fallas o impedimentos en la instalación de un equipo y que provocan que no sea rápida o fácil.
- Los modos de falla potenciales que obstaculizan que el mantenimiento a un equipo sea rápido.
- La facilidad de utilización de un equipo.
- Seguridad y riesgos ambientales.

### *Pasos y criterios para elaborar el AMEF*

Para la efectiva realización de esta metodología se deben seguir una serie de pasos, donde lo primero es formar un equipo de trabajo y establecer qué proceso o equipos se van a

incluir para el análisis. Ya realizado este paso, se deben analizar todos los puntos que permitan elaborar la tabla resumen del método.

Modo potencial de falla: es la manera en que el equipo o proceso pueda fallar en el no cumplimiento de sus labores. Se completa contestando la pregunta ¿Cómo el proceso o equipo puede llegar a fallar?

Efecto potencial de falla: son los efectos que produce el modo de falla, donde una forma efectiva de identificación es realizando la pregunta ¿Qué me ocasiona el modo de falla?

Severidad: se clasifica en una escala de 1 a 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, donde el 1 indica una consecuencia sin efecto y el 10 una consecuencia grave. Se debe aclarar que cliente, para este caso, es gerencia, producción o personal a cargo.

Tabla 3. Criterios de clasificación para severidad de fallas

| <b>Efecto</b>       | <b>Efecto en el cliente</b>  | <b>Calificación</b> |
|---------------------|--|---------------------|
| Peligroso sin aviso | Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso | 10                  |
| Peligroso con aviso | Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso | 9                   |
| Muy alto            | El producto / ítem es inoperable (pérdida de la función primaria)  | 8                   |
| Alto                | El producto / ítem es operable, pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho  | 7                   |
| Moderado            | Producto / ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente insatisfecho   | 6                   |
| Bajo                | Producto / ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente muy insatisfecho   | 5                   |

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Muy bajo  | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos, y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 75%) | 4 |
| Menor     | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos, y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 50%) | 3 |
| Muy Menor | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos, y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%) | 2 |
| Ninguno   | Sin efecto perceptible  | 1 |

Fuente: Carlson, W., & Chrysler, D. (2001).

Causa de fallo potencial: la causa de fallo se define como la acción que me puede provocar el modo de fallo, es decir, la causa que me provoca la aparición de la falla.

Ocurrencia: es la clasificación que se genera para evaluar cada cuánto ocurre la falla mencionada, debido a la causa asignada. Por ello, se tiene un rango de 1 a 10, siendo 1 muy poca frecuencia y 10 consistentemente se da la falla.

Tabla 4. Criterios de ocurrencia de fallas

| <b>Criterio</b> | <b>Probabilidad</b>                                | <b>Calificación</b> |
|-----------------|--|---------------------|
| Muy alta        | Fallas persistentes durante el día                 | 10                  |
|                 | Sucedan fallas en el día, pero pocas               | 9                   |
| Alta            | Fallas frecuentes entre 3 a 5 a la semana          | 8                   |
|                 | Se presentan fallas semanales entre 1 y 3          | 7                   |
| Moderada        | Fallas ocasionales durante cada 15 días de trabajo | 6                   |
|                 | Se presentan fallas comunes durante el mes         | 5                   |
|                 | Las fallas mensuales suceden poco                  | 4                   |
| Baja            | Las fallas suceden con una frecuencia muy baja     | 3                   |
|                 | Fallas relativamente bajas durante el año          | 2                   |
| Remota          | No se presentan fallas o son de poca consideración | 1                   |

Fuente: Carlson, W., & Chrysler, D. (2001).

Controles actuales del proceso para detección: para esta etapa se deben listar los controles o las acciones que se realizan para detectar o prevenir una causa de falla, incluso aquellas que detecten el modo de falla y corregirlo a tiempo.



Detección: es una clasificación que se genera para determinar cómo los controles establecidos detectan la falla, se debe suponer que la falla ha sucedido y entonces se evalúa la eficiencia del control, y al igual que los puntos, se clasifica entre un rango de 1 a 10.

Tabla 5. Criterios de detección de falla

| Detección      | Criterio   | Tipos de inspección |   |   | Calificación |
|----------------|--|---------------------|---|---|--------------|
|                |  | A                   | B | C |              |
| Casi imposible | Certeza absoluta de no detección   |                     |   | X | 10           |
| Muy remota     | Los controles probablemente no detectaran, o lo hacen al azar              |                     |   | X | 9            |
| Remota         | Los controles tienen poca oportunidad de detección, solo inspección visual |                     |   | X | 8            |
| Muy baja       | Los controles tienen poca oportunidad de detección                         |                     |   | X | 7            |
| Baja           | Los controles pueden detectar  |                     | X | X | 6            |
| Moderada       | Los controles pueden detectar  |                     | X |   | 5            |
| Moderadamente  | Los controles tienen buena oportunidad para detectar                       | X                   | X |   | 4            |
| Alta           | Los controles tienen buena oportunidad para detectar                       | X                   | X |   | 3            |
| Muy alta       | Controles casi seguros para detectar                                       | X                   |   |   | 2            |
| Muy alta       | Controles seguros para detectar  | X                   |   |   | 1            |

Tipos de Inspección: A) A prueba de error B) Medición automatizada C) Inspección

Fuente: Carlson, W., & Chrysler, D. (2001).

NPR: el número prioritario de riesgo es el que indica cuánta importancia se le debe dar a la falla. Este se obtiene de multiplicar la severidad, la ocurrencia y la detección como se muestra en la siguiente ecuación. Además, en los valores más altos se deben de recomendar acciones que ayuden a reducir los tiempos de ocurrencia de falla, mejorar los mecanismos de detección y eliminar la falla (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009).

$$NPR = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

Tabla. 6. Clasificaciones según NPR

| NPR      | Clasificación |
|----------|---------------|
| 0-100    | Bajo          |
| 100-200  | Moderado      |
| 200-300  | Alto          |
| 300-1000 | Extremo       |

Fuente: Carlson, W., & Chrysler, D. (2001).

### **Análisis de criticidad**

Como menciona García 2003, no todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Basado en el método desarrollado por el Ing. Carlos Piedra Santamaría se tienen los siguientes criterios de evaluación y escalas de calificación.

Tabla 7. Criterios de evaluación Análisis de Criticidad

| <b>Criterios de evaluación</b> |   | <b>Definición</b>   |
|--------------------------------|---|---|
| A                              | Impacto en la seguridad                   | Medida en que una falla provoca la exposición a riesgos en salud e higiene ocupacional, tanto a los colaboradores como a la comunidad.                |
| B                              | Impacto en el medio ambiente              | Medida en que una falla produce emanaciones de gases, partículas en suspensión, derrames químicos, contaminación de todo tipo de aguas y a la tierra. |
| C                              | Impacto en la producción total            | Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro TOTAL de la planta de producción.   |
| D                              | Impacto en la producción de línea         | Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total a la línea específica de producción donde se encuentra este equipo o instalación.           |
| E                              | Impacto en la integridad de otros equipos | Medida en que, por su inadecuada operación repercute en daños a otros equipos.  |
| F                              | Impacto en la calidad                     | Provoca una alteración directa en la calidad de los procesos productivos, no cumpliéndose los parámetros de calidad establecidos.                     |
| G                              | Valor económico                           | Precio de la máquina.   |
| H                              | Dificultad de adquisición                 | Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado.                            |

Fuente: Presentación Historia del Mantenimiento, Piedra. C (2016).

Tabla 8. Escala de calificación del Análisis de Criticidad

**Escala de calificación para los criterios de evaluación**

|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 0                    | Nada importante      |
| 1                    | Poco importante      |
| 2                    | Importante           |
| 3                    | Muy importante       |
| <b>Clasificación</b> | <b>Puntaje total</b> |
| Crítico              | Igual o mayor que 12 |
| No crítico           | Menor que 12         |

Fuente: Presentación Historia del Mantenimiento, Piedra. C. (2016).

El mantenimiento preventivo se debe aplicar a todos los equipos e instalaciones que cumplan con al menos una de las siguientes condiciones:

Obtener una puntuación igual a tres en el criterio de impacto en la producción total o en el criterio de impacto en la producción en línea.

- Tener una calificación de equipo crítico (igual o mayor que doce puntos).
- Obtener una puntuación igual o mayor que dos en el criterio de impacto en la calidad.

El mantenimiento predictivo se aplica a los equipos e instalaciones con puntuación de tres en los criterios tanto de valor económico como de dificultad de adquisición.

El mantenimiento programado y correctivo se aplica a todos los equipos e instalaciones que lo requieran sin importar su puntuación.

### **Cuadro de Mando Integral**

Un Cuadro de Mando Integral es un tablero de indicadores creado por Kaplan y Norton en 1977 con un sistema de evaluación del desempeño empresarial y se le considera

como una representación equilibrada y organizada de indicadores financieros y operacionales con base en una tabla Chiavenato, I (2006).

El Cuadro de Mando Integral permite a una organización traducir su visión y estrategias a través de objetivos e indicadores seleccionados. Como ya se ha establecido, es un instrumento de dirección que permite la concreción, representación y seguimiento de las estrategias adoptadas por la empresa. Para conseguirlo, no basta con adoptar una orientación exclusivamente económica y financiera, sino considera otros elementos clave, como son los clientes, procesos y fuerza de trabajo.

De esta forma, se interrelacionan los que consideran aspectos fundamentales en el desarrollo e implantación de las estrategias como vía para alcanzar el éxito empresarial. Los elementos clave suponen diferentes perspectivas en el análisis de la empresa que representa el todo. Los objetivos, indicadores de estos y las acciones estratégicas deben asociarse a una perspectiva. El Cuadro de mando Integral considera cuatro aspectos fundamentales:

- Perspectiva financiera
- Perspectiva del cliente
- Perspectiva de procesos internos
- Perspectivas de aprendizaje y crecimiento.

Las cuatro perspectivas son aplicables a un gran número de empresas, de ahí, su consideración común, pero el Cuadro de Mando integral no tiene por qué incorporar todas, pudiendo considerar si procede alguna más.

## **Proceso actual del mantenimiento preventivo en la mina La Chilena de Holcim**

- ***Descripción de actividades***

Los operadores llenan el formato F-CG.OP 01.00.06 “Reporte de Operaciones y Lista de Chequeo de Equipos Pesados” donde indican las distintas observaciones que presentan los equipos. El personal de mantenimiento de equipo pesado al realizar su labor informará los posibles trabajos correctivos que deben realizarse en los equipos.

Esta información alimentará el F-CG.OP 01.07.01 “Reporte de Novedades Equipo Pesado”, el cual servirá de base de datos para definir los mantenimientos correctivos.

- ***Planificación***

Los días jueves de cada semana se realiza reunión de planificación de mantenimiento de equipos pesados, El F-CG.OP 01.07.02 “Programa de Mantenimiento de Equipos Pesados” se generará obteniendo los horímetros del F-CG.OP 01.00.06 “Reporte de Operaciones y Lista de Chequeo de Equipos Pesados” y las posibles correcciones que se tengan en el F-CG.OP 01.07.01 “Reporte de Novedades Equipo Pesado”, definiendo los recursos para realizar los mantenimientos.

- ***Ejecución de los mantenimientos***

Se debe verificar la disponibilidad de todos los recursos necesarios para ejecutar el mantenimiento programado, luego de este chequeo, se procede a solicitar el equipo a ser atendido. Se aplica el procedimiento de bloqueo y etiquetado del equipo.

Al inicio de cada mantenimiento, se requiere llenar el F-CL.SG 30.00.01 “Control de Permiso de Trabajo”. Este permiso debe ser emitido por el personal autorizado.

Siempre que se realice un trabajo de mantenimiento o chequeo, el encargado velará que se llene el formato de análisis de trabajo seguro (ATS).

- ***Culminación y aceptación de mantenimientos***

El encargado del mantenimiento debe recibir a conformidad el servicio prestado por el personal firmando el reporte de servicio y completará el formato F-CG.OP 01.07.02 “Programa de Mantenimiento de Equipo Pesado”, dándole cierre al mantenimiento.

De no estar conforme con el servicio el encargado de mantenimiento indicará cuáles serán las medidas o correcciones que deben ser tomadas para completar el trabajo.

Posterior a la entrega del equipo, el encargado de mantenimiento verificará con operaciones la conformidad del servicio prestado.

### **Metodologías financieras relacionadas al mantenimiento en la minería a nivel mundial**

La minería como actividad económica se da en casi todas las partes, estando presente en continentes como: Europa, América; principalmente en países latinoamericanos, África, Asia y Oceanía.

Entonces sí se habla de la minería en África hay que hacer referencia a empresas mineras pequeñas como menciona Ávila E. 2010; donde debido a la gran cantidad de accidentes y contaminación generada por la maquinaria utilizada en la extracción de minerales y la creciente minería artesanal es que la Unión Económica y Monetaria del África Occidental ha decidido intervenir este tipo de actividad económica promulgando una serie de estatutos, donde se establece que es necesaria la intervención técnica en cada uno de los procesos para la explotación minera esperando que aumente la producción y los

rendimientos, disminuya el daño ambiental y genere la confianza necesaria para que los intermediarios financieros suministren capital fresco a sus operaciones.

Entre estas intervenciones técnicas se encuentra el mantenimiento de los equipos para la explotación minera; sin embargo, como explica Baracyetse P. 2012, las empresas finalmente terminan aplicando mantenimiento por necesidad de cumplir con los nuevos reglamentos impuestos y la inversión económica en el mantenimiento es simplemente vista como un gasto o un desglose aparte de las inversiones y ganancias que se obtienen en la producción derivada de la minería.

En Oceanía para las actividades económicas mineras, el país referencia es Australia, el cual como menciona Meller P; Gana J. 2015 Australia ha logrado posicionar un sector de proveedores de la minería competitivos internacionalmente e innovadores. Sin embargo, como explica el autor mencionado anteriormente la mayor parte de documentación económica de la minería en Australia es sobre los resultados económicos de la producción y como esta causa gran impacto en la economía del país, como genera empleos y la gran cantidad de estudios microeconómicos que existen y que los posicionan como grandes generadores de capital a nivel mundial con su explotación minera, pero en ninguno de esos estudios se logra integrar el mantenimiento de los equipos mineros ni como un costo o gasto; es decir, se podría señalar que para sus estudios no representa un rubro importante o simplemente lo desconocen.

Es conocido que en Asia el país que más se ha desarrollado en la minería es China y como menciona Chicaiza G. 2014 China ha tenido un innegable crecimiento que la ha convertido en un referente al momento de analizar la economía nacional, regional y mundial.



El crecimiento de China demanda enormes recursos para sostener su economía, lo que lleva a este país a salir al mundo en búsqueda de materias primas, energía y alimentos.

En China, como en la mayoría de los países, la minería le pertenece al Estado. Como se ha visto, China promueve; por un lado, la explotación minera de sus propios recursos con técnicas y fondos del extranjero; por otro lado, impulsa las inversiones de sus propias empresas mineras en otros países para aprovechar los recursos y mercados internacionales. Sin embargo, y pese a que China tiene producción propia, su crecimiento rápido y sostenido hace que la producción interna de minerales no sea suficiente para cubrir su creciente demanda. Además, en China, como en otros países, las reservas mineras no se pueden controlar; hay más recursos con bajo valor económico que los de mayor valor económico y los valores de las supuestas reservas son mucho mayores que aquellos de las reservas verificadas.

En China el manejo económico de las minas de cualquier mineral va más orientado a las ganancias que le produce la actividad, que a establecer los gastos o insumos económicos necesarios para desarrollar la actividad; esto debido al nivel tan grande de expansión que ha tenido la minería en este país; tanto dentro como fuera de sus fronteras.

En Europa, Alemania ha tenido una creciente necesidad de explotar sus materias primas mediante actividades mineras como menciona Friess S. 2011 después de China y los Estados Unidos, Alemania es uno de los mayores consumidores de materias primas en todo el mundo. Cada ciudadano alemán consume en el transcurso de su vida entre 1.000 y 1.100 toneladas de materias primas. Situación que ha llevado a las mineras alemanas a preocuparse más por el alto impacto socioambiental que está generando su explotación masiva y las pérdidas económicas que sus actividades generan por lo que sus modelos económicos de

minería están muy enfocados a la parte de producir ganancias y a la vez mitigar pérdidas generadas por el impacto ambiental que sus actividades tienen. Por lo que las empresas mineras de esta región europea como explica Brötz H. 2011 moldean su metodología económica de una forma más hacia sus actividades iniciales de explotación, por lo que el recurso del mantenimiento es tomado en cuenta como un gasto donde buscan que su maquinaria cumpla ciertos parámetros mediante el mantenimiento, que permitan reducir la contaminación, pero este gasto a pesar de ser importante para cumplir estándares, las empresas lo observan como un gasto más del que si pudieran escapar lo harían; porque tienen la idea de gastar lo mínimo para producir muchas ganancias económicas.

En el continente americano y en especial en los países latinoamericanos a inicios de los años 80 se inició a aplicar el mantenimiento de los equipos de minería visto como un gasto más necesario para producir; es decir bajo el viejo concepto de ser un mal necesario como explica Klimasauskas R. 2005.

Klimasauskas R. 2005 también menciona que a partir del año 2005 hasta aproximadamente el 2012 en las empresas mineras de Sudamérica han empezado a visualizar el mantenimiento más como una fuente de ingresos para la empresa; esto porque después de muchos estudios realizados en esta zona geográfica y contrastado con otras latitudes mundiales donde se observó que más bien el mantenimiento en lugar de ser visto como un gasto indirecto de la empresa, debe ser visto como el primer presupuesto que debe tener la empresa, ya que si el mantenimiento de los equipos que permiten la explotación minera es deficiente, produce fallos y se detienen, esto genera que la producción sea deficiente o se pare en su totalidad, lo cual generará pérdidas para la empresa.

Por lo cual el mantenimiento se convierte en un pilar de la producción para asegurar que se cumplan los objetivos globales de cualquier empresa dependiente de la explotación de minerales mediante la minería.

Por lo que se ha venido planteando en esta región la realización de modelos de gestión de mantenimiento que permitan no solo cumplir con el objetivo de mantener los equipos funcionando al 100% de su capacidad, sino que también ayude a cumplir los objetivos generales de la empresa y que además permita establecer el presupuesto que debe ser destinado al mantenimiento de los equipos mineros; es decir, está implicado un objetivo financiero mediante la administración del mantenimiento.

Tolentino J. 2014 menciona que la administración del recurso económico del mantenimiento debe aprovechar los recursos tecnológicos que existen hoy día para el rápido procesamiento de los datos que se van obteniendo de los trabajos de mantenimiento que se realicen a cualquier equipo para siempre tener a mano las estadísticas de cada equipo y a nivel global de la flota de equipos o activos involucrados en el mantenimiento de una empresa minera.

Por lo que utilizar algún software ya sea programado o con una interfaz ya creada puede llegar a ser de gran ayuda, pero si requiere que se integren mucho más las personas involucradas en este tipo de trabajo para que los datos se recolecten en su totalidad.

### **Capítulo 3. Conocimiento de la organización y del contexto operativo**

---

Para realizar el reconocimiento de la organización durante las primeras semanas de desarrollo del proyecto se realizaron varias visitas al campo y se conversó con las personas de la organización para conocer cómo es su funcionamiento, cargos, responsabilidades y cómo funciona a nivel del contexto operativo y el entorno de trabajo de los equipos sujetos a mantenimiento.

En la organización de la Mina La Chilena existen tres personas sobre las que recae toda la responsabilidad de mantener a la planta de cemento alimentada con materia prima, que son el gerente de materias primas, la coordinadora de planificación y el preparador automotriz, donde en el contexto de mantenimiento de los equipos, ellos son quienes deben coordinar los trabajos para evitar afectar la operación.

Dado el reconocimiento de la organización se encontró que estos no cuentan con un gerente o supervisor para el mantenimiento, por lo que esta responsabilidad ha recaído sobre el gerente de la mina que dada su formación como Ingeniero en Metalurgia y Minas no tiene conocimiento para realizar esta tarea y por eso existen problemáticas relacionadas al mantenimiento.

En el contexto operativo los equipos trabajan en condiciones ambientales difíciles: polvo, lluvia, sol, barro y mucha humedad, lo que hace que los equipos, que ya están pasados de horas de trabajo, se deterioren muy rápidamente.

También se observó ciertas prácticas de operación que pueden provocar daños a los equipos, que después terminan en serios daños y reparaciones que necesitan tiempos prolongados y comprometen la operación.

La operación se basa en la extracción de piedra caliza para la producción de cemento, esta se extrae de los bancos en una montaña y se realiza el cargue de volquetes mediante excavadoras y cargadores frontales, los volquetes tienen que realizar viajes de 4km aproximadamente ida y vuelta, cargados con piedra caliza y una porción de material estéril, los cuales se descargan en la zona del quebrador primario. Esto se realiza en dos turnos de 8 horas de lunes a sábado.

En esta área de la empresa Holcim no se cuenta con un departamento de mantenimiento claramente definido, por lo que en sí este departamento no cuenta con una misión y visión establecidas, lo que indica una cierta desorganización del mantenimiento.

Al revisar la escasa documentación del mantenimiento que existe se detectó inmediatamente la cantidad excesiva de trabajos correctivos que se realizan, la mala planificación de los mantenimientos programados que necesitan los equipos y la nula creación de estrategias preventivas de los equipos. En la siguiente lista se detallan los puntos encontrados en la revisión documental del mantenimiento.

- Mala planificación y programación de las actividades de mantenimiento.
- Realización en su mayoría de acciones correctivas.
- Equipos en uso que ya sobrepasaron su vida útil estimada por el fabricante.
- No se realizaron los *overhaules* necesarios para extender la vida útil de los equipos.
- Equipos críticos en la operación fuera de servicio por tiempos prolongados debido a averías.
- Pésimo manejo de repuestos, ya que se compran cuando se necesitan de urgencia.
- Problemas de coordinación con la operación para la salida de los equipos a trabajos de mantenimiento.

- Registro de fallas inexistente.
- No se generan órdenes de trabajo para la realización de los mantenimientos y no se lleva el control de si se cumplen las actividades que se realizan.

De los puntos encontrados tal vez importante destacar la falta de utilización de órdenes de trabajo y la falta de control del cumplimiento de las actividades que se programan o se solicitan, esto se determinó mediante la revisión de un documento de Google Sheets, “Formato F-CG.OP 01.10.02 Programa de Mantenimiento de Equipo Pesado”, donde se lleva la programación de actividades de mantenimiento de los equipos, en este se observó que la mayoría de los trabajos que se programan son de tipo correctivo, estos se programan como tareas preventivas, lo cual deja en evidencia la percepción errónea de varios conceptos relacionados al mantenimiento.

La empresa ha caído en cuenta de que el uso solo de mantenimiento correctivo no solo está impactando la disponibilidad de sus equipos, sino que también está elevando sus costos, y perjudicando sus operaciones y esto ha hecho que se realice un análisis de si es necesario cambiar toda la flota de equipos. No obstante, tienen la noción de que existen nuevas tendencias y herramientas modernas que pueden ayudar a enderezar el camino del mantenimiento, siendo el mantenimiento preventivo, una de las más factibles a implementar para reducir los costos.

Se puede decir que el departamento de mantenimiento, el cual no existe de manera formal concretamente, tiene muchas falencias y está generando muchos costos por no tener una gestión adecuada, y esto se refleja en que hay equipos que permanecen mucho tiempo fuera de servicio, como ha sucedido con los Volquetes, Perforadora, Tractor y Cargadores

Frontales, los cuales han llegado a estar parados de una semana completa hasta 2 meses, según sea el caso por fallas graves, o por falta de existencia de repuestos en el país.

De hecho, la gestión de repuestos no existe, ya que como tal la Mina La Chilena no cuenta con su propio almacén, pero existe el almacén de la planta de cemento el cual se podría usar para almacenar repuestos necesarios, consumibles y demás partes que podría ser importante en stock, y a pesar de que no estarían almacenados en el mismo taller de la Mina los repuestos se encontrarían a escasos 15 minutos, lo cual es mucho más rápido que pedirlos al distribuidor que normalmente se encuentra en San José. Esto es un tema de logística y planificación, ya que como se maneja en estos momentos, un simple repuesto puede aumentar los tiempos de parada, costos y afecta a la operación.

Las fallas no se registran, estas se corrigen y se regresa el equipo a operar inmediatamente, razón por la cual no se conoce que tipo de fallas han estado presentando los equipos, las frecuencias con las que ocurren ni el repuesto utilizado para su reparación.

Todos estos puntos se espera que se reflejen de una mejor manera en la evaluación realizada con la norma COVENIN 2500-93.

## Capítulo 4. Diagnóstico y análisis de la gestión de mantenimiento de la mina

---

El análisis y diagnóstico se realiza para ofrecer apoyo al área de mantenimiento de la Mina la Chilena en Holcim para la organización, planificación y control de las actividades de mantenimiento de sus equipos móviles mineros, además de orientar a la administración de la mina sobre si su gestión actual de mantenimiento es la adecuada, comparándola con una gestión del mantenimiento en términos de una gestión ideal.

Para realizar esta evaluación se utilizarán la Norma CONVENIN 2500-93 y la Auditoría sobre la efectividad del mantenimiento, MES, por sus siglas en inglés (**Maintenance Effectiveness Survey**). Cabe destacar que estas auditorías de mantenimiento se encuentran dirigidas a sistemas que se encuentran en operación y sujetos a operaciones de mantenimiento.

La aplicación de las auditorías tiene como objetivo proporcionar información de una evaluación de partes independientes que están entrelazadas en la administración del mantenimiento, con el propósito de determinar cuáles son las falencias y oportunidades de mejora con el fin de renovar la administración del mantenimiento y facilitar la toma de decisiones de los responsables del mantenimiento de los equipos móviles mineros.

Es importante mencionar que cada tipo de auditoría tiene su escala de medición o calificación para determinar el estado del mantenimiento dentro de la organización.

La metodología que se utilizó para la aplicación de las auditorías de mantenimiento MES fue entregar los formatos en papel a las cinco personas que están encargadas de la gestión de mina y mantenimiento, para que, en un período de una semana, en algunos espacios fueran llenando los formularios; esto con el fin de no entorpecer sus labores diarias.



La metodología para la auditoría de mantenimiento COVENIN se enfocó en la investigación, revisión documental y entrevistas con las personas involucradas para poder obtener información fiable, para así calificar cada uno de los principios de cada área de estudio que comprende la norma.

Una vez que fueran entregados los formularios completos, estos fueron procesados en hojas de Excel y de los resultados se sacó una calificación para cada criterio evaluado.

#### 4.1 Resultados Obtenidos de la Auditoría COVENIN

A continuación, se muestra en la tabla 9 el resultado con los valores globales de la evaluación realizada a la administración y mantenimiento de la Mina La Chilena de Holcim, de manera que se evidencian las brechas que existen en cada una de las áreas evaluadas.

Tabla 9. Resumen de las áreas de evaluación

|   | Área                           | Porcentaje Óptimo | Puntuación Porcentual Real | Brecha | Criterios de madurez del Mantenimiento |
|---|--------------------------------|-------------------|----------------------------|--------|--|
| 1 | Organización de la empresa     | 100               | 66,67                      | 33     | Conciencia                             |
| 2 | Organización de Mantenimiento  | 100               | 25                         | 75,00  | Inocencia                              |
| 3 | Planificación de mantenimiento | 100               | 10                         | 90,00  | Inocencia                              |
| 4 | Mantenimiento Rutinario        | 100               | 72                         | 28,00  | Entendimiento                          |
| 5 | Mantenimiento Programado       | 100               | 0                          | 100,00 | Inocencia                              |
| 6 | Mantenimiento Circunstancial   | 100               | 0                          | 100,00 | Inocencia                              |
| 7 | Mantenimiento Correctivo       | 100               | 0                          | 100,00 | Inocencia                              |
| 8 | Mantenimiento Preventivo       | 100               | 0                          | 100,00 | Inocencia                              |

|    |                           |     |       |       |               |
|----|---------------------------|-----|-------|-------|---------------|
| 9  | Mantenimiento por Avería  | 100 | 2     | 98,00 | Inocencia     |
| 10 | Personal de mantenimiento | 100 | 77,5  | 22,50 | Entendimiento |
| 11 | Apoyo Logístico           | 100 | 60    | 40,00 | Conciencia    |
| 12 | Recursos                  | 100 | 73,33 | 26,67 | Entendimiento |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

En los siguientes gráficos de radar y barras de la evaluación de la administración y mantenimiento de la Mina La Chilena de Holcim se evidencia el estado de cada una de las áreas de evaluación.

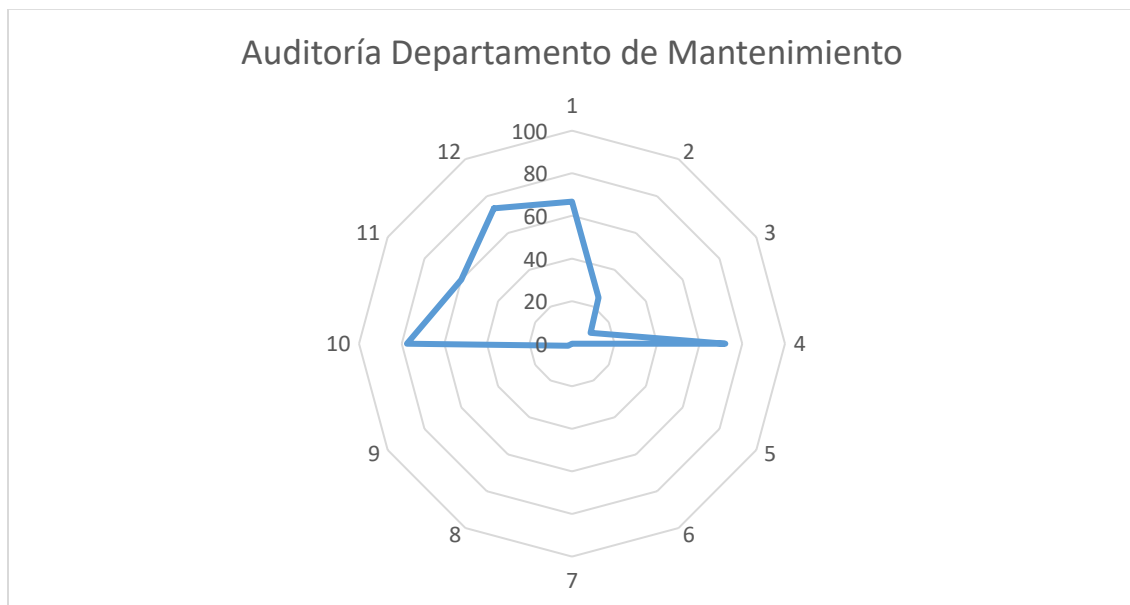


Figura 2. Auditoría COVENIN.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

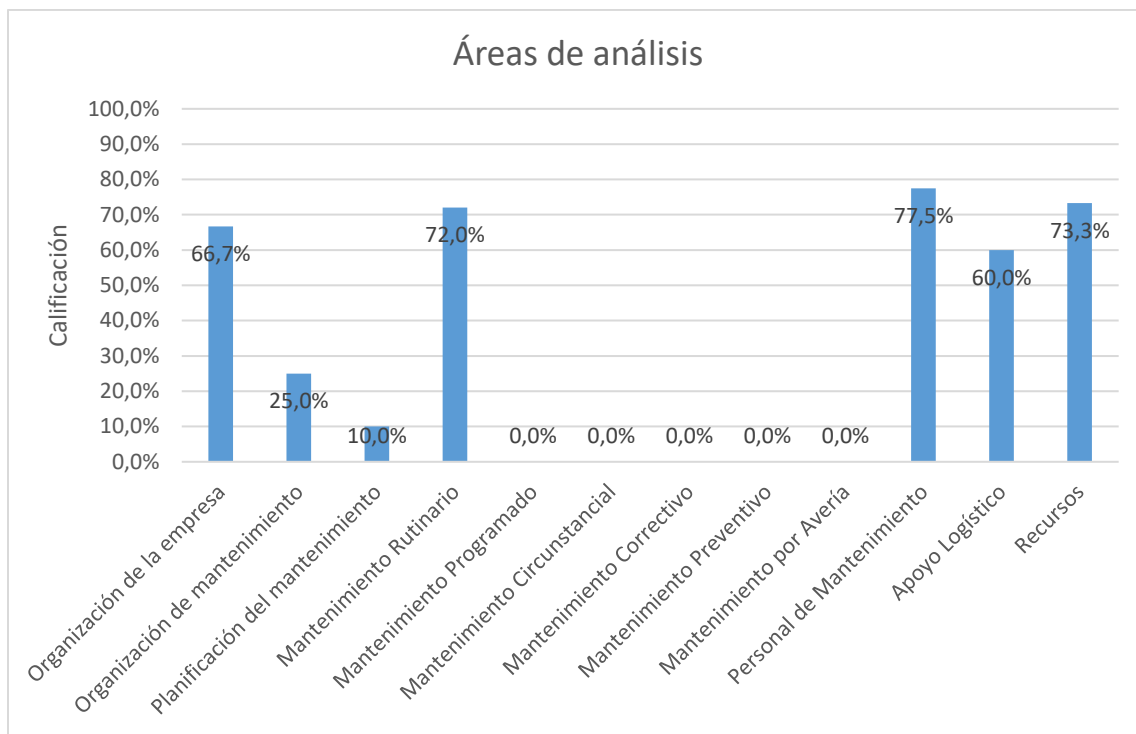


Figura 3. Calificación de cada una de las áreas de análisis.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

De los datos obtenidos de la auditoría se determinó que el valor global de la evaluación de la Mina La Chilena es de 27,0%, lo que evidencia un criterio de inocencia; es decir, no existe una gestión de mantenimiento ni sumamente básica y se desconocen muchos temas y prácticas que llevan a mejores prácticas de mantenimiento de clase mundial, lo determina que existen oportunidades de mejora para alcanzar mejores prácticas de mantenimiento, en cuanto a su gestión actual.

Es importante destacar que la gestión actual de mantenimiento de la Mina La Chilena de Holcim ha descuidado el principio de mejora continua y está enfocado en este momento en resolver los problemas que surgen día a día, idealizando esta forma de trabajar como un sistema de mantenimiento completo, quizá esto consecuencia de que el departamento de mantenimiento no cuenta con un ingeniero experto en el tema.

## 4.2 Análisis Resultados de la Auditoría COVENIN

En esta sección se realizará el análisis detallado de cada uno de los principios básicos de las áreas de evaluación de la normativa COVENIN 2500-93.

### Organización de la empresa

Esta área tiene un valor global de 66,67% y sus principios se destacan en la figura 4, donde se refleja una leve gestión en esta área; sin embargo, se debe reestructurar el sistema de información, que, mediante la realización de investigación y revisión de documentos se estableció que se utilizan dos herramientas para la recolección y almacenamiento de información que son Google Drive y TIS, en los cuales a pesar de estar cargada la información, no se procesa ni se depura la información que el sistema productivo requiere.



Figura 4. Gráfico de los principios básicos de la organización de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## **Organización del mantenimiento**

La organización del mantenimiento tiene una calificación global del 25% y según el criterio se dice que está en el nivel de inocencia según la calificación de la norma COVENIN. En cuanto a los criterios individuales mostrados en la figura 6, la mejor calificación la tiene autoridad y autonomía con un 100%, ya que consultando con las personas de la organización se concluyó que estas cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades.

Sin embargo, el principio de funciones y responsabilidades tiene una calificación del 0%, debido a que se tiene un organigrama parcial del departamento de mantenimiento como se muestra en la figura 5, el cual no cumple como organigrama de la organización y no se tiene por escrito ningún documento donde se detallen las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento, según la revisión del documento I-CG.OP 01.07, Mantenimiento de equipos pesados.

Críticamente de la investigación realizada se encontró que la organización de mantenimiento no cuenta con un sistema que le permita manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otras). Destacable de este apartado mediante una visita en sitio del taller se encontró, que en el taller se encuentran bitácoras de registros de fallas almacenadas en estantes, pero no se utilizan para nada relevante.

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Gerencia de mantenimiento |                   |
| Vacante                   |                   |
| Mantenimiento             |                   |
| Mecánicos                 |                   |
| 2                         | Maikel Chavarría  |
|                           | Alexander Delgado |

Figura 5. Organigrama parcial del departamento de mantenimiento.

Fuente: Organigrama Mina La Chilena.

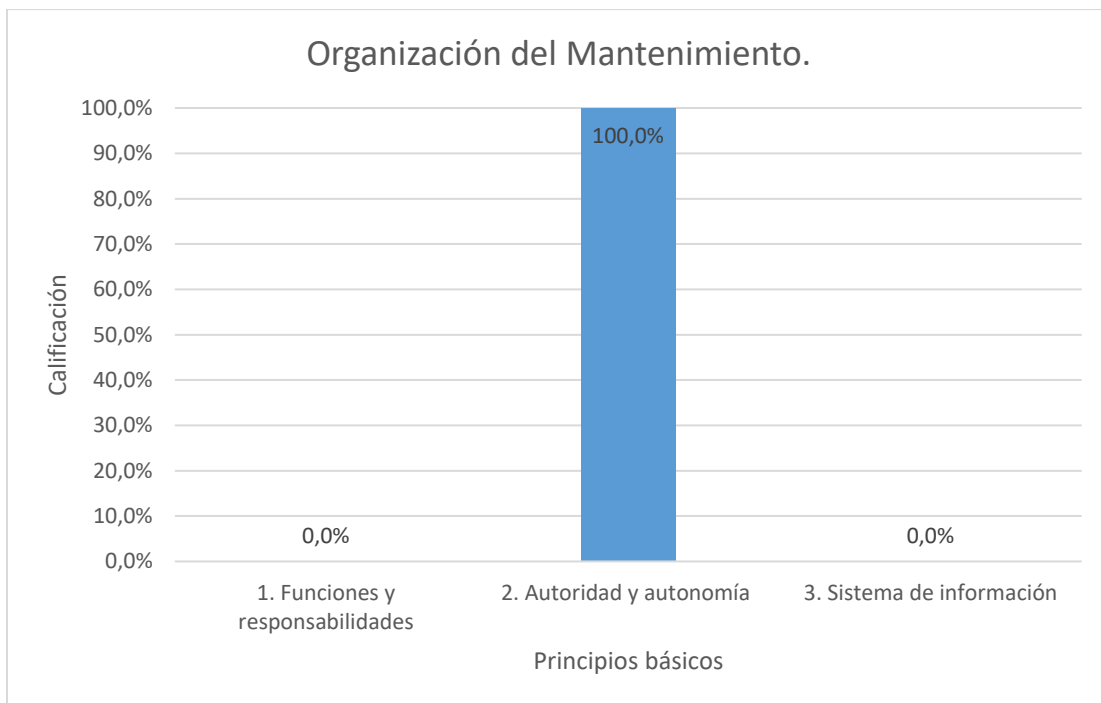


Figura 6. Organización del Mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### Planificación del mantenimiento

En esta área se tiene una calificación global de 10%; es decir, la planificación del mantenimiento se encuentra en un grado de inocencia y observando los valores de los tres

principios básicos de la figura 7 se puede destacar que el único principio con calificación es Objetivos y Metas, con un 28,6%, ya que se tienen establecidos objetivos en cuanto a la disponibilidad de los equipos y corrección de averías para los mantenimientos en la planificación, como se muestra en la figura 8, mas no se tienen claras metas alcanzables en cuanto a los objetos de mantenimiento y tampoco se definen los tiempos de realización de las acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas.

Las políticas para la planificación tienen una calificación de 0%, ya que la gerencia de mantenimiento no ha establecido en un documento por escrito, una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Además, no se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento, utilizando los recursos disponibles.

Críticamente, también de la investigación realizada, se encontró que la organización no cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permita registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total, y tampoco se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes de mantenimiento.

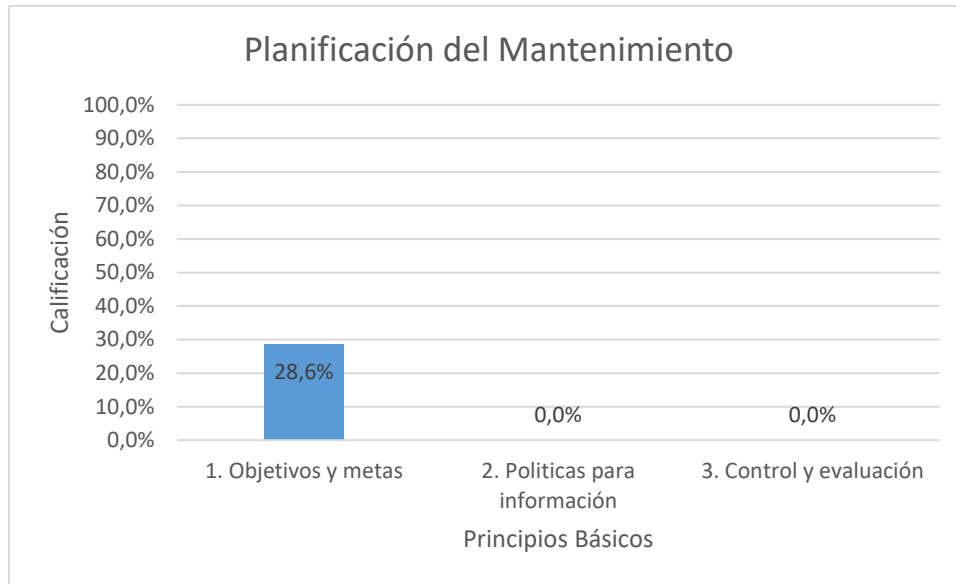


Figura 7. Planificación del mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

|   |  |   |       |     |                          |                      |             |
|---|--|---|-------|-----|--------------------------|----------------------|-------------|
| 1 | Formato                                    |   |       |     |                          |                      | Fecha:      |
| 2 | F-CG.OP 01.10.02                           |   |       |     |                          |                      | Versión:    |
| 3 | Programa de Mantenimiento de Equipo Pesado |   |       |     |                          |                      | Página:     |
| 4 | Planta Cemento Cartago                     |   |       |     |                          |                      |             |
| 5 | Objetivos                                  | Lograr que los equipos se mantengan el mayor tiempo posible disponibles |       |     |                          |                      |             |
| 6 |  | Corregir todas las averías a tiempo para no afectar la producción       |       |     |                          |                      |             |
| 7 | 28 septiembre al 2 de octubre              |   |       |     |                          |                      |             |
| 8 | Equipo                                     | Horómetro   | Fecha | Día | Mantenimiento Programado | Reparación adicional | Responsable |

Figura 8. Objetivos inconclusos del mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### Mantenimiento rutinario

En el rubro de mantenimiento rutinario se tiene una calificación global de 72%, lo cual indica que se tiene un criterio de conciencia, ya que se encontró evidencia de su aplicación, aunque sea de forma parcial.

En el principio de planificación se estableció de la investigación realizada que existen documentos conocidos en el argot popular de la organización como “check list” de los



equipos donde se tienen establecidas las actividades diarias a realizar a los objetos de mantenimiento como se muestra en la figura 9, siendo asignados a los operarios de los mismo para llevarse a cabo, y se tiene una estructura para que esta se ejecute de manera organizada. Y se tiene el stock de materiales y herramientas para completar la ejecución de este mantenimiento.

En cuanto a la programación e implantación las actividades de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo y se encontró evidencia mediante una inspección de campo, que al cambio de turno de los operarios se realiza la supervisión de que se ejecutaron las actividades de mantenimiento rutinario.

En cuanto al control y evaluación se tiene una calificación del 0%, esto debido a que se determinó que el departamento de mantenimiento no dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Pero el departamento si dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas diariamente, ya que se recogen los “check list” al final de cada turno. Sin embargo, no se encontró documentación que pruebe que se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.

| Formato<br>F-CG.OP 01.00.07                                  |   |  |  |  |  | Fecha           | 6/16/2015 |           |               |
|--|---|--|--|--|--|-----------------|-----------|-----------|---------------|
| Reporte de Operaciones y Lista de Chequeo de Equipos Pesados |   |  |  |  |  | Versión         | 4         |           |               |
|  |   |  |  |  |  | Cemento Carlagó |           | Página    | 2 de 2        |
| <b>APTO</b>  |   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| N°   | DESCRIPCIÓN   |  |  |  |  | SI              | NO        | NO APLICA | OBSERVACIONES |
|  | Diario (Antes de inicio de la operación)  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 1  | Estado de llanta y presión de aire, completar de ser necesario  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 2  | Nivel de aceite del motor, rellenar de ser necesario  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 3  | Nivel de aceite hidráulico, rellenar de ser necesario   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 4  | Nivel de aceite de la transmisión, rellenar de ser necesario  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 5  | Revisar nivel de aceite del swing, rellenar si necesario  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 6  | Nivel de líquido refrigerante del radiador, rellenar si es necesario  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 7  | Revisar estado del panel de radiador, que esté libre de obstrucciones   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 8  | Fugas de aceite y diesel en el equipo. Reportar cualquier fuga  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 9  | Verifique estado de las correas del motor (Grietas, roturas, tensión)   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 10   | Correcto funcionamiento de luces del equipo e indicadores del sistema de monitoreo electrónico. Reportar cualquier anomalía * |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 11   | Baldo, cables, dientes, brazos, cilindros hidráulicos, estructura en general  |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 12   | Estado del cinturón de seguridad, que esté en buen estado *   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 13   | Sistema de control de incendio (2 extintores de 20 Lbs c/u)   |  |  |  |  |                 |           |           |               |
| 14   | Verificar la operación de la bocina y alarma de retroceso, reportar cualquier anomalía *                                      |  |  |  |  |                 |           |           |               |

Figura 9. "Check list" de los equipos.

Fuente: Formatos de trabajo Mina La Chilena.



Figura 10. Mantenimiento rutinario.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## **Mantenimiento programado**

En esta área se tiene una calificación global de 0%, es decir se encuentra en un estado de inocencia como se muestra en la figura 11. En cuanto al criterio de planificación se tiene una calificación de 0%, esto debido a que la organización de mantenimiento no cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven de una forma organizada, además la organización de mantenimiento no tiene un programa de mantenimiento programado documentado en el cual se especifiquen las frecuencias desde quincenal y hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento.

En cuanto al principio de programación e implantación se tiene una calificación de 0%, esto debido a que la organización no tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento con una frecuencia establecida para hacer revisiones distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades no posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.

Finalmente, el criterio de control y evaluación tiene una calificación de 0% y evidencia que la organización no dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.

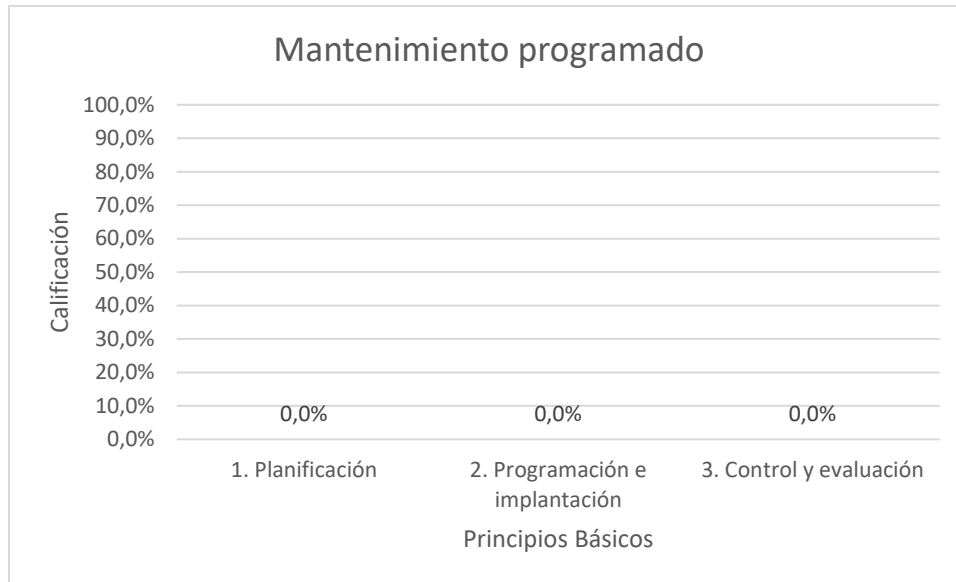


Figura 11. Mantenimiento Programado.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### **Mantenimiento circunstancial**

En el área de mantenimiento circunstancial se tiene una calificación global de 0% dada esta calificación se encuentran en el criterio de inocencia.

En cuanto al principio básico de planificación no se evidencia en ningún documento la ejecución de actividades de objetos de mantenimiento que se utilizan de forma circunstancial o alterna, pues están dentro de los planes de organización de mantenimiento, y tampoco la ejecución de estas actividades está en coordinación con el departamento de producción, razón por la cual este principio obtiene una calificación del 0% como se muestra en la figura 12.

Del criterio de programación e implantación se destaca que dentro de la programación de las actividades de mantenimiento no se tiene claramente definido y diferenciado el

mantenimiento circunstancial; es decir, las actividades de mantenimiento circunstancial no están programadas en forma racional ni con cierta elasticidad para atacar fallas.

El principio básico de control y evaluación de la empresa no dispone de ningún tipo de medio para llevar a cabo el control de ejecución de las actividades de mantenimiento circunstancial por lo que este criterio tiene una calificación de 0%.



Figura 12. Mantenimiento circunstancial.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo tiene una calificación global de 0% esto quiere decir que se encuentra en un nivel de inocencia, lo cual es crítico, ya que se detectó con la investigación que este tipo de mantenimiento es uno de los más utilizados o recurrentes del área de mantenimiento de la mina. Se determinó de la investigación, que no existe un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo y además no se evalúa su eficiencia y cumplimiento en los correctivos que se han establecido como necesarios.

También existe brecha total en la programación e implantación de mantenimiento correctivo que se realizan siguiendo una secuencia programada de manera que cuando ocurra la falla no se pierda tiempo ni se pare la producción, situación que, si sucede en cuanto al mantenimiento correctivo de la mina, dada la evidencia observada en campo.

La planificación tiene una calificación baja en esta área de estudio con un 0%, ya que la organización no cuenta con una infraestructura y procedimiento para las acciones de mantenimiento correctivo, tampoco hay un registro de información de fallas que permita una clasificación y estudio que facilite su corrección. Además, se detectó que en el documento establecido como plan de mantenimiento preventivo semanal se agregan trabajos de tipo correctivo, como acciones preventivas, es decir se confunden los conceptos.

También se determinó que la organización de mantenimiento no posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo, no posee todos los formatos planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas - hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento, ni se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

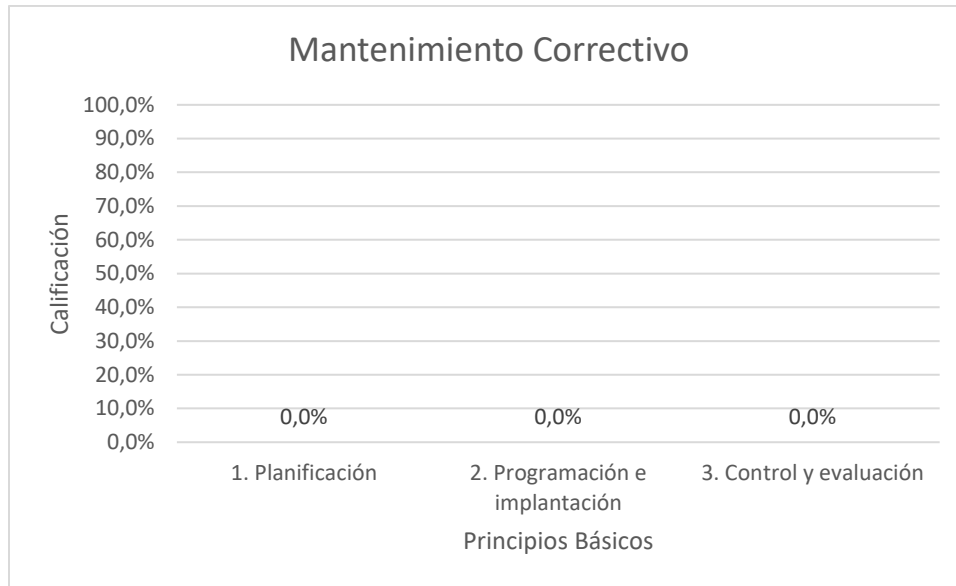


Figura 13. Mantenimiento Correctivo.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo tiene una calificación global de 0%, entonces se encuentra en el nivel de inocencia, a pesar de que se detecta que se intenta realizar a cabalidad, pero no se logra.

Esto es debido a que como se observa en la figura 14 el principio de determinación de los parámetros tiene una calificación del 0%, ya que la organización no tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento, mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad y es una situación contradictoria con el hecho de que la organización sí cuenta con todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas, donde podría llegar a aplicar métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de parada.

En cuanto al principio de planificación tienen una calificación de 0%, ya que no se cumple, ya que se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo, pero no se usa, tampoco existe un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo.

En el principio de programación e implantación las actividades de mantenimiento preventivo no están programadas en forma racional, de manera que el sistema no posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, ya que a veces interfiere con las actividades de producción y no se dispone del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación, además la implantación de los programas de mantenimiento preventivo no se realiza en forma progresiva. Esto tiene como evidencia análisis de aceites periódicos que se programan, pero con los cuales no se realiza ninguna acción relevante.

En el control y evaluación existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo, pero no se utilizan y no se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.



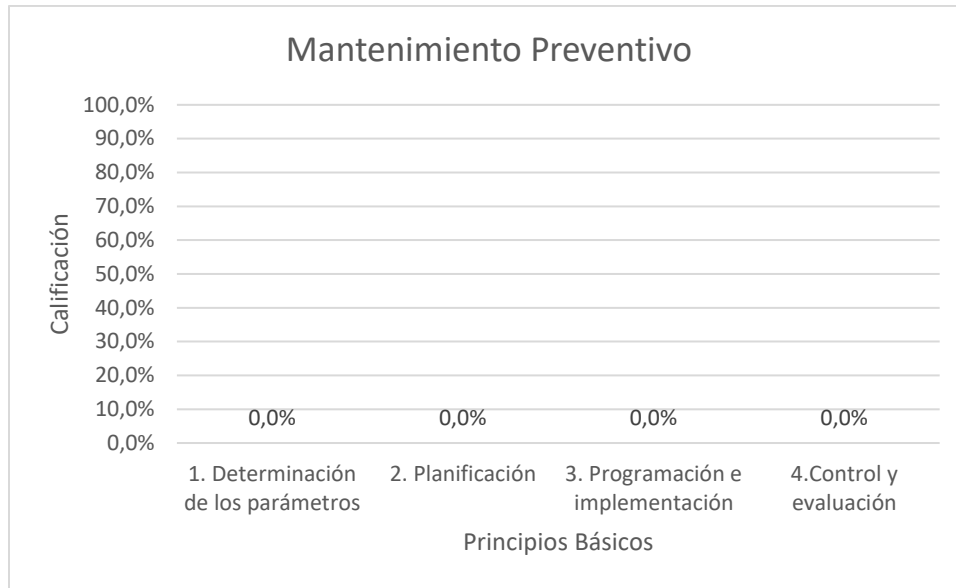


Figura 14. Mantenimiento Preventivo.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### **Mantenimiento por avería**

El mantenimiento por avería tiene una calificación global de 0%, lo que indica que está en un estado de inocencia, ya que como se muestra en la figura 15, la atención a fallas tiene una calificación de 0%, debido a que la organización no está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente, además se falla en el reporte de algunas fallas, ordenes de trabajo, salidas de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.

La supervisión y ejecución tiene una calificación de 0%, esto debido a que los ajustes, arreglos de los defectos y atención a reparaciones no se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla, y la supervisión de las actividades no se realiza una vez reparada la falla.

En esta área de estudio se encuentra que la información de las averías, consultando a los encargados de esta información, el personal solo recolecta en bitácoras esta información;

es decir, de manera errónea y no se depura, almacena, procesa y distribuye la información derivada de las averías, ni mucho menos se hace el análisis de las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.



Figura 15. Mantenimiento por avería.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### Personal de mantenimiento

El personal de mantenimiento tiene una calificación global de 77,5%, estando en un nivel de entendimiento, es decir su calificación está en el promedio.

En cuanto a los principios básicos la cuantificación de las necesidades del personal tiene una calificación de 100%, ya que la organización a través de la programación de las actividades de mantenimiento determina el número de personas que se requieren en la organización para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

En cuanto a la selección y formación del personal tiene una calificación excelente del 100%, ya que el personal seleccionado cuenta con amplia experiencia, nivel de educación adecuado y habilidades técnicas para el puesto, evidencia de esto, que los mecánicos son personas con los títulos académicos y con la experiencia necesaria para el trabajo.

Destacable que ambos mecánicos cuentan con títulos como técnicos automotrices especializados en equipo pesado. Uno de los mecánicos tiene más de 15 años de experiencia con equipos Komatsu, ya que trabajó 9 años para Agromec, representante para Costa Rica de Komatsu y lleva 6 años como mecánico de Holcim. El otro mecánico tiene 22 años de experiencia en mecánica de equipo pesado minero, trabajando en tres diferentes empresas mineras en Venezuela y ahora en Costa Rica para Holcim

Sin embargo, en esta área luego de una entrevista con el personal de mantenimiento se concluyó que se tiene una gran brecha en la motivación e incentivos, debido a que la dirección de la empresa toma en relevancia la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, pero no emprende acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal, ni tampoco existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad de personal en el desarrollo de sus funciones.

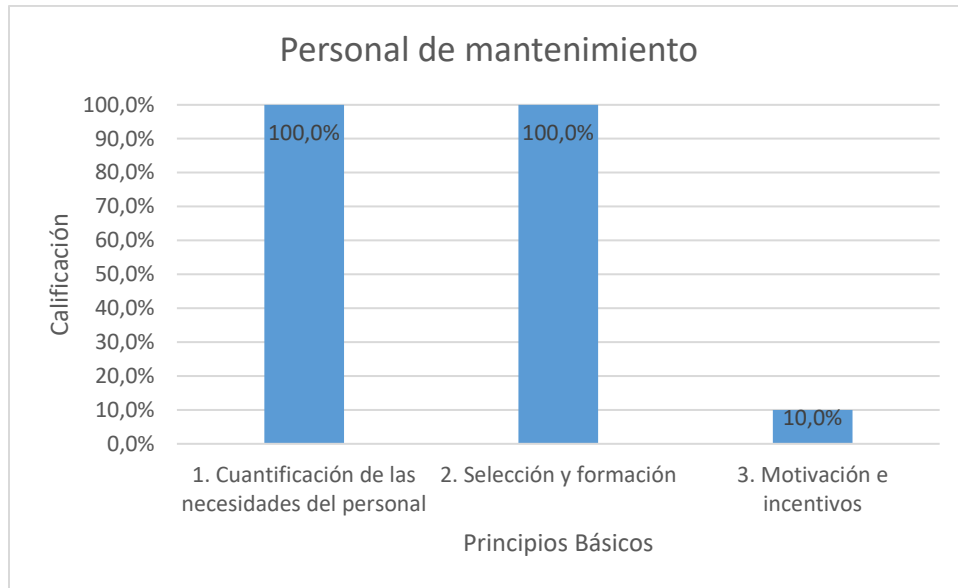


Figura 16. Gráfico de los principios básicos de personal de mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### Apoyo logístico

El apoyo logístico tiene una calificación global de 60%, lo cual lo coloca en un nivel de conciencia, ya que la Mina La Chilena cuenta con el apoyo básico de la administración de Holcim, pero no en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales.

En el principio de Apoyo Gerencial, la gerencia no posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, por lo que se producen problemas al coordinar con operaciones, a la vez la gerencia no les da el mismo nivel a las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa a mantenimiento, esto debido a que mantenimiento no tiene un ingeniero experto en el tema a la cabeza.

En cuanto al principio de apoyo general se trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman, es decir hay un apoyo general, ya que mantenimiento cuenta con

el apoyo de la organización total; es decir, está establecido que cuando mantenimiento de Mina La Chilena necesita apoyo, la gerencia de mantenimiento de la Planta de cemento puede ayudar con recurso humano y materiales para poder solventar necesidades.

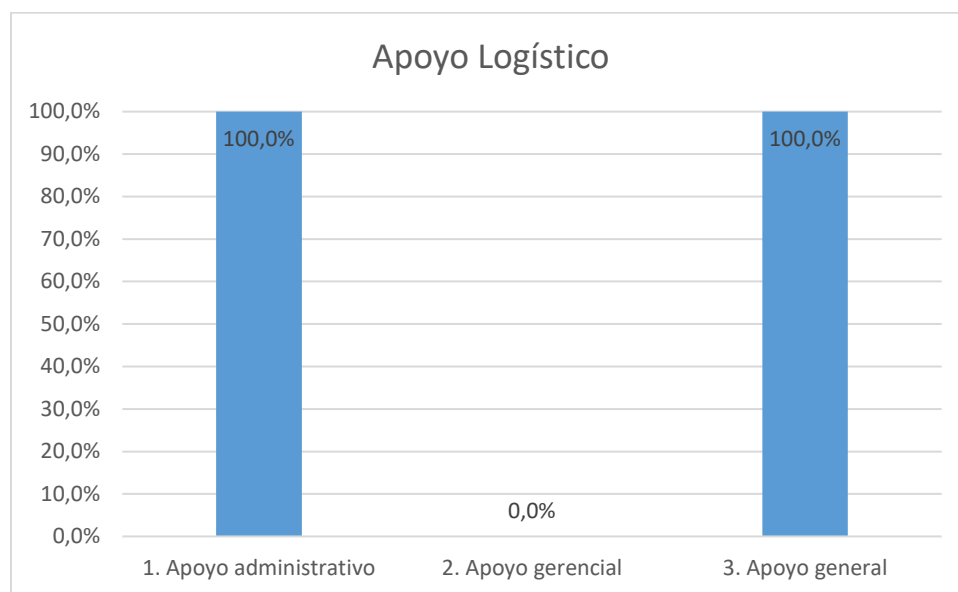


Figura 17. Apoyo Logístico.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## Recursos

El área de recurso tiene una calificación global de 73.33% lo que la coloca en un nivel de entendimiento, desglosando por principios básicos los equipos tienen una calificación del 100%, ya que según entrevistas con mecánicos e inspección al taller de mantenimiento se observa que la organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operatividad de los sistemas, además de que se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.

Herramientas tiene una calificación del 100% debido a que se cuenta con las herramientas necesarias y si están en un lugar de fácil alcance haciendo que no haya tiempos de espera y además se dispone de un sitio adecuado para el almacenamiento de las herramientas.

Se dispone de instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento y se toma en cuenta las diferentes casas de fabricantes y proveedores para su adquisición y si se adquirieran nuevos instrumentos se dispondría de un lugar de almacenamiento para el control de su uso.

En la entrevista al encargado de realizar reservas y compras de materiales se indica que cuando se realizan reservas con el tiempo adecuado sí se cuenta con un stock adecuado de materiales; sin embargo, esto no cuenta con un sistema que permita la clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Pero si se conocen diferentes proveedores para cada material, mas sus tiempos de entrega no son adecuados para la organización y además no existen políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.

Seguidamente, no se cuenta con un stock de repuestos y su obtención con los proveedores es complicada y esto prolonga a veces demasiado el tiempo de espera de la entrega de los repuestos, consecuentemente a esto no existen repuestos en el almacén para su ubicación, pero si se conocen diferentes proveedores para cada repuesto, aunque sus tiempos de entrega son variables.

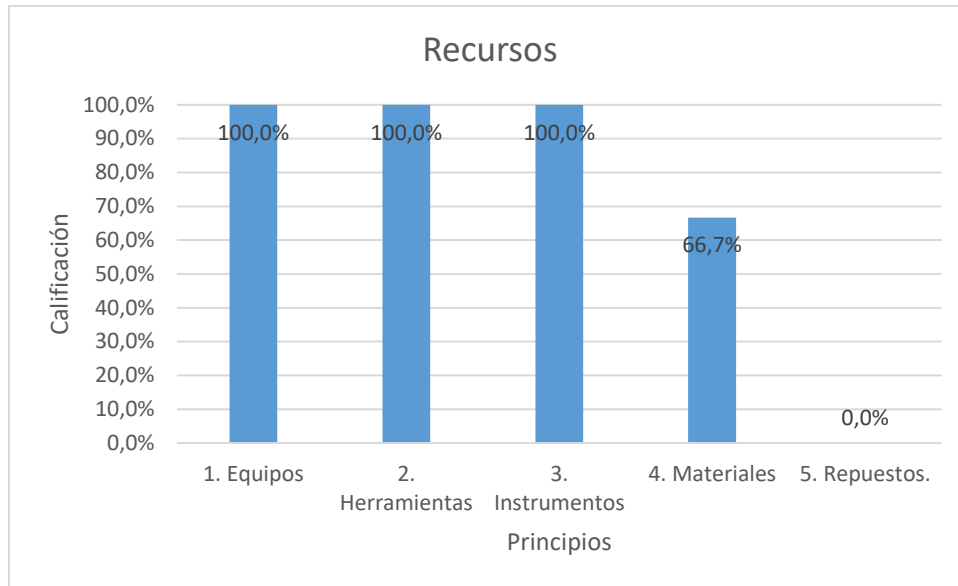


Figura 18. Recursos.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

### 4.3 Análisis resultados auditoría MES

A continuación, se muestra en la tabla 10 el resultado con los valores globales de la evaluación realizada a la administración y mantenimiento de la Mina La Chilena de Holcim, de manera que se evidencian las brechas que existen en cada una de las áreas evaluadas.

Este tipo de auditoría es de tipo semi-cuantitativa y por su forma de aplicación los resultados están sujetos a la percepción de las personas de la organización, ya que los cuestionarios son aplicados a cada persona y califica los criterios según sus propias percepciones.

En la siguiente tabla se evidencian que las mayores brechas están en la gerencia de la información y planificación, programación, soporte y ejecución del mantenimiento.

Tabla 10. Resumen de los resultados de la auditoría MES

| Áreas |  | Puntuación ideal | Puntuación real | Brecha |
|-------|--|------------------|-----------------|--------|
| 1     | Recursos humanos Gerenciales/<br>Organización                      | 60               | 39,60           | 20,40  |
| 2     | Gerencia de la información   | 60               | 29,40           | 30,60  |
| 3     | Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo/Predictivo          | 60               | 38,60           | 21,40  |
| 4     | Planificación, programación, soporte y ejecución del mantenimiento | 60               | 36,60           | 23,40  |
| 5     | Soporte, calidad y motivación                                      | 60               | 40,60           | 19,40  |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

También se muestra en las figuras 19 y 20 de manera gráfica los resultados de cada una de las áreas de evaluación de la auditoría MES.



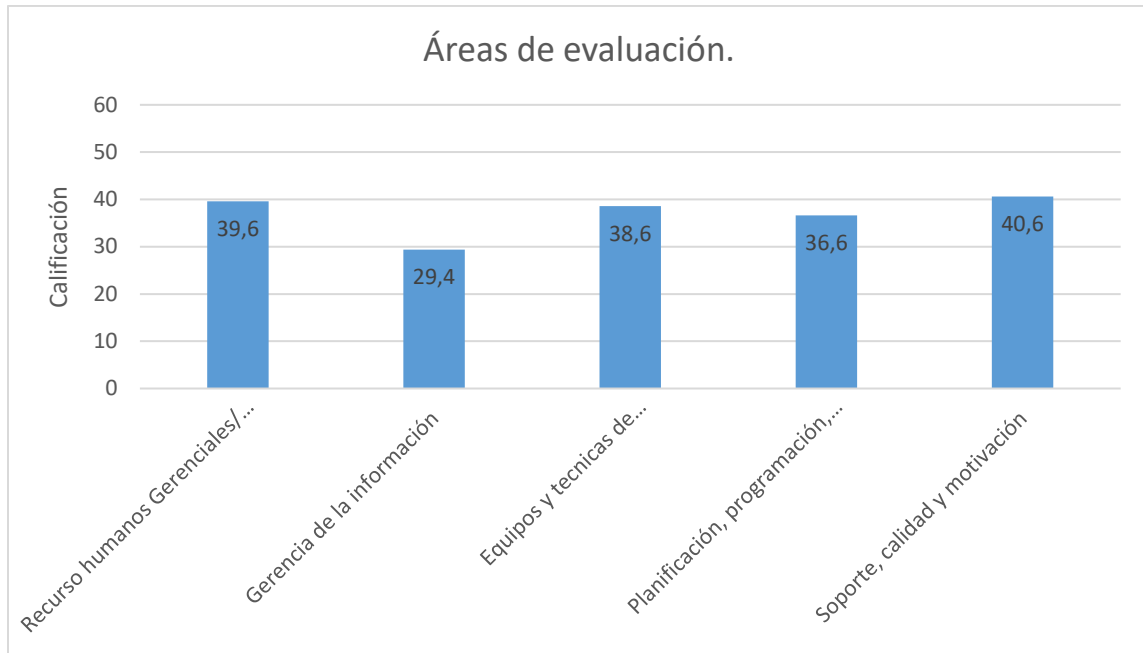


Figura 19. Áreas de evaluación Auditoría MES.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

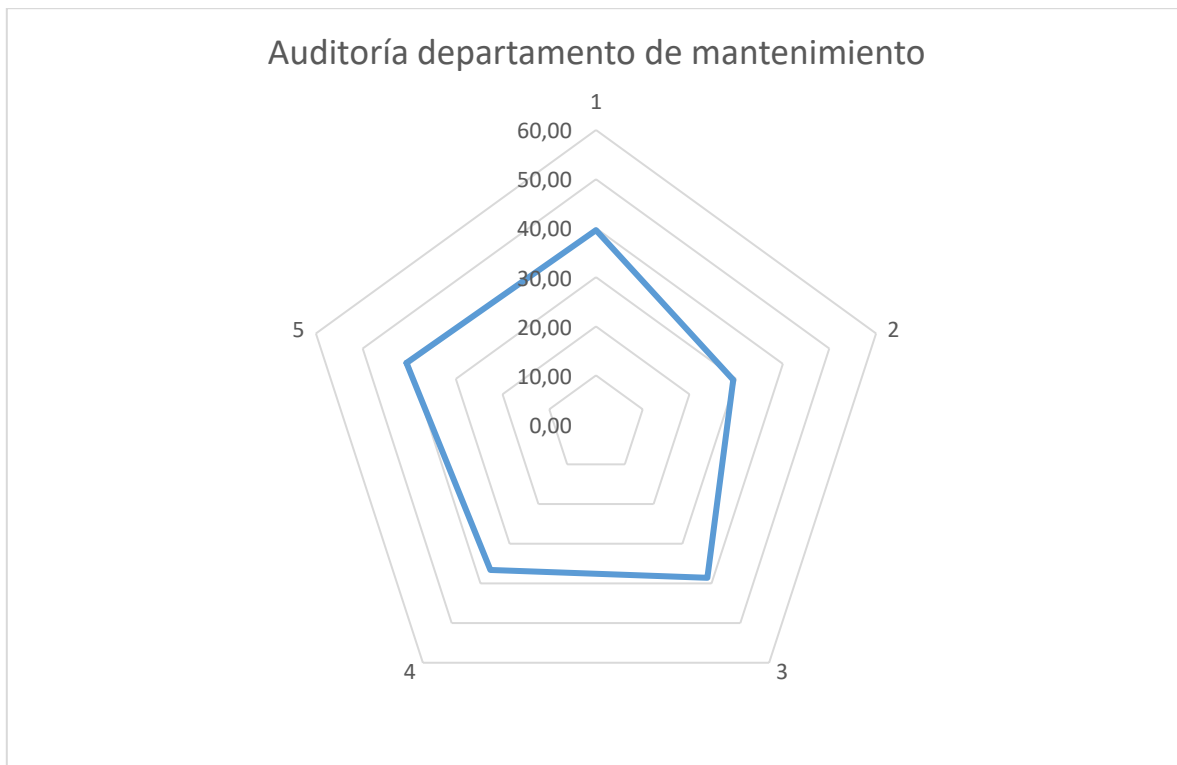


Figura 20. Auditoria MES.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Basado en la evaluación promediada y sumada de las 5 personas a las que se le aplicó la auditoría, se obtiene una calificación total de 184,8 lo que según el criterio de evaluación dice que la Mina La Chilena se encuentra por arriba del nivel promedio o que se encuentra en un nivel aceptable en mantenimiento.

## **Conclusiones**

- Se necesitan crear procedimientos de control y evaluación para las áreas del mantenimiento.
- Se deben establecer objetivos y metas claras para enrumbar de manera correcta la gestión del mantenimiento.
- Se debe aprender a separar las tareas correctivas de las tareas preventivas.
- Se debe registrar las fallas mediante un método estadístico para realizar su análisis de incidencia en la operación.
- Se debe analizar a profundidad las fallas, no tan solo corregirlas para poder mediante un análisis encontrar la causa y abordarla con mantenimiento preventivo.
- Se deben crear procedimientos tanto para abordar las tareas preventivas como las correctivas.
- Se debe modificar la forma en la que se recolecta la información del mantenimiento para calcular indicadores con el fin de medir la gestión del mantenimiento y establecer un proceso de mejora continua.
- Se debe establecer un inventario de repuestos y consumibles necesarios a tener en el almacén.
- Se debe trabajar la motivación al personal de mantenimiento y el sentido de pertenencia mediante incentivos que evidencien la importancia del trabajador para la empresa.

## **Capítulo 5. Propuesta del modelo de gestión de mantenimiento para la mina La Chilena, Holcim**

---

### **Concepto modelo de gestión de mantenimiento**

Un modelo de gestión del mantenimiento se define como aquel que incluye todas aquellas actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades, todo esto facilita la planificación, programación y control de la ejecución de los mantenimientos, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para las organizaciones. Una adecuada gestión del mantenimiento debe tomar en cuenta el ciclo de vida de cada activo físico, debe cumplir con los objetivos de reducir los costos globales de la actividad productiva, asegurar el buen funcionamiento de los equipos y sus funciones, disminuir al máximo los riesgos para las personas y los efectos negativos sobre el medio ambiente, generando, además, procesos y actividades que soporten los objetivos trazados García, S. (2003).

Muchas veces el mantenimiento ha sido descrito como un mal necesario o como una actividad que solamente genera gastos a las organizaciones, y esto tal vez es lo que se podría usar para describir el mantenimiento actual de los equipos móviles mineros de la Mina La Chilena, donde se tiene un enfoque en su mayoría de tipo correctivo, y no existe un modelo de gestión del mantenimiento como tal, por lo que se buscan herramientas que puedan enderezar la dirección hacia la planeación, prevención y mejora.

Los modelos de gestión vienen a brindar herramientas que combinadas con los diferentes tipos de mantenimiento como el preventivo, correctivo y predictivo pueden generar cambios beneficiosos en la rentabilidad de un sistema productivo y a la vez asegurar la calidad y garantías del producto que está relacionado con los objetos sujetos a

mantenimiento, así como una lenta depreciación de los equipos implicados en los procesos productivos de una organización.

También los modelos de gestión del mantenimiento sirven para alinear los objetivos y prioridades de mantenimiento, así como las estrategias y las responsabilidades implicadas en un proceso de mantenimiento de equipos. Esto ayuda a la oportuna planificación, programación y control de la ejecución de mantenimiento siempre teniendo en cuenta la necesidad de la mejora continua y los aspectos económicos relevantes para la organización.

### **Concepto de gestión**

Gestión se puede definir como un conjunto de acciones u operaciones relacionadas con la administración y dirección de una organización. Este concepto se utiliza para hablar de proyectos o en general de cualquier tipo de actividad que requiera procesos de planificación, desarrollo, implementación y control.

También se puede hablar de gestión como un conjunto de trámites que se llevan a cabo con el fin de resolver una situación determinada o administrar una organización al establecer estrategias para el desarrollo.

### **5.1 Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento**

Para el departamento de mantenimiento se diseñó un modelo de gestión de mantenimiento con el cual se busca ordenar el departamento de mantenimiento e integrar los demás sectores de la empresa, convirtiéndose en una estrategia de mejora continua en todas las etapas propuestas.

El modelo propuesto tiene como base inicial el enfoque por medio de los objetivos y metas del departamento de mantenimiento, de acuerdo con las necesidades observadas y los

requisitos de las partes interesadas. Luego se tiene la planeación y programación de las actividades de mantenimiento, donde para obtener resultados positivos se espera el compromiso del preparador automotriz y los técnicos de mantenimiento, donde cada trabajo que se vaya a realizar sea bajo las medidas de seguridad laboral establecidas.

La planeación y programación tiene como elementos de apoyo los sistemas de información, el recurso humano, el almacén y mano de obra tercerizada para apoyar todos los pasos propuestos en el modelo de gestión de mantenimiento.

Establecido lo anterior también se hace la aclaración que este modelo de gestión está enfocado a los equipos móviles mineros de la Mina La Chilena de Holcim, y no aplica para los equipos o máquinas de la planta de cemento.

Inicialmente en el modelo de gestión se deben seleccionar las estrategias de mantenimiento que se van a utilizar para cada equipo, según un análisis de criticidad, con el cual se puede definir si el equipo va a necesitar mantenimiento, preventivo, programado, predictivo o correctivo o la combinación de algunos. El mantenimiento rutinario es aplicable en todas las máquinas, por lo que siempre estará presente en la planificación de cualquier equipo.

Como siguiente paso con las estrategias definidas se determina el presupuesto por equipo, en el cual es muy importante detallar cuál es el valor de los costos fijos y variables del mantenimiento y el costo de operación de cada uno de los equipos móviles mineros.

Ya con estrategias y presupuesto definido se deben realizar los trabajos de mantenimiento mediante la generación, asignación y ejecución de las ordenes de trabajo, las cuales sirven para hacer un cruce de información para controlar los gastos de mantenimiento,

sobre todo cuando se generan OT correctivas y se espera que estas sean a un máximo del 25% del presupuesto de mantenimiento preventivo y, además controlar que el valor fijo presupuestado se mantenga.

Finalmente, se debe realizar el control, medición y análisis para toma de decisiones respecto a los procedimientos anteriores con la evaluación de informes, presupuesto, calidad de los trabajos, utilización de indicadores de clase mundial y realización de auditorías, todo esto con el fin de lograr una mejora continua del proceso y cada cierto periodo aplicarse en busca de debilidades y fortalecerlas.

En torno a este modelo de gestión de mantenimiento se encuentra la gerencia general de la Mina y la coordinación de operaciones. Por lo que se establece que tanto la operación como la gerencia se deben alinear a las metas y objetivos establecidos por el departamento de mantenimiento y como tarea individual de cada una está coordinar la realización de los trabajos de mantenimiento y para la gerencia la revisión y análisis de los resultados que arrojen los trabajos de mantenimiento.

A continuación, en el siguiente esquema se encuentra el diagrama donde se conjuntan las partes de modelo de gestión de mantenimiento.

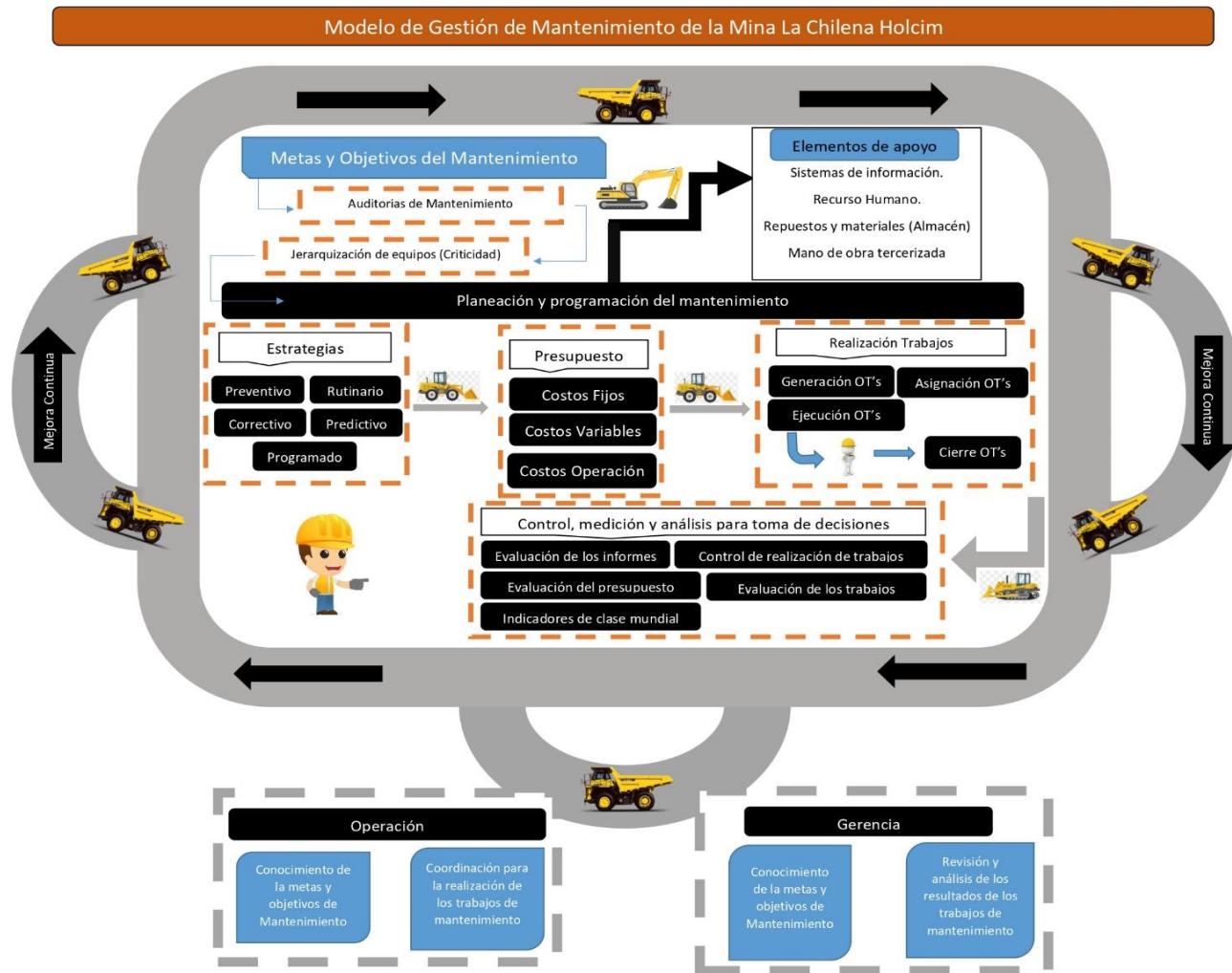


Figura 21. Esquema del Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Word.

## **Capítulo 6. Análisis de criticidad de los equipos**

---

Para este análisis se incluyeron todos los equipos tanto los de minería, como los vehículos livianos de transporte.

Para este análisis de criticidad se utilizó el método desarrollado por el Ing. Carlos Piedra Santamaría como se detalló en el marco teórico de este documento y se explicará cada uno de los criterios de evaluación de forma general.

El criterio de impacto en la seguridad se tomó en valores de 1 y 0 para casi todos los equipos excepto para los cuatro volquetes que se calificaron con un valor de 2, ya que según lo observado las fallas más comunes de estos equipos afectan funciones del equipo, más no la salud ocupacional de los trabajadores. A los volquetes se les dio una calificación de 2, porque estos a diferencia de los demás equipos que siempre trabajan en zonas restringidas al público, los volquetes si transitan en calle publica y una falla potencial podría causar daños a la comunidad, pero al ser una zona muy poco poblada y de casi imperceptible tránsito de peatones y vehículos su probabilidad es muy baja.

En el criterio de impacto al medio ambiente se consideró un valor de 3 para la perforadora, ya que consultando con los mecánicos esta máquina es la más susceptible a presentar fugas de aceite hidráulico que pueden causar contaminación en los suelos, el resto de los equipos móviles mineros se calificaron con un valor de 2, ya que son menos susceptibles a presentar fugas, pero de igual manera cualquier fuga de aceite es considerada como importante.

También se consideró que al ser equipos de combustión interna y que funcionan con diésel como combustible, estos siempre tienen un grado de emanación de gases



contaminantes; sin embargo, estos se mantienen en control según las regulaciones que establece el MINAE.

Para el criterio de impacto en la producción total, se analiza desde el punto de vista de que, si la Mina no logra extraer y transportar la materia prima a la planta de cemento la planta de cemento no produce, esto es poco probable según el análisis realizado, ya que para tener una producción adecuada se necesitan 1 perforadora, 3 volquetes, 1 cargador y 2 excavadoras, por lo que se puede decir que se tiene suficiente equipo en caso de cualquier eventualidad para apoyar la operación, por lo que para algunos equipos se consideró el valor de 1 o 2, pero si se calificó con un 3 para la perforadora, ya que ese equipo no tiene "backup" y su función en la extracción es vital y una falla de esta podría parar la extracción de material.

Similarmente para el impacto en la producción de línea se consideraron los mismos criterios que en producción total para calificar los equipos.

El criterio de impacto en la integridad de otros equipos considera en que su inadecuada operación genere daños a otros equipos y eso solo se daría en el caso de la interacción que tienen los cargadores y excavadoras con los volquetes en el proceso de carga de material donde su inadecuada operación podría dañar los volquetes en su estructura, razón por la cual estos reciben una calificación de 2, es decir importante.

El criterio de impacto en la calidad se consideró en 0 para todos los equipos, excepto para la perforadora que se le asignó un 2, ya que su trabajo es muy importante para obtener caliza de alta saturación y tener producto final de calidad, el resto de los equipos no impactan la calidad del producto final, ya que su proceso solo está ligado al transporte.

Para el criterio de valor económico se le asignó un valor 3, ya que estos equipos móviles mineros tienen valores de entre los 250.000 a los 500.000 dólares, lo cual los hace sumamente importantes. En el caso de los vehículos livianos estos tienden a rondar en valores de 30.000 dólares en el mercado por lo que se les asignó un 2, ya que su valor en comparación con los equipos móviles mineros es bajo, pero tampoco es despreciable.

Finalmente, en dificultad de adquisición se le asignó un 2 a los equipos móviles mineros, ya que algunas veces cuando son repuestos muy específicos duran un par de semanas en ser importados, pero en realidad no es tan difícil conseguir repuestos originales, ya que en el país existen representantes de las marcas de los equipos, lo que facilita las cosas. De igual manera existen otros distribuidores que pueden vender los repuestos y consumibles de los equipos.

Dadas estas calificaciones y como se muestra en la siguiente tabla resumen se seleccionaron los tipos de mantenimiento adecuado para cada equipo según los criterios descritos en el marco teórico.

Tabla 11. Análisis de Criticidad de los equipos de la Mina La Chilena

| Descripción |                      |             | Criterios de Selección |   |   |   |   |   |   |   | Clasificación |            |                       |
|-------------|----------------------|-------------|------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---------------|------------|-----------------------|
| Equipo      | Marca                | Código      | A                      | B | C | D | E | F | G | H | Total         | Estado     | Tipo de Mantenimiento |
| Perforador  | FURUKAWA HCR1200ED   | CG.111-4C1  | 0                      | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 3 | 2 | 16            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |
| Tractor     | KOMATSU 155AX-5      | CG.111-4D1  | 0                      | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2 | 10            | No Crítico | Programado/Predictivo |
| Volquete    | KOMATSU HD 405-7     | CG.191-4K1  | 2                      | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 10            | No Crítico | Programado/Predictivo |
| Volquete    | KOMATSU HD 405-7     | CG.191-4K2  | 2                      | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 10            | No Crítico | Programado/Predictivo |
| Volquete    | KOMATSU HD 405-7     | CG.191-4K3  | 2                      | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 10            | No Crítico | Programado/Predictivo |
| Volquete    | KOMATSU HD 405-7     | CG.191-4K6  | 2                      | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 10            | No Crítico | Programado/Predictivo |
| Cargador    | KOMATSU WA600-6      | CG.191-4F1  | 1                      | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 13            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |
| Cargador    | KOMATSU WA500-6      | CG.311-4F2  | 1                      | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 13            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |
| Excavadora  | KOMATSU PC600-7      | CG.191-4B1  | 1                      | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | 11            | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Excavadora  | Hyundai HX480SL      | CG.191-4B2  | 1                      | 2 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 14            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |
| Excavadora  | Hyundai HX480SL      | CG.191-4B3  | 1                      | 2 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | 1 | 14            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |
| Camioneta   | Toyota Land Cruiser  | CG.111-411  | 1                      | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6             | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Camioneta   | KIA K2700            | CG.111-413  | 1                      | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6             | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Camioneta   | Toyota HILUX         | CG.111-414  | 1                      | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6             | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Camioneta   | Toyota HILUX         | CG.191-411  | 1                      | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6             | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Camioneta   | Toyota HILUX         | CG. J01-413 | 1                      | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 6             | No Crítico | Programado/Correctivo |
| Cargador    | Cargador VOLVO L220G | CG.311-4F3  | 1                      | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 | 13            | Crítico    | Preventivo/Predictivo |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## **Capítulo 7. Implementación del modelo de gestión de Mantenimiento**

---

Para la realización de la implementación del modelo de gestión de mantenimiento para la Mina La Chilena de Holcim se llevó acabo inicialmente como se detalla en este documento la realización de una auditoria de mantenimiento para poder conocer la situación actual del mantenimiento de los equipos móviles mineros, con esto se desarrolló un modelo de gestión de mantenimiento que ayudara a solventar las necesidades de la gerencia y el departamento de mantenimiento, dado que el principal objetivo es controlar los costos totales de mantenimiento de los equipos móviles mineros.

Con el análisis de criticidad se determinó que la perforadora y los cargadores frontales son los equipos más críticos y con estos se aplicará un plan piloto de implementación donde se utilizará un análisis de modo y efecto de falla para determinar las actividades preventivas de los dos equipos y dado el valor de la mano de obra se calcula el costo total anual que tiene la implementación del mantenimiento preventivo de cada uno de estos equipos.

### **7.1 Resultados AMEF**

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos de la metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF), donde se valorará según lo indicado en el marco teórico. De forma que, para que la metodología tenga un resultado apropiado, se hizo un grupo de trabajo con los técnicos y el preparador automotriz, donde se valoraron los diferentes criterios según la experiencia de ellos y las eventualidades que ha presentado cada equipo móvil minero.

Esta metodología se dividió en dos etapas, donde el primero consta del análisis de todo el proceso de la operación y extracción de caliza, ya que, según el criterio del grupo de

trabajo y observaciones realizadas, se evidenció que podían existir fallas donde se recomienda un análisis más exhaustivo. Los equipos que resultaron con mayor nivel prioritario dado el análisis de criticidad fueron la perforadora, y los cargadores frontales donde mediante las fallas presentadas y una investigación más profunda se incluirán en un plan de mantenimiento preventivo. Este AMEF se hizo para dos equipos: la perforadora y los cargadores frontales como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 12. Análisis de Modo y Efecto de Falla de la Perforadora Furukawa

| Equipo                           | Función  | Modo de fallo potencial                              | Efecto Potencial de Fallo                           | S | Causas/Mecanismo de Fallo Potencial                                      | O | Controles Actuales del Proceso de Detección Actuales | D | NPR | Acciones Recomendadas  |
|----------------------------------|--|--|---|---|--|---|--|---|-----|--|
| Perforadora Furukawa HCR 1200 ED | Realizar Perforaciones donde se encuentra material de alta saturación para facilitar su voladura mediante explosivos en los orificios perforados | Fugas en mangueras                                   | Perdida de caudal en el sistema hidráulico          | 7 | Fatiga, sobrepresiones o golpes  | 5 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 1 | 35  | Realizar una inspección visual diaria de las mangueras             |
|                                  |  | Fallo del sistema automático de intercambio de barra | No se puede perforar                                | 8 | Suciedad acumulada en el panel eléctrico, sensores de proximidad dañados | 3 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 5 | 120 | Limpieza de contactos y fusos del sistema eléctrico de perforación |
|                                  |  | Fallo del motor hidráulico                           | El sistema hidráulico no levanta presión de trabajo | 8 | Deterioro de los empaques del motor, fugas de aceite                     | 2 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 5 | 80  | Mantenimiento Preventivo, Análisis de Aceites                      |
|                                  |  | Falta de tensión en las                              | Desmontaje del tren de avance                       | 7 | Uso normal para desplazarse  | 2 | Revisión diaria antes de                             | 1 | 14  | Coordinar con el mecánico para ajustar la                          |

|  |  |                                    |   |   |                   |                |   |   |                     |                                      |
|--|--|------------------------------------|---|---|-------------------|----------------|---|---|---------------------|--------------------------------------|
|  |  | orugas de desplazamiento           |   |   |                   | salir a operar |   |   | tensión del sistema |                                      |
|  |  | Rotura del gorro colector de polvo | Acumulación de material en la perforación, Sobrecalentamiento de la broca | 5 | Golpes, deterioro | 7              | Revisión diaria antes de salir a operar | 8 | 280                 | Sustituir el gorro colector de polvo |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Tabla 13. Análisis de Modo y Efecto de Falla del Cargador Frontal Komatsu

| Equipo                   | Función   | Modo de fallo potencial | Efecto Potencial de Fallo                     | S | Causas/Mecanismo de Fallo Potencial  | O | Controles Actuales del Proceso de Detección Actuales | D  | NPR | Acciones Recomendadas   |
|--------------------------|---|-------------------------|---|---|--|---|--|----|-----|---|
| Cargador Frontal Komatsu | Realizar el cargue y posterior depósito de material en los volquetes para el proceso operativo. | Fugas de aceite.        | Pérdida de caudal en el sistema hidráulico    | 6 | No se realiza una inspección de las mangueras y componentes del sistema hidráulico | 8 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 8  | 384 | Inspección visual, análisis de aceites  |
|                          |   | Fallo en los pistones   | No puede levantar la carga                    | 8 | Por uso normal   | 5 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 8  | 320 | Mantenimiento Preventivo, según el Plan de Mantenimiento del equipo                           |
|                          |   | Fractura del balde      | No se puede utilizar el equipo                | 8 | Uso constante del equipo, cargue inadecuado de ciertos materiales.                 | 2 | Operador avisa cuando se da cuenta                   | 10 | 160 | Inspección visual, realizar revestimientos programados para mejorar la resistencia del balde. |
|                          |   | Desgaste en llantas     | Se desliza con facilidad lo que no permite el | 7 | Uso constante del equipo, falta de   | 6 | Operador avisa                                       | 8  | 336 | Coordinar paro del equipo, para   |

|  |  |                     |                                    |   |  |   |                                    |   |    |   |
|--|--|---------------------|------------------------------------|---|--|---|------------------------------------|---|----|---|
|  |  |                     | cargue completo del balde          |   | inspecciones de llantas  |   | cuando se da cuenta                |   |    | realizar cambio de llantas  |
|  |  | Fallo en los frenos | El cargador pierde maniobrabilidad | 7 | Desgaste de las fibras de frenos y deterioro del sistema de frenos en general. | 3 | Operador avisa cuando se da cuenta | 4 | 84 | Mantenimiento Preventivo, según el Plan de Mantenimiento del equipo |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## 7.2 Costo de los mantenimientos preventivos de los equipos

Tabla 14. Costo del mantenimiento preventivo de la perforadora

| Equipo         | Acción Proactiva  | Frecuencia |           |           | Tiempo estimado |       | Mano de obra y costo estimado |              |            |
|----------------|---|------------|-----------|-----------|-----------------|-------|-------------------------------|--------------|------------|
| Perforadora    |   | Diaria     | 250 horas | 500 horas | Minutos         | Horas | Mecánico Automotriz           |              |            |
| # Consecutivo. |   |            |           |           |                 |       | Cantidad                      | Costo hora   | Total      |
| 1              | Realizar una inspección visual diaria de las mangueras                | X          |           |           | 60              | 1     | 1                             | 3335         | €800.400   |
| 2              | Limpieza de contactos y fusos del sistema eléctrico de perforación    |            | X         |           | 120             | 2     | 1                             | 3335         | €106.720   |
| 3              | Mantenimiento Preventivo, según el manual de mantenimiento del equipo |            |           | X         | 120             | 2     | 1                             | 5000         | €80.000    |
| 4              | Coordinar con el mecánico para ajustar la tensión del sistema         |            | X         |           | 60              | 1     | 2                             | 3335         | €106.720   |
| 5              | Sustituir el gorro colector de polvo                                  |            |           | X         | 30              | 0,5   | 1                             | 3335         | €13.340    |
| 6              | Lavar o soplar la suciedad acumulada en las aletas del radiador       |            | X         |           | 180             | 3     | 1                             | 3335         | €160.080   |
|                |   |            |           |           |                 |       |                               | Total, anual | €1.267.260 |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.



Tabla 15. Costo del mantenimiento preventivo del cargador frontal

| Equipo<br>Cargador<br>Frontal<br>#<br>Consecutivo. | Acción Proactiva  | Frecuencia |           |           | Tiempo estimado |       | Mano de obra y costo estimado |                 |            |
|--|---|------------|-----------|-----------|-----------------|-------|-------------------------------|-----------------|------------|
|  |   | Diaria     | 250 horas | 500 horas | Minutos         | Horas | Mecánico Automotriz           |                 |            |
|  |   |            |           |           |                 |       | Cantidad                      | Costo<br>hora   | Total      |
| 1  | Inspección visual en busca de fugas de aceite   | X          |           | X         | 30              | 0,5   | 1                             | 5000            | €600.000   |
| 2  | Mantenimiento Preventivo de los pistones,<br>según el manual de Mantenimiento del<br>equipo |            |           | X         | 180             | 3     | 2                             | 3335            | €160.080   |
| 3  | Inspección visual del balde   | X          |           |           | 30              | 0,5   | 1                             | 3335            | €400.200   |
| 4  | Realizar cambio de llantas  |            |           |           | 240             | 4     | 2                             | 3335            | €26.680    |
| 5  | Mantenimiento Preventivo de los frenos,<br>según el manual de Mantenimiento del<br>equipo   |            |           | X         | 90              | 1,5   | 1                             | 3335            | €40.020    |
| 6  | Lavar o soplar la suciedad acumulada en las<br>aletas del radiador                          |            | X         |           | 180             | 3     | 1                             | 3335            | €160.080   |
|  |   |            |           |           |                 |       |                               | Total,<br>anual | €1.387.060 |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Añadido a esto el mantenimiento predictivo propuesto para estos equipos es el análisis de aceites, el cual la empresa Pico&Liasa presta de manera gratuita dentro de un presupuesto limitado por equipo y en tal caso se propuso realizar tomas de muestras de los aceites de motor, sistema hidráulico y de transmisión cada 2000 horas con el fin de aprovechar ese recurso que presta la empresa Pico&Liasa.

Estos equipos también tienen mantenimientos programados según el manual de operación y mantenimiento en los cuales se deben realizar cambios de aceites y filtros cada 500 y 1000 horas de uso. A continuación, se muestran las tablas con el gasto generado en filtros que son consumibles de los equipos, donde se estima que trabajan 4000 horas al año, por lo que se realizaran los cálculos para 8 mantenimientos programados de 500 horas y 4 mantenimientos programados de 1000 horas. El costo del aceite no se toma en cuenta, ya que este gasto lo asume el centro de costos de la planta de cemento y no el centro de costos de la mina por lo que no es un gasto que tomar en cuenta.

Tabla 16. Costo de los filtros de la perforadora

| <b>Perforadora Furukawa.</b> |               |              |               |
|------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>Tipo de filtro</b>        | <b>Precio</b> | <b>PM500</b> | <b>PM1000</b> |
| Filtro Aceite de Motor       | ₡7.600        | 1            | 1             |
| Combustible 1                | ₡15.600       | 1            | 1             |
| Combustible 2                | ₡29.100       | 1            | 1             |
| Filtro Aire I                | ₡28.700       | 1            | 1             |
| Filtro Aire II               | ₡20.700       | 1            | 1             |
| Filtro Aire I Compresor      | ₡29.600       | 1            | 1             |
| Filtro Aire II Compresor     | ₡15.700       | 1            | 1             |
| Filtro A/C I                 | ₡22.500       | 1            | 1             |
| Filtro Hidra. Tanque         | ₡37.800       | 0            | 1             |
|                              | Costo Anual   | ₡1.356.000   | ₡829.200      |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Tabla 17. Costo de los filtros del cargador frontal

| <b>Cargador Frontal.</b> |               |              |               |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|
| <b>Tipo de filtro</b>    | <b>Precio</b> | <b>PM500</b> | <b>PM1000</b> |
| Filtro Aceite Motor      | ¢7.500        | 1            | 1             |
| Combustible 1            | ¢5.800        | 1            | 1             |
| Combustible 2            | ¢11.800       | 1            | 1             |
| Filtro Agua              | ¢6.000        | 1            | 1             |
| Filtro Aire I            | ¢27.900       | 1            | 1             |
| Filtro Aire II           | ¢19.900       | 1            | 1             |
| Filtro A/C I             | ¢11.500       | 1            | 1             |
| Filtro A/C II            | ¢32.800       | 1            | 1             |
| Filtro Hidra. Tanque     | ¢47.800       | 0            | 1             |
| Filtro Hidra. Tanque     | ¢37.800       | 0            | 1             |
| Filtro Hidra. Transm.    | ¢8.500        | 0            | 1             |
|                          | Costo anual   | ¢985.600     | ¢869.200      |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Por lo tanto, de esta implementación se logra determinar que el costo anual entre mantenimiento programado, preventivo y predictivo de la perforadora Furukawa es de aproximadamente 3.500.000 de colones y el de un cargador frontal es de 3.250.000 colones.

Estos valores calculados representan el costo fijo de la realización del mantenimiento y se establece que es el 75% del presupuesto total, el restante 25% es el costo variable aproximado calculado para la realización de mantenimiento correctivo.

Es decir, se establece un costo total del mantenimiento de 4.500.000 de colones por máquina para establecer una relación de 75% a 25% entre los costos fijos y los costos variables del mantenimiento, ya que la suma de ambos representa los costos totales del mantenimiento de los equipos.

## **Capítulo 8. Cuadro de mando Integral**

---

### **Propuesta de diseño del cuadro de mando integral**

La siguiente propuesta de cuadro de mando integral busca realizar la evaluación de la sostenibilidad del modelo de gestión de mantenimiento propuesto para el departamento de mantenimiento, mediante sus cuatro perspectivas, evaluando su impacto en la planificación, la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo.

#### **8.1 Análisis FODA**

Mediante la evaluación del mantenimiento de la Mina La Chilena, y la realización de una lluvia de ideas se desarrolló un análisis FODA para el departamento de mantenimiento.

Con este análisis lo que se busca es que se maximicen las fortalezas, se ataquen las debilidades, se aprovechen las oportunidades y se controlen las amenazas.

En la siguiente figura se muestra la matriz elaborada para el departamento de mantenimiento de la Mina La Chilena.

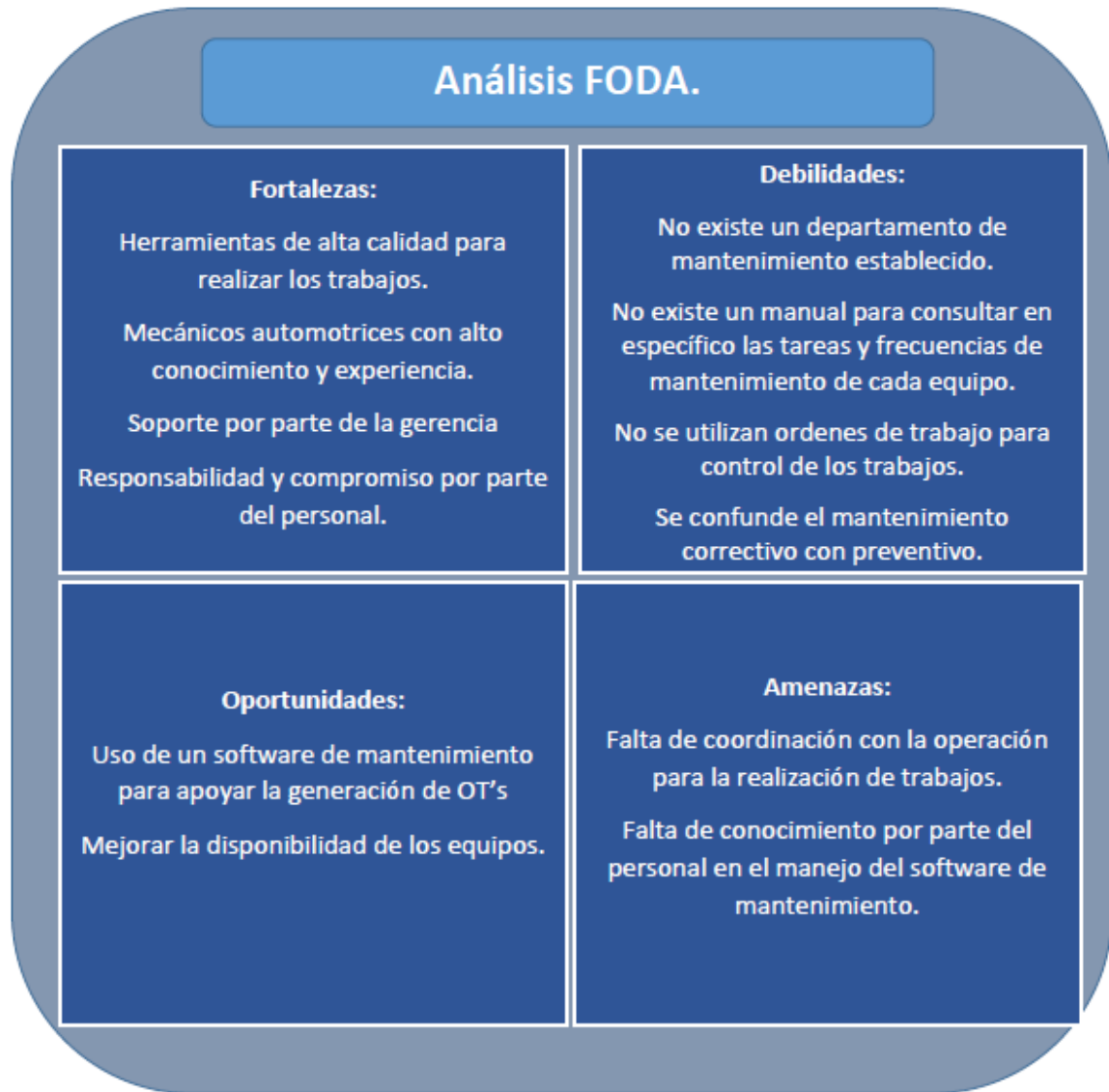


Figura 22. Análisis FODA.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Word.

## Objetivos

Para realizar el planteamiento de los objetivos estratégicos se tomó como base las metas que tiene el departamento de mantenimiento. Además, se tomó en cuenta los resultados del análisis FODA, para plantear objetivos que permitan mejorar las debilidades encontradas y fijar una ruta adecuada de trabajo para el departamento de mantenimiento.

Para esta propuesta de cuadro de mando integral se planteó dos objetivos por cada perspectiva.

## 8.2 Objetivos por perspectivas

### Perspectiva financiera

Tabla 18. Objetivos de la perspectiva Financiera

| <b>Perspectiva</b> | <b>Objetivo 1</b>  | <b>Objetivo 2</b>   |
|--------------------|--|---|
| <b>Financiera</b>  | Reducir el costo total anual del mantenimiento de los equipos móviles mineros. | Reducir el gasto en mano de obra tercerizada para mantenimiento |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Objetivo 1: *Reducir el costo total anual del mantenimiento de los equipos móviles mineros.*

Este objetivo se plantea de manera muy general, ya que con la implementación del mantenimiento preventivo se espera que se disminuya sustancialmente el mantenimiento correctivo y esto genere ahorros en el costo total anual del mantenimiento de cada equipo móvil minero.

Objetivo 2: *Reducir el gasto en mano de obra tercerizada para mantenimiento.*

Si se toma en cuenta que la mayoría de los trabajos correctivos dependen de mano de obra tercerizada, con la implementación del mantenimiento preventivo, la contratación de la mano de obra tercerizada disminuirá de manera considerable, además de tener un mejor control de estas contrataciones haciendo el análisis de cuáles son necesarias y cuáles no.

## Perspectiva cliente

Tabla 19. Objetivos de la perspectiva Cliente

| Perspectiva | Objetivo 1  | Objetivo 2                                     |
|-------------|---|--|
| Cliente     | Tener la máxima disponibilidad de equipos y consumibles para realizar los mantenimientos. | Realizar a tiempo el 90% de órdenes de trabajo |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Objetivo 1: *Tener la máxima disponibilidad de equipos y consumibles para realizar los mantenimientos.*

Para poder responder a las solicitudes de los clientes se deben tener los equipos necesarios para resolver cualquier tipo de anomalías en los equipos móviles mineros, además de los consumibles cuando se realizan los mantenimientos programados como filtros para cambios de los diferentes aceites que utilizan los equipos móviles mineros.

Objetivo 2: *Realizar a tiempo el 90% de órdenes de trabajo.*

En este momento no se lleva a cabo la utilización de órdenes de trabajo para las solicitudes de la realización de los mantenimientos, por lo que con la implementación del modelo este sería uno de los nuevos procedimientos a implementar, el cual al tener un control y documentación podría determinarse un porcentaje de cumplimiento de estas OT.

## Perspectiva procesos internos

Tabla 20. Objetivos de la perspectiva de Procesos Internos

| Perspectiva              | Objetivo 1   | Objetivo 2  |
|--------------------------|--|---|
| <b>Procesos Internos</b> | Realizar la programación de los mantenimientos de manera que estos se cumplan al 100% sin la afectación de la operación. | Establecer una proporción de 75% trabajos preventivos a 25 % de trabajos correctivos. |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

*Objetivo 1: Realizar la programación de los mantenimientos de manera que estos se cumplan al 100% sin la afectación de la operación.*

Dado el modelo de gestión planteado, esta planeación se hace en conjunto con el departamento de desarrollo y planeación de la operación minera, para así poder realizar la programación de los mantenimientos, sin interrumpir o causar disminución en la producción.

*Objetivo 2: Establecer una proporción de 75% trabajos preventivos a 25 % de trabajos correctivos.*

Actualmente se realiza en mayor proporción mantenimiento correctivo, razón por la cual se plantea este objetivo, ya que, con la implementación del mantenimiento preventivo, haría que el mantenimiento correctivo disminuya y dado un plazo se puede establecer que se ha llegado a la proporción deseada.



## Perspectiva desarrollo y aprendizaje

Tabla 21. Objetivos de la perspectiva desarrollo y aprendizaje

| Perspectiva                     | Objetivo 1   | Objetivo 2   |
|---------------------------------|--|--|
| <b>Desarrollo y Aprendizaje</b> | Mejorar los incentivos y motivación de los colaboradores del área de mantenimiento | Aumentar el sentido de pertenencia a la empresa mediante capacitaciones que mejoren su aprendizaje sobre su trabajo. |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Objetivo 1: *Mejorar los incentivos y motivación de los colaboradores del área de mantenimiento.*

El taller actualmente se encuentra en crecimiento, por lo que hacer mejoras que faciliten las condiciones de los colaboradores hará que estos tengan una mejor motivación para realizar los trabajos y a la vez es un incentivo que se tomen en cuenta sus opiniones en la realización de estas mejoras.

Objetivo 2: *Aumentar el sentido de pertenencia a la empresa mediante capacitaciones que mejoren su aprendizaje sobre su trabajo.*

Cuando la empresa mejora las habilidades técnicas y educativas de su personal es porque le preocupan las personas y esto es una de las mejores formas de crear vínculos que permitan que sus trabajadores adquieran un sentido de pertenencia, lo cual hace que realicen su trabajo de una mejor manera.

### **8.3 Mapa estratégico**

El mapa estratégico se realiza mediante las relaciones de causa-efecto, obtenidas de los objetivos ya debidamente establecidos en su correspondiente perspectiva. Este proceso se realiza desde los objetivos de la última perspectiva y se van definiendo las relaciones que establece con los objetivos de las otras perspectivas, subiendo secuencialmente hasta llegar a la perspectiva financiera, donde se encuentra la meta final del cuadro de mando integral.

El mapa estratégico se dividirá por perspectivas, donde se enlazarán con flechas los objetivos de una perspectiva a otra.

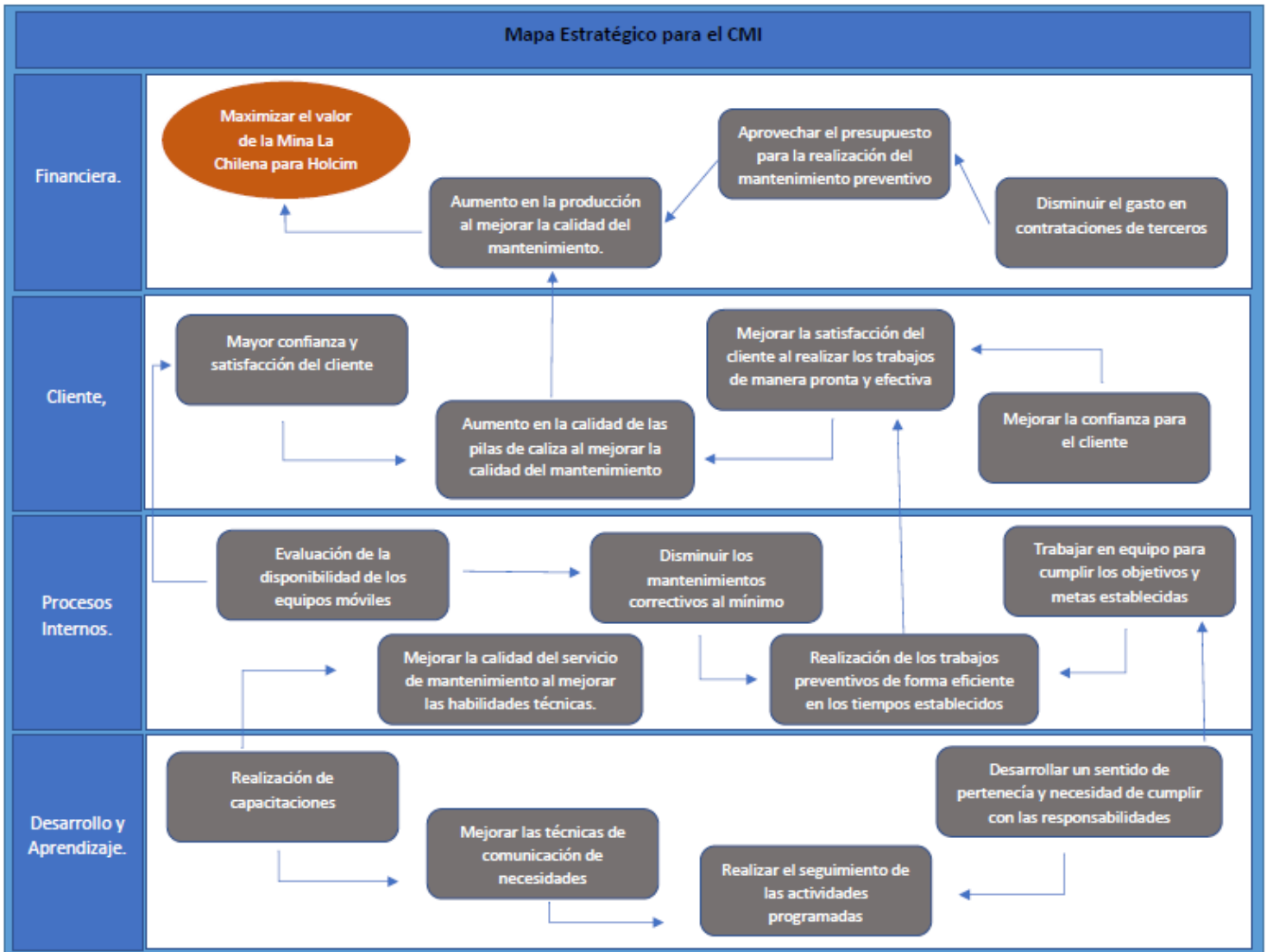


Figura 23. Mapa estratégico del CMI.

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Word.

#### 8.4 Determinación de los indicadores

Los indicadores se establecen después de analizar cada uno de los objetivos planteados, para asegurar que el funcionamiento será el adecuado y definir si el indicador

está sujeto a variabilidad y como serán las formas en las que se obtengan los datos de cada indicador.

### Perspectiva financiera

Tabla 22. Indicadores de la perspectiva Financiera

| Perspectiva | Objetivo   | Indicador                                    |
|-------------|--|--|
| Financiera  | Reducir el costo total anual del mantenimiento de los equipos móviles mineros. | Costo de Mantenimiento Preventivo/Predictivo |
|             |  | Costo de Mantenimiento Correctivo            |
|             | Reducir el gasto en mano de obra tercerizada para mantenimiento                | Efectividad en los trabajos solicitados      |
|             |  | Índice de Mantenimiento Tercerizado          |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Costo de mantenimiento preventivo/predictivo: este indicador consiste en el control y documentación del costo del mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos móviles mineros. Este indicador se debe medir mensualmente y dada una cantidad de meses se debe establecer un valor promedio aceptable.

Costo de mantenimiento correctivo: este indicador consiste en el control y documentación del costo del mantenimiento correctivo de los equipos móviles mineros. Este indicador se debe medir mensualmente y dada una cantidad de meses se debe establecer un valor promedio aceptable.

Efectividad en los trabajos solicitados: este indicador consiste en la capacidad del personal fijo de mantenimiento en cumplir con los trabajos solicitados eventualmente durante la jornada normal de trabajo, sin la necesidad de llamar un auxiliar.

$$\text{Efectividad en los trabajos solicitados} = \frac{\text{Horas invertidas en eventualidades}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100$$

Ecuación 1. Efectividad en los trabajos solicitados.

Índice de mantenimiento tercerizado: este indicador consiste en la relación entre los gastos totales de mano de obra externa entre el costo total del mantenimiento, durante un periodo.

Este indicador es de medición mensual.

$$CRPP = \frac{\text{Servicios de terceros}}{\text{Costo de mantenimiento total}} \times 100$$

Ecuación 2. Servicios tercerizados.

### Perspectiva cliente

Tabla 23. Indicadores de la perspectiva cliente

| Perspectiva | Objetivo  | Indicador  |
|-------------|---|--|
| Cliente     | Tener la máxima disponibilidad de equipos y consumibles para realizar los mantenimientos. | Disponibilidad total                                 |
|             |   | Porcentaje de consumo de materiales en mantenimiento |
|             | Realizar a tiempo el 90% de órdenes de trabajo  | Planificación del trabajo                            |
|             |   | Desviación media de la planificación                 |

Disponibilidad total: este indicador se puede describir como una función que permite establecer en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Ecuación 3. Disponibilidad.

Una vez calculada la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética para obtener la disponibilidad total, en este caso de la Mina.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significativos}}$$

Ecuación 4. Disponibilidad total.

Para este indicador se propone realizar una medición semanal.

Porcentaje de consumo de materiales en mantenimiento: este indicador tiene como fin medir el consumo de material en actividades propias de mantenimiento en relación con el consumo total de materiales. Se considera útil cuando se está tratando de optimizar el coste de materiales y el gasto en mantenimiento.

*% consumo de materiales en mantenimiento*

$$= \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

Ecuación 5. Porcentaje de consumo de materiales en mantenimiento

Planificación del trabajo: este indicador es la relación entre la cantidad de trabajo solicitados por el cliente y que planifican en un cronograma para ser ejecutados.

$$\text{Trabajos planificados} = \frac{\text{Trabajos en cronograma}}{\text{Trabajos solicitados}} \times 100$$

Ecuación 6. Trabajos Planificados

Desviación media de la planificación: este indicador es el cociente de dividir la suma de horas de desviación sobre el tiempo planificado entre el número total de órdenes de trabajo.

$$\text{Desviación media planificación} = \frac{\sum \text{Horas de desviación}}{\text{N}^\circ \text{ total de ordenes de trabajo}}$$

Ecuación 7. Desviación media en la planificación

**Perspectiva Procesos Internos**

Tabla 24. Indicadores de la perspectiva Procesos Internos

| Perspectiva              | Objetivo   | Indicador                                     |
|--------------------------|--|---|
| <b>Procesos Internos</b> | Realizar la programación de los mantenimientos de manera que estos se cumplan al 100% sin la afectación de la operación. | Índice de cumplimiento de la planificación    |
|                          |  | Horas utilizadas para planificar los trabajos |
|                          | Establecer una proporción de 75% trabajos preventivos a 25 % de trabajos correctivos.                                    | Índice de Mantenimiento Preventivo/Predictivo |
|                          |  | Índice de Mantenimiento Correctivo            |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Índice de cumplimiento de la planificación: este indicador es la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes. Este indicador tiene como fin medir el grado de acierto de planificación.

*Índice de cumplimiento de la planificación*

$$= \frac{N^{\circ} \text{ ordenes acabadas en la fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ de ordenes totales.}}$$

Ecuación 8. Índice de cumplimiento de la planificación

Horas utilizadas para planificar los trabajos: este indicador es la proporción de tiempo que se le dedica a la planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, donde no se debe incluir el tiempo de planificación del mantenimiento preventivo, con respecto al tiempo laboral del planificador de los trabajos.

$$\text{Planificación de trabajo} = \frac{\text{Horas para planificación de trabajos}}{\text{Horas laborales totales}} \times 100$$

Ecuación 9. Planificación de trabajo.

Índice de mantenimiento preventivo/predictivo: este indicador es el porcentaje de horas invertidas en la realización del mantenimiento preventivo y predictivo sobre las horas totales dedicadas al mantenimiento.

$$IMPV = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento preventivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Ecuación 10. Índice de mantenimiento preventivo

Índice de mantenimiento correctivo: este indicador es el porcentaje de horas invertidas en la realización del mantenimiento correctivo sobre las horas totales dedicadas al mantenimiento.

$$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$$

Ecuación 11. Índice de mantenimiento correctivo

## Perspectiva desarrollo y aprendizaje

Tabla 25. Indicadores de la perspectiva Desarrollo y Aprendizaje

| Perspectiva                     | Objetivo   | Indicador  |
|---------------------------------|--|--|
| <b>Desarrollo y Aprendizaje</b> | Mejorar los incentivos y motivación de los colaboradores del área de mantenimiento | Mejoramiento de las condiciones del área de trabajo      |
|                                 |  | Retroalimentación sobre la satisfacción de los empleados |
|                                 | Aumentar el sentido de pertenencia a la empresa mediante capacitaciones que        | Capacitaciones laborales                                 |



|  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
|  | mejoren su aprendizaje sobre su trabajo. | Desarrollo de nuevas habilidades |
|--|--|----------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

Mejoramiento de las condiciones del área de trabajo: este indicador se medirá mediante la cantidad de acciones o proyectos que se propongan y se ejecuten con el fin de mejorar las condiciones del área de trabajo (taller) del departamento de mantenimiento.

Retroalimentación sobre la satisfacción de los empleados: este indicador se medirá mediante encuestas con las cuales se podrá determinar el nivel de satisfacción que tienen los empleados respecto a su entorno y labores dentro del departamento de mantenimiento.

Capacitaciones laborales: este indicador tiene como fin medir la cantidad de horas dedicadas al año en formación sobre el número de horas de trabajo final.

$$\% \text{ de horas de formación} = \frac{\text{Horas dedicadas a formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$$

Ecuación 12. Porcentaje de horas de formación.

Desarrollo de nuevas habilidades: este indicador busca medir el nivel de las habilidades de los colaboradores y si estos se han desarrollado sus habilidades mediante las capacitaciones que le ofrece la empresa. La forma de medición es mediante encuesta evaluativas de sus habilidades adquiridas.

## 8.5 Tabla resumen del CMI

A continuación, se muestra la tabla resumen del cuadro de mando integral en la cual están los objetivos con sus correspondientes indicadores, descripción, frecuencia de medición y la ecuación correspondiente de los indicadores, sí aplica.

En esta tabla no se establecen responsables de cada indicador, debido a que esta información la manejará la gerencia de la mina y es el responsable de todos los indicadores.

También establece un valor promedio meta, ya que al no haber datos anteriores se propusieron valores que conforme se vayan dando resultados irán variando y se podrá establecer un valor en concreto.

Tabla 26. Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral

| Perspectiva | Objetivo  | Indicador  | Descripción   | Fuente de la información                       | Ecuación   | Frecuencia | Valor Meta |
|-------------|---|--|---|--|--|------------|------------|
| Financiera  | Reducir el costo total anual del mantenimiento de los equipos móviles mineros.            | Costo de Mantenimiento Preventivo/Predictivo         | Este indicador consiste en el control y documentación del costo del mantenimiento preventivo y predictivo   | Balance de gastos mensual                      | Suma de todos los gastos en mantenimiento preventivo y predictivo  | Mensual    | En proceso |
|             |   | Costo de Mantenimiento Correctivo                    | Este indicador consiste en el control y documentación del costo del mantenimiento correctivo  | Balance de gastos mensual                      | Suma de todos los gastos en mantenimiento correctivo   | Mensual    | En proceso |
|             | Reducir el gasto en mano de obra tercerizada para mantenimiento                           | Efectividad en los trabajos solicitados              | Este indicador consiste en la capacidad del personal fijo de mantenimiento en cumplir con los trabajos solicitados eventualmente durante la jornada normal de trabajo   | Horas registradas en el sistema de información | $\text{Efectividad en los trabajos solicitados} = \frac{\text{Horas invertidas en eventualidades}}{\text{Horas totales de trabajo}} \times 100$                  | Mensual    | 80%        |
|             |   | Índice de Mantenimiento Tercerizado                  | Este indicador consiste en la relación entre los gastos totales de mano de obra externa entre el costo total del mantenimiento, durante un periodo.   | Cotización de la tercerización                 | $IMTerc = \frac{\text{Servicios de terceros}}{\text{Costo de mantenimiento total}} \times 100$   | Mensual    | 10%        |
| Cliente     | Tener la máxima disponibilidad de equipos y consumibles para realizar los mantenimientos. | Disponibilidad total                                 | Este indicador se puede describir como una función que permite establecer en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. | Cálculo matemático                             | $\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significativos}}$                    | Semanal    | 90%        |
|             |   | Porcentaje de consumo de materiales en mantenimiento | Este indicador tiene como fin medir el consumo de material en actividades propias de mantenimiento en relación con el consumo total de materiales   | Sistema de información del almacén             | $\% \text{ consumo de materiales en mantenimiento} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$ | Mensual    | 50%        |

|                          |  |   |  |  |  |         |     |
|--------------------------|--|---|--|--|--|---------|-----|
|                          | Realizar a tiempo el 90% de órdenes de trabajo   | Planificación del trabajo                     | Este indicador es la relación entre la cantidad de trabajo solicitados por el cliente y que planifican en un cronograma para ser ejecutados.   | Sistema de información                             | $\text{Trabajos planificados} = \frac{\text{Trabajos en cronograma}}{\text{Trabajos solicitados}} \times 100$  | Semanal | 85% |
|                          |  | Desviación media de la planificación          | Este indicador es el cociente de dividir la suma de horas de desviación sobre el tiempo planificado entre el número total de órdenes de trabajo  | Sistema de información                             | $\text{Desviación media planificación} = \frac{\sum \text{Horas de desviación}}{\text{N}^\circ \text{ total de ordenes de trabajo}}$                                     | Semanal | 15% |
| <b>Procesos Internos</b> | Realizar la programación de los mantenimientos de manera que estos se cumplan al 100% sin la afectación de la operación. | Índice de cumplimiento de la planificación    | Es la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes.  | Sistema de información                             | $\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ ordenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{N}^\circ \text{ de ordenes totales.}}$ | Semanal | 95% |
|                          |  | Horas utilizadas para planificar los trabajos | Es la proporción de tiempo que se le dedica a la planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, donde no se debe incluir el tiempo de planificación del mantenimiento preventivo, con respecto al tiempo laboral del planificador de los trabajos. | Registro de horas utilizadas para la planificación | $\text{Planificación de trabajo} = \frac{\text{Horas para planificación de trabajos}}{\text{Horas laborales totales}} \times 100$  | Semanal | 25% |
|                          | Establecer una proporción de 75% trabajos preventivos a 25% de trabajos correctivos.                                     | Índice de Mantenimiento Preventivo/Predictivo | Este indicador es el porcentaje de horas invertidas en la realización del mantenimiento preventivo y predictivo sobre las horas totales dedicadas al mantenimiento.  | Horas registradas en el sistema de información     | $\text{IMPV} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento preventivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$   | Mensual | 75% |
|                          |  | Índice de Mantenimiento Correctivo            | Este indicador es el porcentaje de horas invertidas en la realización del mantenimiento correctivo sobre las horas totales dedicadas al mantenimiento.   | Horas registradas en el sistema de información     | $\text{IMC} = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$  | Mensual | 25% |

|                          |  |  |  |  |   |           |            |
|--------------------------|--|--|--|--|---|-----------|------------|
| Desarrollo y Aprendizaje | Mejorar los incentivos y motivación de los colaboradores del área de mantenimiento                                   | Mejoramiento de las condiciones del área de trabajo      | Este indicador se medirá mediante la cantidad de acciones o proyectos que se propongan y se ejecuten con el fin de mejorar las condiciones del área de trabajo (taller) del departamento de mantenimiento.   | Acciones o proyectos de mejora.                | Cantidad de acciones o proyectos que se propongan   | Semestral | En proceso |
|                          |  | Retroalimentación sobre la satisfacción de los empleados | Este indicador se medirá mediante encuestas con las cuales se podrá determinar el nivel de satisfacción que tienen los empleados respecto a su entorno y labores dentro del departamento de mantenimiento.   | Encuestas                                      |   | Semestral | En proceso |
|                          | Aumentar el sentido de pertenencia a la empresa mediante capacitaciones que mejoren su aprendizaje sobre su trabajo. | Capacitaciones laborales                                 | Este indicador tiene como fin medir la cantidad de horas dedicadas al año en formación sobre el número de horas de trabajo final.  | Horas registradas en el sistema de información | $\% \text{ de horas de formación} = \frac{\text{Horas dedicadas a formación}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$ | Semestral | 15%        |
|                          |  | Desarrollo de nuevas habilidades                         | Este es indicador que busca medir el nivel de las habilidades de los colaboradores y si estos se han desarrollado sus habilidades mediante las capacitaciones que le ofrece la empresa. La forma de medición es mediante encuesta evaluativas de sus habilidades adquiridas. | Encuestas                                      |   | Anual     | En proceso |

Fuente: Elaboración Propia, Microsoft Excel.

## Capítulo 8. Conclusiones

---

### Conclusiones

- Se estableció mediante la aplicación de una auditoria de mantenimiento el grado de alineamiento entre lo que hace el Departamento de Mantenimiento y el plan estratégico de la organización.
- Se desarrolló la propuesta del modelo con sus estrategias tácticas y técnicas del mantenimiento que se adecuaron al plan estratégico de la organización y evaluara el impacto de cada una de ellas para el negocio.
- Se determinó mediante un análisis de criticidad la selección de los equipos críticos para la implementación del plan piloto que permitiera la validación del modelo de acuerdo con los lineamientos de gestión que establece la empresa.
- Se definió como evaluar la sostenibilidad del modelo por medio de la elaboración de un Cuadro de Mando Integral, a través de sus cuatro perspectivas estableciendo dos objetivos por cada perspectiva.

## Referencias bibliográficas



- 1.** Holcim (2020). *Proceso para la producción de cemento LafargeHolcim*.
- 2.** Ávila, E. (2010). "La llamada pequeña minería en África: un renovado enfoque empresarial". CEPAL: División Recursos Naturales e Infraestructura.
- 3.** Baracyetse P. (2012). "La apuesta geopolítica de las transnacionales mineras en el Congo" Alternativas Sur.
- 4.** Brötz H. (2011) "Desafíos y propuestas de acción en la minería europea" Miseror
- 5.** Chicaiza G. (2014). "Explotación minera en China".
- 6.** Friess S (2011) "Minería Alemana y las necesidades socioeconómicas" Misereor.
- 7.** García, S. (2003). "Organización y gestión integral del mantenimiento" Diaz de Santos.
- 8.** Gómez, J. (2017). "propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento utilizando el sistema sap para los equipos de chancado, molienda, flotación, filtrado y relaves de planta de beneficio de una empresa minero-metalúrgica. caso empresa minera ares".
- 9.** Klimasauskas R. (2005) "Mantenimiento en minería" Universidad Nacional de la Plata.
- 10.** Meller P; Gana J.2015 "El desarrollo de proveedores mineros en Australia" Cieplan.
- 11.** Moubray, J (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad*.
- 12.** Ramírez M; Rojas L; Yépez S (2019). *Evolución del Mantenimiento hasta la actual Industria 4.0*.
- 13.** Tavares, L. (2000) "Administración moderna de mantenimiento" Novo Polo.
- 14.** Tolentino J. (2014) "Gestión económica del mantenimiento".
- 15.** Vidal, J. (2004). *Establecimiento de rutinas de mantenimiento preventivo para el proyecto de ampliación de la planta. sistema de control eléctrico-neumático para mejorar el proceso de envase del concremix y pegamix en el edificio de complementarios*.
- 16.** Wireman, T (1998). *Desarrollo de indicadores de desempeño para Administración de mantenimiento*.
- 17.** Alvear. C, López M, Pindo. J, Proaño. G (2011). *Diseño y análisis económico de la explotación a cielo abierto de un yacimiento de caliza*.
- 18.** Bilim. N, Çelik. A, Kekeç. B (2017). *A study in cost analysis of aggregate production as depending on drilling and blasting design*.

- 19.** Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigmas*. Mexico.D.F: Mc Graw Hill.
- 20.** Chiavenato, I (2006). *Innovaciones de la Administración* Mc Graw Hill.
- 21.** Carlson, W., & Chrysler, D. (2001). *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales*. Alemania: DaimlerChrysler Corporation.
- 22.** Piedra, C. (2016). *Historia del Mantenimiento Tecnológico* de Costa Rica.



## Anexos

### Anexo 1. Fichas técnicas de los equipos móviles Mineros

| Ficha Técnica de Equipo Minero   |                        |                      |            |           |                 |       |  |   |  |
|--|------------------------|----------------------|------------|-----------|-----------------|-------|---|---|--|
| Realizado por  | Antonio Solano Alvarez | Fecha                | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |       |   | <b>Características Técnicas :</b><br><b>Motor</b><br>Potencia Total 386 kW/518hp<br>Potencia Efectiva 3761, kW/497hp<br>Cilindrada 15.2 l<br>Aspiración Turboalimentación<br>Número de cilindros 6<br><b>Transmisión</b><br>Tipo de transmisión Automática de engranaje planetario<br>Número de marchas adelante 7<br>Número de marchas atrás 1<br>Velocidad máxima 70km/h<br><b>Góndola de carga</b><br>Carga útil nominal 40823.3 kg<br>Capacidad de carga al ras del borde 20 m3<br>Capacidad de carga sobre el borde 27 m3<br>Ángulo de descarga 48 grados<br><b>Fluidos</b><br>Volumen de combustible 484 litros<br>Volumen de aceite de motor 50 litros<br>Volumen de la transmisión diferencial 75 litros<br>Volumen del fluido del sistema hidráulico 129 litros<br><b>Ruedas</b><br>Tipo de llantas 18 R 33<br>Cantidad de llantas 6 |  |
| Equipo   | Volquete               | Código de inventario | 10155819   |           |                 |       |   |   |  |
| Modelo   | HD405-7                | Código de ubicación  | CG.191-4K1 |           |                 |       |   |   |  |
| Marca  | Komatsu                | Sección              | Transporte |           |                 |       |   |   |  |
| Fabricante   | Komatsu                | Modelo del motor     | SAA6D140E  |           |                 |       |   |   |  |
| Dimensiones  |                        |                      |            |           |                 |       |   |   |  |
| Peso   | 34,1 Ton               | Altura               | 4,8 m      | Ancho     | 4,3 m           | Largo | 8,8 m   |   |  |
| Foto del equipo  |                        |                      |            |           |                 |       |   |   |  |
|   |                        |                      |            |           |                 |       |   |   |  |
| Frecuencias de mantenimiento   |                        |                      |            |           |                 |       | Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso                                       |   |  |
| <b>Función del equipo:</b> Realizar el transporte de material (Caliza, estériles, puzolana o vidrio) desde el banco de explotación hasta el quebrador primario |                        |                      |            |           |                 |       |   |   |  |

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

### Características Técnicas :

|            |          |                      |            |
|------------|----------|----------------------|------------|
| Equipo     | Volquete | Código de inventario | 10155820   |
| Modelo     | HD405-7  | Código de ubicación  | CG.191-4K2 |
| Marca      | Komatsu  | Sección              | Transporte |
| Fabricante | Komatsu  | Modelo del motor     | SAAGD140E  |

| Motor               |                   |
|---------------------|-------------------|
| Potencia Total      | 386 kW/518hp      |
| Potencia Efectiva   | 3761,kW/497hp     |
| Cilindrada          | 15.2 l            |
| Aspiración          | Turboalimentación |
| Número de cilindros | 6                 |

| Dimensiones |          |        |       |       |       |       |       |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso        | 34,1 Ton | Altura | 4,8 m | Ancho | 4,3 m | Largo | 8,8 m |

| Transmisión                |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de transmisión        | Automática de engranaje planetario |
| Número de marchas adelante | 7                                  |
| Número de marchas atrás    | 1                                  |
| Velocidad máxima           | 70km/h                             |

### Foto del equipo



| Góndola de carga                    |            |
|-------------------------------------|------------|
| Carga útil nominal                  | 40823.3 kg |
| Capacidad de carga al ras del borde | 20 m3      |
| Capacidad de carga sobre el borde   | 27 m3      |
| Ángulo de descarga                  | 48 grados  |

| Fluidos                                   |            |
|---|------------|
| Volumen de combustible                    | 484 litros |
| Volumen de aceite de motor                | 50 litros  |
| Volumen de la transmisión diferencial     | 75 litros  |
| Volumen del fluido del sistema hidráulico | 129 litros |

| Ruedas              |         |
|---------------------|---------|
| Tipo de llantas     | 18 R 33 |
| Cantidad de llantas | 6       |

**Función del equipo:** Realizar el transporte de material (Caliza, estériles, puzolana o vidrio) desde el banco de explotación hasta el quebrador primario

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Frecuencias de mantenimiento | Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso |
|------------------------------|---|

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |          |                      |            |
|------------|----------|----------------------|------------|
| Equipo     | Volquete | Código de inventario | 10155822   |
| Modelo     | HD405-7  | Código de ubicación  | CG.191-4K3 |
| Marca      | Komatsu  | Sección              | Transporte |
| Fabricante | Komatsu  | Modelo del motor     | SAA6D140E  |

| Dimensiones |          |        |       |       |       |       |       |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso        | 34,1 Ton | Altura | 4,8 m | Ancho | 4,3 m | Largo | 8,8 m |

Foto del equipo



Frecuencias de mantenimiento

Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso

### Características Técnicas :

#### Motor

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Potencia Total      | 386 kW/518hp      |
| Potencia Efectiva   | 3761,kW/497hp     |
| Cilindrada          | 15.2 l            |
| Aspiración          | Turboalimentación |
| Número de cilindros | 6                 |

#### Transmisión

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de transmisión        | Automática de engranaje planetario |
| Número de marchas adelante | 7                                  |
| Número de marchas atrás    | 1                                  |
| Velocidad máxima           | 70km/h                             |

#### Góndola de carga

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Carga útil nominal                  | 40823.3 kg |
| Capacidad de carga al ras del borde | 20 m3      |
| Capacidad de carga sobre el borde   | 27 m3      |
| Ángulo de descarga                  | 48 grados  |

#### Fluidos

|   |            |
|---|------------|
| Volumen de combustible                    | 484 litros |
| Volumen de aceite de motor                | 50 litros  |
| Volumen de la transmisión diferencial     | 75 litros  |
| Volumen del fluido del sistema hidráulico | 129 litros |

#### Ruedas

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Tipo de llantas     | 18 R 33 |
| Cantidad de llantas | 6       |

**Función del equipo:** Realizar el transporte de material (Caliza, estériles, puzolana o vidrio) desde el banco de explotación hasta el quebrador primario

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |          |                      |            |
|------------|----------|----------------------|------------|
| Equipo     | Volquete | Código de inventario | 10155821   |
| Modelo     | HD405-7  | Código de ubicación  | CG.191-4K6 |
| Marca      | Komatsu  | Sección              | Transporte |
| Fabricante | Komatsu  | Modelo del motor     | SAA6D140E  |

| Dimensiones |          |        |       |       |       |       |       |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso        | 34,1 Ton | Altura | 4,8 m | Ancho | 4,3 m | Largo | 8,8 m |

Foto del equipo



Frecuencias de mantenimiento

Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso

### Características Técnicas :

#### Motor

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Potencia Total      | 386 kW/518hp      |
| Potencia Efectiva   | 3761,kW/497hp     |
| Cilindrada          | 15.2 l            |
| Aspiración          | Turboalimentación |
| Número de cilindros | 6                 |

#### Transmisión

|                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| Tipo de transmisión        | Automática de engranaje planetario |
| Número de marchas adelante | 7                                  |
| Número de marchas atrás    | 1                                  |
| Velocidad máxima           | 70km/h                             |

#### Góndola de carga

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Carga útil nominal                  | 40823.3 kg |
| Capacidad de carga al ras del borde | 20 m3      |
| Capacidad de carga sobre el borde   | 27 m3      |
| Ángulo de descarga                  | 48 grados  |

#### Fluidos

|   |            |
|---|------------|
| Volumen de combustible                    | 484 litros |
| Volumen de aceite de motor                | 50 litros  |
| Volumen de la transmisión diferencial     | 75 litros  |
| Volumen del fluido del sistema hidráulico | 129 litros |

#### Ruedas

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Tipo de llantas     | 18 R 33 |
| Cantidad de llantas | 6       |

**Función del equipo:** Realizar el transporte de material (Caliza, estériles, puzolana o vidrio) desde el banco de explotación hasta el quebrador primario

| Ficha Técnica de Equipo Minero  |                            |                      |                  |           |                   |                  |  |                                       |                   |
|---|----------------------------|----------------------|------------------|-----------|-------------------|------------------|---|---------------------------------------|-------------------|
| Realizado por   | Antonio Solano Alvarez     | Fecha                | 30/10/2020       | Ubicación | Mina La Chilena   |                  |   | <b>Características Técnicas :</b>     |                   |
| Equipo  | Cargador Frontal de Ruedas | Código de inventario | 10155818         |           | <b>Motor</b>      |                  |   |                                       |                   |
| Modelo  | WA600-6                    | Código de ubicación  | CG.191-4F1       |           | Potencia total    | 396kW @ 1800 rpm |   |                                       |                   |
| Marca   | Komatsu                    | Sección              | Cargue de Caliza |           | Potencia efectiva | 393kW @ 1800 rpm |   |                                       |                   |
| Fabricante  | Komatsu                    | Modelo del motor     | SAA6D170E-5      |           | Cilindraje        | 23.2 l           |   |                                       |                   |
| <b>Dimensiones</b>  |                            |                      |                  |           |                   |                  | Número de cilindros   | 6                                     |                   |
| Peso  | 53.9 Ton                   | Altura               | 4.46 m           | Ancho     | 3.685 m           | Largo            | 11.87 m   | Aspiración                            | Turboalimentación |
| <b>Foto del equipo</b>  |                            |                      |                  |           |                   |                  | <b>Transmisión</b>  |                                       |                   |
|  |                            |                      |                  |           |                   |                  | Tipo de transmisión   | Cambio de velocidades tipo planetario |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Número de marchas hacia adelante  | 4                                     |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Número de marchas hacia atrás   | 4                                     |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Velocidad máxima hacia adelante   | 33.8 km/h                             |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Velocidad máxima hacia atrás  | 37 km/h                               |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | <b>Sistema Hidráulico</b>   |                                       |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Presión de la válvula de regulación   | 34.34 Mpa                             |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Capacidad de la bomba   | 239 l/min                             |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Tipo de bomba   | Tipo émbolo, doble efecto             |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Tiempo de elevación   | 9.3 seg                               |                   |
| Tiempo de descarga  | 2.3 seg                    |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Tiempo de bajada  | 4.1 seg                    |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| <b>Pala</b>   |                            |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Fuerza de arranque  | 378 kN                     |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Ancho de la pala  | 3685 mm                    |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Capacidad de pala colmada   | 7 m3                       |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Capacidad de la pala al ras   | 5.8 m3                     |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| <b>Fluidos</b>  |                            |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen de combustible  | 718 litros                 |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen fluido hidraulico   | 443 litros                 |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen aceite de motor   | 86 litros                  |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen de refrigerante   | 147 litros                 |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen eje delantero/diferencial   | 155 litros                 |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Volumen eje del trasero/diferencial   | 155 litros                 |                      |                  |           |                   |                  |   |                                       |                   |
| Frecuencias de mantenimiento  |                            |                      |                  |           |                   |                  | Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso                                       |                                       |                   |
|   |                            |                      |                  |           |                   |                  | Función del equipo: Movilización y cargue de material para cargar los volquetes.    |                                       |                   |

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |                            |                      |                  |
|------------|----------------------------|----------------------|------------------|
| Equipo     | Cargador Frontal de Ruedas | Código de inventario | 10155815         |
| Modelo     | WA500-6                    | Código de ubicación  | CG.311-4F2       |
| Marca      | Komatsu                    | Sección              | Cargue de Caliza |
| Fabricante | Komatsu                    | Modelo del motor     | SAA6D140E-5      |

| Dimensiones |          |        |       |       |       |       |      |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso        | 32.5 Ton | Altura | 3.8 m | Ancho | 3.4 m | Largo | 10 m |

Foto del equipo



Frecuencias de mantenimiento

Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso

### Características Técnicas :

#### Motor

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| Potencia total      | 266kW @ 1900 rpm  |
| Potencia efectiva   | 263kW @ 1900 rpm  |
| Cilindraje          | 15.2 l            |
| Número de cilindros | 6                 |
| Aspiración          | Turboalimentación |

#### Transmisión

|                                  |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Tipo de transmisión              | Cambio de velocidades tipo planetario |
| Número de marchas hacia adelante | 4                                     |
| Número de marchas hacia atrás    | 4                                     |
| Velocidad máxima hacia adelante  | 34.9 km/h                             |
| Velocidad máxima hacia atrás     | 37.5 km/h                             |

#### Sistema Hidráulico

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Presión de la válvula de regulación | 34.34 Mpa                 |
| Capacidad de la bomba               | 212 l/min                 |
| Tipo de bomba                       | Tipo émbolo, doble efecto |
| Tiempo de elevación                 | 7.2 seg                   |
| Tiempo de descarga                  | 1.7 seg                   |
| Tiempo de bajada                    | 4.2 seg                   |

#### Pala

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Fuerza de arranque          | 245 kN  |
| Ancho de la pala            | 3400 mm |
| Capacidad de pala colmada   | 6.5 m3  |
| Capacidad de la pala al ras | 5.6 m3  |

#### Fluidos

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| Volumen de combustible              | 473 litros |
| Volumen fluido hidraulico           | 337 litros |
| Volumen aceite de motor             | 45 litros  |
| Volumen de refrigerante             | 120 litros |
| Volumen eje delantero/diferencial   | 87 litros  |
| Volumen eje del trasero/diferencial | 81 litros  |

Función del equipo: Movilización y cargue de material para cargar los volquetes.

| Ficha Técnica de Equipo Minero  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |  |  |
|---|---------------------------------------|--------|----------------------|------------------|-----------------|-------|--------|---|--|
| Realizado por   | Antonio Solano Alvarez                | Fecha  | 30/10/2020           | Ubicación        | Mina La Chilena |       |        |   |  |
| Equipo  | Cargador Frontal de Ruedas            |        | Código de inventario | 10155535         |                 |       |        |   |  |
| Modelo  | L220-G                                |        | Código de ubicación  | CG.311-4F3       |                 |       |        |   |  |
| Marca   | Volvo                                 |        | Sección              | Cargue de Caliza |                 |       |        |   |  |
| Fabricante  | Volvo                                 |        | Modelo del motor     | D13H-E           |                 |       |        |   |  |
| Dimensiones   |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Peso  | 31,6 Ton                              | Altura | 3,17 m               | Ancho            | 3,7 m           | Largo | 9.34 m |   |  |
| Foto del equipo   |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
|  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Frecuencias de mantenimiento  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso                                       |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Características Técnicas :  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Motor   |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Potencia total  | 274kW @ 1300 rpm                      |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Potencia efectiva   | 2273kW @ 1300 rpm                     |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Cilindraje  | 12.8 l                                |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Número de cilindros   | 6                                     |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Aspiración  | Turboalimentación                     |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Transmisión   |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Tipo de transmisión   | Cambio de velocidades tipo planetario |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Número de marchas hacia adelante  | 4                                     |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Número de marchas hacia atrás   | 4                                     |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Velocidad máxima hacia adelante   | 38 km/h                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Velocidad máxima hacia atrás  | 38 km/h                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Sistema Hidráulico  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Presión de la válvula de regulación   | 31 Mpa                                |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Capacidad de la bomba   | 202 l/min                             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Tipo de bomba   | Tipo émbolo, doble efecto             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Tiempo de elevación   | 5.8 seg                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Tiempo de descarga  | 1.6 seg                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Tiempo de bajada  | 3.2 seg                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Pala  |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Fuerza de arranque  | 212 kN                                |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Ancho de la pala  | 3400 mm                               |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Capacidad de pala colmada   | 4.9 m3                                |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Capacidad de la pala al ras   | 3 m3                                  |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Fluidos   |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen de combustible  | 335 litros                            |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen fluido hidráulico   | 226 litros                            |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen aceite de motor   | 50 litros                             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen de refrigerante   | 46 litros                             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen eje delantero/diferencial   | 77 litros                             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Volumen eje del trasero/diferencial   | 71 litros                             |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |
| Función del equipo: Movilización y cargue de material para cargar los volquetes.    |                                       |        |                      |                  |                 |       |        |   |  |

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |                      |                         |           |                 |
|---------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha                | 30/10/2020              | Ubicación | Mina La Chilena |
| Equipo        | Perforadora Hidráulica | Código de inventario | 10155816                |           |                 |
| Modelo        | HCR1200EDII            | Código de ubicación  | CG.111-4C1              |           |                 |
| Marca         | Furukawa               | Sección              | Extracción              |           |                 |
| Fabricante    | Furukawa               | Modelo del motor     | Cummins Q5B6.7 Tier III |           |                 |

| Dimensiones |          |        |       |       |         |       |       |
|-------------|----------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|
| Peso        | 14,0 Ton | Altura | 3,6 m | Ancho | 3,125 m | Largo | 9,8 m |

Foto del equipo



|                              |   |
|------------------------------|---|
| Frecuencias de mantenimiento | Cada 250, 500, 1000 y 2000 horas de uso |
|------------------------------|---|

### Características Técnicas :

| Motor                              |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Potencia de salida                 | 179kW/2500 rpm        |
| Unidad de desplazamiento           |                       |
| Largo de oruga                     | 3,48 m                |
| Superficie de apoyo                | 2.78 m                |
| Ancho de la zapata                 | 330 mm                |
| Velocidad de desplazamiento        | 0-3,1 km/h            |
| Pendiente máxima                   | 30 °                  |
| Drifter                            |                       |
| Peso                               | 220 kg                |
| Potencia de salida                 | 18 kW                 |
| Frecuencia de impacto              | 2300 bpm              |
| Número de rotaciones               | 0 - 190 rpm           |
| Compresor                          |                       |
| Modelo                             | Airman PDS265-S35D    |
| Tipo                               | Tornillo de una etapa |
| Volumen de aire                    | 130 l/seg             |
| Presión de aire                    | 10.3 bar              |
| Brazo                              |                       |
| Ángulo de elevación (arriba-abajo) | 45°-20°               |
| Ángulo de giro (der - izq)         | 35°-5°                |
| Extensión                          | 1200 mm               |
| Fuerza de empuje                   | 29,5 kN               |
| Intercambiador de Barras           |                       |
| Largo de tubo                      | 3660 mm               |
| Número de barras                   | 6 + 1                 |
| Longitud max. Barra inicial        | 4270 mm               |
| Diámetro de la broca               | 64 - 115 mm           |
| Fluidos                            |                       |
| Combustible                        | 420 litros            |
| Aceite hidráulico                  | 215 litros            |

**Función del equipo:** Realizar perforaciones en zonas donde se encuentra caliza subterránea, para la posterior fragmentación del material con explosivos colocados en los orificios perforados.



## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |          |                      |            |
|------------|----------|----------------------|------------|
| Equipo     | Tractor  | Código de inventario | 10156105   |
| Modelo     | D155AX-5 | Código de ubicación  | CG.111-4D1 |
| Marca      | Komatsu  | Sección              | Extracción |
| Fabricante | Komatsu  | Modelo del motor     | SA6D140E-2 |

| Dimensiones |           |        |       |       |        |       |       |
|-------------|-----------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Peso        | 38,01 Ton | Altura | 3,5 m | Ancho | 3,95 m | Largo | 6,3 m |

Foto del equipo



|                              |   |
|------------------------------|---|
| Frecuencias de mantenimiento | Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso |
|------------------------------|---|

### Características Técnicas :

| Motor                 |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Potencia total        | 234,1 kW / 1900 rpm |
| Máximo Par de Torsión | 1568 Nm @ 1250 rpm  |
| Cilindraje            | 15,2 l              |
| Número de cilindros   | 6                   |
| Aspiración            | Turboalimentación   |

| Transmisión                     |           |
|---------------------------------|-----------|
| Tipo de transmisión             | HSS       |
| Número de marchas adelante      | 3         |
| Número de marchas atrás         | 3         |
| Velocidad máxima hacia adelante | 10,8 km/h |
| Velocidad máxima hacia atrás    | 13,9 km/h |

| Sistema hidráulico               |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Tipo de bomba                    | Bomba de engranajes |
| Presión de válvula de regulación | 20594 kPa           |
| Capacidad de la bomba            | 255 l/min           |

| Fluidos                          |            |
|----------------------------------|------------|
| Volumen de combustible           | 625 litros |
| Volumen de fluido refrigerante   | 107 litros |
| Volumen de aceite de motor       | 37 litros  |
| Volumen de aceite hidráulico     | 87 litros  |
| Volumen de la unidad de potencia | 60 litros  |
| Volumen del mando final          | 58 litros  |

| Tren de rodaje                       |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| Área de contacto con el suelo        | 3,9 m <sup>2</sup> |
| Tamaño de una zapata estandar        | 610 mm             |
| Número de zapatas de cada lado       | 41                 |
| Número de cojinetes de cada lado     | 6                  |
| N° de rodillos de apoyo de cada lado | 2                  |
| Ancho de vía                         | 2100 mm            |

Función del equipo: Se utiliza para remover material suelto y generar el desarrollo y expansión de la mina

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |                      |            |           |                 |
|---------------|------------------------|----------------------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha                | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
| Equipo        | Excavadora             | Código de inventario | 10155817   |           |                 |
| Modelo        | PC600-8                | Código de ubicación  | CG.191-4B1 |           |                 |
| Marca         | Komatsu                | Sección              | Extracción |           |                 |
| Fabricante    | Komatsu                | Modelo del motor     | SAA6D140E3 |           |                 |

| Dimensiones |          |        |       |       |       |       |        |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Peso        | 58.6 Ton | Altura | 7.2 m | Ancho | 3.9 m | Largo | 12.4 m |

Foto del equipo



|                              |   |
|------------------------------|---|
| Frecuencias de mantenimiento | Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso |
|------------------------------|---|

### Características Técnicas :

| Motor                                |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| Potencia total                       | 323 kW @ 1800 rpm  |
| Cilindrada                           | 15.2 l             |
| Número de cilindros                  | 6                  |
| Aspiración                           | Turboalimentación  |
| Tren de rodaje                       |                    |
| Número de zapatas por lado           | 52                 |
| Tamaño de la zapata                  | 900 mm             |
| Velocidad máxima                     | 4.9 km/h           |
| Fuerza de tracción                   | 415 kN             |
| Pala                                 |                    |
| Volumen de carga                     | 2.7 m <sup>3</sup> |
| Mecanismo de giro                    |                    |
| Velocidad de giro                    | 8.3 rpm            |
| Momento de fuerza de giro            | 0 Nm               |
| Fluidos                              |                    |
| Volumen de combustible               | 880 litros         |
| Volumen de refrigerante              | 58 litros          |
| Volumen aceite hidráulico            | 360 litros         |
| Volumen de aceite de motor           | 40 litros          |
| Volumen aceite de la pluma           | 26 litros          |
| Capacidad bomba hidráulica           | 817.6 l/min        |
| Capacidad de trabajo de la pala      |                    |
| Profundidad máx de excavación        | 10.225 m           |
| Alcance máximo                       | 12.4 m             |
| Altura máx de carga                  | 7.21 m             |
| Altura máx de corte                  | 11.475 m           |
| Alcance máx de excavación vertical   | 7.51 m             |
| Radio de giro                        | 3.9 m              |
| Despeje de contrapeso sobre el suelo | 1.365 m            |

Función del equipo: Se utiliza para perfilar taludes, extraer material suelto y cargar los volquetes con material.

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Alvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |                |                      |                   |
|------------|----------------|----------------------|-------------------|
| Equipo     | Excavadora     | Código de inventario | 10184935          |
| Modelo     | HX 480 L       | Código de ubicación  | CG.191-482        |
| Marca      | Hyundai        | Sección              | Extracción        |
| Fabricante | Hyundai/Scania | Modelo del motor     | Scania DC13084 Ac |

| Dimensiones |        |        |        |       |        |       |         |
|-------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|
| Peso        | 50 Ton | Altura | 3.79 m | Ancho | 3.34 m | Largo | 12.26 m |

Foto del equipo



Frecuencias de mantenimiento

Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso

### Características Técnicas :

#### Motor

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| Potencia      | 316 kW/424 hp                 |
| Tipo          | Turboalimentación de 4 ciclos |
| Máximo torque | 232 kgf.m @ 1250 rpm          |

#### Sistema Hidráulico

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Caudal bomba      | 380 l/min             |
| Tipo de bomba     | Sistema de engranajes |
| Presión máxima    | 570 psi               |
| Piston del boom   | Ø170x1570 mm          |
| Piston del brazo  | Ø190x1820 mm          |
| Piston de la pala | Ø160x1370 mm          |

#### Fluidos

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Volumen de combustible | 610 litros |
| Refrigerante del motor | 50 litros  |
| Aceite de motor        | 39 litros  |
| Caja de mando final    | 12 litros  |
| Sistema Hidráulico     | 486 litros |
| Tanque hidraulico      | 262 litros |

#### Capacidad de trabajo de la pala

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Profundidad máx de excavación        | 10.225 m |
| Alcance máximo                       | 12.4 m   |
| Altura máx de carga                  | 7.21 m   |
| Altura máx de corte                  | 11.475 m |
| Alcance máx de excavación vertical   | 7.51 m   |
| Radio de giro                        | 3.9 m    |
| Despeje de contrapeso sobre el suelo | 1.365 m  |

Función del equipo: Se utiliza para perfilar taludes, extraer material suelto y cargar los volquetes con material.

## Ficha Técnica de Equipo Minero



|               |                        |       |            |           |                 |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|
| Realizado por | Antonio Solano Álvarez | Fecha | 30/10/2020 | Ubicación | Mina La Chilena |
|---------------|------------------------|-------|------------|-----------|-----------------|

|            |                |                      |                   |
|------------|----------------|----------------------|-------------------|
| Equipo     | Excavadora     | Código de inventario | 10184935          |
| Modelo     | HX 480 L       | Código de ubicación  | CG.191-4B2        |
| Marca      | Hyundai        | Sección              | Extracción        |
| Fabricante | Hyundai/Scania | Modelo del motor     | Scania DC13084 Ac |

| Dimensiones |        |        |        |       |        |       |         |
|-------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|
| Peso        | 50 Ton | Altura | 3.79 m | Ancho | 3.34 m | Largo | 12.26 m |

Foto del equipo



Frecuencias de mantenimiento

Cada 250, 500, 1000, 2000 y 4000 horas de uso

### Características Técnicas :

#### Motor

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| Potencia      | 316 kW/424 hp                 |
| Tipo          | Turboalimentación de 4 ciclos |
| Máximo torque | 232 kgf.m @ 1250 rpm          |

#### Sistema Hidráulico

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Caudal bomba      | 380 l/min             |
| Tipo de bomba     | Sistema de engranajes |
| Presión máxima    | 570 psi               |
| Piston del boom   | Ø170x1570 mm          |
| Piston del brazo  | Ø190x1820 mm          |
| Piston de la pala | Ø160x1370 mm          |

#### Fluidos

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Volumen de combustible | 610 litros |
| Refrigerante del motor | 50 litros  |
| Aceite de motor        | 39 litros  |
| Caja de mando final    | 12 litros  |
| Sistema Hidráulico     | 486 litros |
| Tanque hidraulico      | 262 litros |

#### Capacidad de trabajo de la pala

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| Profundidad máx de excavación        | 10.225 m |
| Alcance máximo                       | 12.4 m   |
| Altura máx de carga                  | 7.21 m   |
| Altura máx de corte                  | 11.475 m |
| Alcance máx de excavación vertical   | 7.51 m   |
| Radio de giro                        | 3.9 m    |
| Despeje de contrapeso sobre el suelo | 1.365 m  |

Función del equipo: Se utiliza para perfilar taludes, extraer material suelto y cargar los volquetes con material.

## Anexo 2. Ficha de evaluación Auditoría COVENIN 2500-93

| Rubro   | SI | NO | PARCIALMENTE |
|---|----|----|--------------|
| <b>AREA I: ORGANIZACIÓN</b>   |    |    |              |
| <b>I.1 Funciones y Responsabilidades. Principios</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad en producción).  | X  |    |              |
| <b>I.2 Autoridad y Autonomía</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen la suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.  | X  |    |              |
| <b>I.3 Sistema de Información</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.  |    |    | X            |
| <b>AREA II: ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>   |    |    |              |
| <b>II.1 Funciones y Responsabilidades.</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La función de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.   |    |    | X            |
| <b>II.2 Autoridad y Autonomía</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.  | X  |    |              |
| <b>II.3 Sistema de Información</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otros).   |    | X  |              |
| <b>AREA III: PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>   |    |    |              |
| <b>III.1 Objetivos y Metas</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Dentro de la Organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en los planes y detallado en un plan de acción.  |    |    | X            |
| <b>III.2 Políticas para la planificación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucra su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.  |    | X  |              |
| <b>III.3 Control y Evaluación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes de mantenimiento.  |    | X  |              |
| <b>AREA IV: MANTENIMIENTO RUTINARIO</b>   |    |    |              |
| <b>IV.1 Planificación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.  |    |    | X            |
| <b>IV.2 Programación e Implantación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades es a menos o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.  | X  |    |              |
| <b>IV.3 Control y Evaluación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.  |    |    | X            |
| <b>AREA V: MANTENIMIENTO PROGRAMADO (PLANIFICACIÓN)</b>   |    |    |              |
| <b>V.1 Planificación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifica las acciones con frecuencia desde quincenalmente hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, instructores, usuarios, experiencias conocidas, para otros mercados de relevancia de los elementos más importantes. |    | X  |              |
| <b>V.2 Programación e implantación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, detalladas en un calendario anual. La programación de actividades posee la estabilidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.   |    | X  |              |
| <b>V.3 Control y evaluación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y evaluación de las actividades de mantenimiento en sus cadenas de programación.   |    | X  |              |
| <b>AREA VI: MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL</b>  |    |    |              |
| <b>V.1 Planificación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La ejecución de actividades de objetos de mantenimiento que se utilizan en forma circunstancial o externa, está dentro de los planes de la organización de mantenimiento y la ejecución de estas actividades está en coordinación con el departamento de producción y otros entes de la organización.   |    |    | X            |
| <b>V.2 Programación e implantación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Dentro de la programación de las actividades de mantenimiento se tiene claramente definido y diferenciado el mantenimiento circunstancial. Cada una de las actividades a ejecutarse posee la debida y correspondiente prioridad, frecuencia y tiempo de ejecución. Las actividades de mantenimiento circunstancial están programadas en forma mensual, con cierta elasticidad para atacar fallas. Se tienen previstos los sistemas que sustituirán a los equipos desincorporados por defecto de estos tipos.  |    |    | X            |
| <b>V.3 Control y evaluación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La empresa dispone de medidas efectivas para llevar a cabo el control de ejecución de las actividades de mantenimiento circunstancial en el momento establecido. Se llevan registros y estos son tomados en cuenta para determinar la idoneidad del mantenimiento circunstancial en el sistema, además se evalúa continuamente para realizar mejoras permanentes.   |    | X  |              |
| <b>AREA VII: MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>   |    |    |              |
| <b>VII.1 Planificación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| La Organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven a una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estado que facilite su corrección.   |    | X  |              |
| <b>VII.2 Programación e Implantación</b>  |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |
| Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan agendando una secuencia programada, de manera que cuando ocurre una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La Organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma programada.  |    |    | X            |
| <b>VII.3 Control y Evaluación</b>   |    |    |              |
| <b>Principio Básico</b>   |    |    |              |

| AREA VIII: MANTENIMIENTO PREVENTIVO   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <b>VIII.1 Determinación de Parámetros</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización tiene esta medida por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.  |   | X |   |
| <b>VIII.2 Planificación</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización dispone de un estudio previo que permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.   |   |   | X |
| <b>VIII.3 Programación e Implantación</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la estabilidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interfiera con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.  |   | X |   |
| <b>VIII.4 Control y Evaluación</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.   |   |   | X |
| AREA IX.1 MANTENIMIENTO POR AVERÍA  |   |   |   |
| <b>IX.1 Atención a las Fallas</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización está capacitada para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, ordenes de trabajo, salida de materiales, ordenes de compra y requerido de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.  |   |   | X |
| <b>IX.2 Supervisión y Ejecución</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia y en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el período de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de las averías.  |   |   | X |
| <b>IX.3 Información sobre las averías</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se deriva de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.   |   | X |   |
| AREA X: PERSONAL DE MANTENIMIENTO   |   |   |   |
| <b>X.1 Cuantificación de las necesidades del personal</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en la Organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.   | X |   |   |
| <b>X.2 Selección y Formación</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otras).   | X |   |   |
| <b>X.3 Motivación e Incentivos</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La Organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador para fines de ascenso o aumentos salariales.                             |   | X |   |
| AREA XI: APOYO LOGISTICO  |   |   |   |
| <b>XI.1 Apoyo Administrativo</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de KIMBERLY CLARK, en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.   |   | X |   |
| <b>XI.2 Apoyo Gerencial</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia lleva a mantenimiento el mismo nivel de las unidades o unidades en el organograma funcional de la empresa.  |   | X |   |
| <b>XI.3 Apoyo General</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La Organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman.  | X |   |   |
| AREA XII: RECURSOS  |   |   |   |
| <b>XII.1 Equipos</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.   | X |   |   |
| <b>XII.2 Herramientas</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil acceso, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.   | X |   |   |
| <b>XII.3 Instrumentos</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La Organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos permitiendo el control de su uso.  | X |   |   |
| <b>XII.4 Materiales</b>   |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La Organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.         |   |   | X |
| <b>XII.5 Repuestos</b>  |   |   |   |
| <b>Principio Básico</b>   |   |   |   |
| La Organización de mantenimiento cuenta con un stock de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos utilizados en mantenimiento. |   | X |   |

| Criterios  | Puntuación |
|--|------------|
| <b>AREA I: ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA EN GENERAL</b>   |            |
| <b>I.1 Funciones y Responsabilidades. Principios</b>   |            |
| I.1.1 La Organización no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.   | 0          |
| I.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.   | 0          |
| I.1.5 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.  |            |
| <b>I.2 Autoridad y Autonomía</b>   |            |
| I.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida  |            |
| I.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones  |            |
| I.2.3 Existe duplicidad de funciones   |            |
| I.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que ser efectuada previa consulta a los niveles superiores.   |            |
| <b>I.3 Sistema de Información</b>  |            |
| I.3.1 La Organización no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones.   | 10         |
| I.3.2 La Organización no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.   | 5          |
| I.3.3 La Organización no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.   | 5          |
| I.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.                                    | 10         |
| I.3.5 La Organización no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los resultados que se desean obtener.   | 10         |
| I.3.6 La Organización no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.   | 10         |
| <b>AREA II: ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA</b>   |            |
| <b>II.1 Funciones y Responsabilidades.</b>   |            |
| II.1.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para la Organización de mantenimiento.   | 15         |
| II.1.2 La Organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica u otro.   | 15         |
| II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción.  | 15         |
| II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.  | 10         |
| II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.  | 10         |
| II.1.6 La Organización no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.  | 15         |
| <b>II.2 Autoridad y Autonomía</b>  |            |
| II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad.   |            |
| II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.  |            |
| II.2.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la Organización de mantenimiento.   |            |
| II.2.4 Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores.  |            |
| <b>II.3 Sistema de Información</b>   |            |
| II.3.1 La Organización de mantenimiento no cuenta con un diagrama para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.                                     | 15         |
| II.3.2 La Organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener.  | 15         |
| II.3.3 La Organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.   | 10         |
| II.3.4 La Organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.   | 10         |
| II.3.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.                                | 10         |
| II.3.6 La Organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.   | 10         |
| <b>AREA III: PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>  |            |
| <b>III.1 Objetivos y Metas</b>   |            |
| III.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir la Organización de mantenimiento.  | 20         |
| III.1.2 La Organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifique detalladamente las necesidades reales y/o metas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.  | 20         |
| III.1.3 La Organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.   | 5          |
| III.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.  | 5          |
| <b>III.2 Política para la planificación</b>  |            |
| III.2.1 La Organización no posee un estudio donde se especifique detalladamente las necesidades reales y/o metas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.  | 20         |
| III.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.  | 20         |
| III.2.3 A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan.  | 15         |
| III.2.4 El equipo de personal no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.  | 15         |
| <b>III.3 Control y Evaluación</b>  |            |
| III.3.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.  | 10         |
| III.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.   | 10         |
| III.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.  | 10         |
| III.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenecen, recorda esta información en formatos normalizados.                          | 10         |
| III.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito.   | 5          |
| III.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación.  | 5          |
| III.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.   | 5          |
| III.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.  | 5          |
| <b>AREA IV: MANTENIMIENTO RUTINARIO</b>  |            |
| <b>IV.1 Planificación</b>  |            |
| IV.1.1 No están descritos en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario en su defecto a la Organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.                      |            |
| IV.1.2 Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.  |            |
| IV.1.3 Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento a realizar.   |            |
| IV.1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.  |            |
| IV.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.  |            |
| IV.1.6 No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.  |            |
| <b>IV.2 Programa de mantenimiento rutinario</b>  |            |
| IV.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.   |            |
| IV.2.2 La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.  |            |
| IV.2.3 Existe el programa de mantenimiento rutinario pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.  |            |
| IV.2.4 Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.  |            |
| IV.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana.  |            |
| IV.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implementación del plan de mantenimiento rutinario.   |            |
| IV.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que conformarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario.   |            |
| IV.2.8 La Organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario.  |            |
| <b>IV.3 Control y Evaluación</b>   |            |
| IV.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.  | 10         |
| IV.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.   | 15         |
| IV.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.   | 5          |
| IV.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.   | 10         |
| IV.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.   | 5          |
| IV.3.6 El personal encargado de las labores de apoyo y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.                                       | 5          |
| IV.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.               | 20         |
| <b>AREA V: MANTENIMIENTO PROGRAMADO (PLANIFICACIÓN)</b>  |            |
| <b>V.1 Planificación</b>   |            |
| V.1.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.                       | 20         |
| V.1.2 La empresa no posee un estudio donde especifiquen las necesidades reales y/o metas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.  | 15         |
| V.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y en el cual se especifique las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales. | 15         |
| V.1.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.   | 20         |
| V.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.   | 10         |
| V.1.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado.   | 10         |
| V.1.7 No existe una planificación conjunta entre la Organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.                             | 10         |

| AREA X: PERSONAL DE MANTENIMIENTO                  |   |    |
|--|---|----|
| X.1 Cuantificación de las necesidades del personal |   |    |
| X.1.1  | No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.   |    |
| X.1.2  | La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa.   |    |
| X.1.3  | La Organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.   |    |
| X.2 Selección y Formación                          |   |    |
| X.2.1  | La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.  |    |
| X.2.2  | No se tienen procedimientos para la selección de personal   |    |
| X.2.3  | No se tienen establecidos periodos de adaptación del personal.  |    |
| X.2.4  | No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.  |    |
| X.2.5  | Los cargos en La Organización de mantenimiento no se tienen por escrito.  |    |
| X.2.6  | La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.   |    |
| X.2.7  | La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.   |    |
| X.2.8  | Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.   |    |
| X.3 Motivación e Incentivos                        |   |    |
| X.3.1  | El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos que incluye el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.  | 15 |
| X.3.2  | No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.  | 10 |
| X.3.3  | La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad de trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.  | 10 |
| X.3.4  | No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.   | 10 |
| AREA XI: APOYO LOGISTICO                           |   |    |
| XI.1 Apoyo Administrativo                          |   |    |
| XI.1.1   | Los recursos asignados a La Organización de mantenimiento no son suficientes.   |    |
| XI.1.2   | La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a La Organización de mantenimiento.   |    |
| XI.1.3   | La administración no funciona en coordinación con La Organización de mantenimiento.   |    |
| XI.1.4   | Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.  |    |
| XI.1.5   | La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.   |    |
| XI.2 Apoyo Gerencial                               |   |    |
| XI.2.1   | La Organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general.  | 10 |
| XI.2.2   | Para la gerencia, mantenimiento es sólo la reparación de los sistemas.  | 10 |
| XI.2.3   | La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas; por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos. | 10 |
| XI.2.4   | La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones.   | 5  |
| XI.2.5   | La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por La Organización de mantenimiento.  | 5  |
| XI.3 Apoyo General                                 |   |    |
| XI.3.1   | No se cuenta con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.   |    |
| XI.3.2   | No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no este relacionado con mantenimiento.  |    |
| AREA XII: RECURSOS                                 |   |    |
| XII.1 Equipos                                      |   |    |
| XII.1.1  | No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.  |    |
| XII.1.2  | Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado.   |    |
| XII.1.3  | El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a la información (catálogos, revistas u otros), sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos.   |    |
| XII.1.4  | Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es deficiente.   |    |
| XII.1.5  | No se lleva registro de entrada y salida de equipos   |    |
| XII.1.6  | No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos.  |    |
| XII.2 Herramientas                                 |   |    |
| XII.2.1  | No se cuenta con las herramientas necesarias para que el ente de mantenimiento opere eficientemente.  |    |
| XII.2.2  | No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención.   |    |
| XII.2.3  | Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento.   |    |
| XII.2.4  | No se llevan registros de entrada y salida de herramientas.   |    |
| XII.2.5  | No se cuenta con controles de uso y estado de las herramientas.   |    |
| XII.3 Instrumentos                                 |   |    |
| XII.3.1  | No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.   |    |
| XII.3.2  | No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, la efectividad y exactitud de los mismos.   |    |
| XII.3.3  | El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información ( catálogos, revistas u otros), sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos.   |    |
| XII.3.4  | Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia pero no se conoce o no se les el uso adecuado.   |    |
| XII.3.5  | No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos.   |    |
| XII.3.6  | No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos.   |    |
| XII.4 Materiales                                   |   |    |
| XII.4.1  | No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.   | 1  |
| XII.4.2  | El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.   | 1  |
| XII.4.3  | Los materiales no están identificados plenamente en el almacén ( etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).  | 1  |
| XII.4.4  | No se ha determinado el costo por falta de material.  | 1  |
| XII.4.5  | No se ha establecido cuales materiales tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos.  | 1  |
| XII.4.6  | No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente.   | 1  |
| XII.4.7  | No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad.  | 1  |
| XII.4.8  | No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material.   | 1  |
| XII.4.9  | No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.  | 1  |
| XII.4.10   | No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material.   | 1  |
| XII.5 Repuestos                                    |   |    |
| XII.5.1  | No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.  | 3  |
| XII.5.2  | Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.  | 3  |
| XII.5.3  | Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén ( etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).   | 3  |
| XII.5.4  | No se ha determinado el costo por falta de repuestos.   | 3  |
| XII.5.5  | No se ha establecido cuales repuestos tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos.   | 3  |
| XII.5.6  | No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente.  | 3  |
| XII.5.7  | No se lleva el control (formatos) de los repuestos desechados por mala calidad.   | 3  |
| XII.5.8  | No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.   | 3  |
| XII.5.9  | No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.   | 3  |
| XII.5.10   | No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuesto.   | 3  |



|  |   |    |
|--|---|----|
| <b>V.2 Programación e Implementación</b>     |   |    |
| V.2.1  | No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.  | 20 |
| V.2.2  | Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación.   | 10 |
| V.2.3  | Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.  | 15 |
| V.2.4  | No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.  | 10 |
| V.2.5  | No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado.  | 10 |
| V.2.6  | La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.  | 15 |
| <b>V.3 Control y Evaluación</b>              |   |    |
| V.3.1  | No se cuenta la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.  | 10 |
| V.3.2  | No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.   | 10 |
| V.3.3  | No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluación de ejecución.  | 10 |
| V.3.4  | No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.   | 5  |
| V.3.5  | No existen formatos que permitan recoger información en cuanto al consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales.  | 5  |
| V.3.6  | El personal encargado de las labores de apoyo y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.   | 5  |
| V.3.7  | La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.  | 20 |
| <b>AREA VI: MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL</b> |   |    |
| <b>VI.1 Planificación</b>                    |   |    |
| VI.1.1                                       | Los objetos que van a ser sometidos a acciones de mantenimiento circunstancial no están claramente definidos.   | 20 |
| VI.1.2                                       | No existen formatos con datos de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento circunstancial para cuando se tome la decisión de utilizar dichos objetos.   | 20 |
| VI.1.3                                       | No existe coordinación con el departamento de producción para la ejecución de las acciones de mantenimiento circunstancial.   | 20 |
| VI.1.4                                       | El personal no está en capacidad de absorber la carga de trabajo de mantenimiento circunstancial.   | 20 |
| VI.1.5                                       | La organización no concede tiempo de la estructura general de mantenimiento, la importancia que tiene el mantenimiento circunstancial a la hora de llevar a cabo la planificación.  | 20 |
| <b>VI.2 Programación e Implementación</b>    |   |    |
| VI.2.1                                       | El mantenimiento circunstancial se realiza sin ningún tipo de basamento técnico.  | 15 |
| VI.2.2                                       | No existe información clara y detallada sobre las acciones a ejecutarse en mantenimiento circunstancial en el momento en que sea requerido.   | 20 |
| VI.2.3                                       | La organización de mantenimiento realiza las actividades de mantenimiento circunstancial sin considerar a los otros entes de la empresa.  | 15 |
| VI.2.4                                       | No se tiene previsto que sistemas sustituidos a los objetos deshojados.   | 15 |
| VI.2.5                                       | Las actividades de mantenimiento circunstancial se realizan según el programa existente, pero no se dispone de la holgura necesaria para atender situaciones imprevistas.   | 15 |
| <b>VI.3 Control y Evaluación</b>             |   |    |
| VI.3.1                                       | La organización no cuenta con los procedimientos de control de ejecución adecuados para las actividades del mantenimiento circunstancial.   | 15 |
| VI.3.2                                       | La organización no cuenta con medios para la evaluación de las acciones de mantenimiento circunstancial, de acuerdo con los criterios tanto técnicos como económicos.   | 15 |
| VI.3.3                                       | No se cuenta con un sistema de recepción y procesamiento de información para la evaluación del mantenimiento circunstancial en el momento oportuno.   | 10 |
| VI.3.4                                       | No se tienen mecanismos que permitan disminuir las interrupciones en la producción o no consecuencia de las actividades de mantenimiento circunstancial.  | 10 |
| VI.3.5                                       | La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento circunstancial basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.  | 20 |
| <b>AREA VII: MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>    |   |    |
| <b>VII.1 Planificación</b>                   |   |    |
| VII.1.1                                      | No se llevan registros, por escrito de aparición de fallas, para actualizarlas y evitar su futura presencia.  | 30 |
| VII.1.2                                      | No se clasifican las fallas para determinar cuáles se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.  | 30 |
| VII.1.3                                      | No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.   | 20 |
| VII.1.4                                      | La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y entender otra que tenga más importancia. | 20 |
| <b>VII.2 Programación e Implementación</b>   |   |    |
| VII.2.1                                      | No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo.   | 20 |
| VII.2.2                                      | La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.   | 20 |
| VII.2.3                                      | No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.  | 20 |
| VII.2.4                                      | El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin.  | 20 |
| <b>VII.3 Control y Evaluación</b>            |   |    |
| VII.3.1                                      | No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.  | 15 |
| VII.3.2                                      | No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.   | 15 |
| VII.3.3                                      | No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.   | 20 |
| VII.3.4                                      | La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.  | 20 |
| <b>AREA VIII: MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>   |   |    |
| <b>VIII.1 Determinación de Parámetros</b>    |   |    |
| VIII.1.1                                     | La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.   | 20 |
| VIII.1.2                                     | La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.   | 20 |
| VIII.1.3                                     | No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.  | 20 |
| VIII.1.4                                     | No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.   | 10 |
| VIII.1.5                                     | El personal de la Organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.  | 10 |
| <b>VIII.2 Planificación</b>                  |   |    |
| VIII.2.1                                     | No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su descomposición, sustitución o reparación correctiva.                                     | 20 |
| VIII.2.2                                     | La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.  | 20 |
| <b>VIII.3 Programación e Implementación</b>  |   |    |
| VIII.3.1                                     | Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los periodos de tiempo correspondientes.  | 20 |
| VIII.3.2                                     | Las ordenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.  | 15 |
| VIII.3.3                                     | Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.   | 15 |
| VIII.3.4                                     | No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación y prospección del programa de mantenimiento preventivo.   | 10 |
| VIII.3.5                                     | Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.   | 10 |
| <b>VIII.4 Control y Evaluación</b>           |   |    |
| VIII.4.1                                     | No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.  | 15 |
| VIII.4.2                                     | No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo hasta su ejecución.   | 15 |
| VIII.4.3                                     | La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.  | 10 |
| VIII.4.4                                     | La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.  | 20 |
| <b>AREA IX: MANTENIMIENTO POR AVERIA</b>     |   |    |
| <b>IX.1 Atención a las Fallas</b>            |   |    |
| IX.1.1                                       | Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y críticos entre el personal.  | 20 |
| IX.1.2                                       | No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas para cierto periodo.   | 20 |
| IX.1.3                                       | La emisión de ordenes de trabajo para atacar un falla no se hace de una manera rápida.  | 15 |
| IX.1.4                                       | No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.  | 15 |
| IX.1.5                                       | Los tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.   | 15 |
| IX.1.6                                       | No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.   | 15 |
| <b>IX.2 Supervisión y Ejecución</b>          |   |    |
| IX.2.1                                       | No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución.  | 20 |
| IX.2.2                                       | La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.  | 15 |
| IX.2.3                                       | La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado.  | 10 |
| IX.2.4                                       | El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.  | 10 |
| IX.2.5                                       | No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas.  | 5  |
| IX.2.6                                       | No se llevan registros sobre el consumo de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías.   | 5  |
| IX.2.7                                       | No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de averías.   | 5  |
| IX.2.8                                       | No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.  | 10 |
| <b>IX.3 Información sobre las averías</b>    |   |    |
| IX.3.1                                       | No existen procedimientos que permitan recibir la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.  | 20 |
| IX.3.2                                       | La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.   | 10 |
| IX.3.3                                       | No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.   | 20 |
| IX.3.4                                       | La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.  | 20 |