

UNIVERSIDAD DEL AZUAY



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

VERSIÓN I

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PARA EL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG, COMO SOPORTE
PARA MEJORAR LA CONTRATACIÓN DE SEGUROS.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

**AUTOR: ING. JHONNY MARCELO LEÓN AVILA
DIRECTOR: ING. PABLO HERRERA JÁCOME MBA.**

CUENCA-ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Este trabajo es una muestra de la satisfacción por tratar el tema de mantenimiento, su desarrollo necesitó del apoyo de muchas personas, que desinteresadamente aportaron con su contingente; entre ellos se agradece:

A mi director de tesis el Ing. Pablo Herrera, que con sus indicaciones, enseñanzas y tenacidad; fue guía para lograr el objetivo, a más, un ejemplo personal.

Al catedrático Ing. Luis Felipe Sexto, maestro de la materia y un amigo enriquecedor de conocimientos, quien apporto en todo sentido para la consecución de este trabajo.

A los ingenieros de la fábrica de cemento UCEM-CEM-PG, por su aporte con la información solicitada y de manera especial al Ing. Ramiro Lozano Chacón, Ing. Jaime Cadme Galabay, quienes se interesaron en el contenido de esta investigación y de quienes recibí un enorme apoyo, gracias.

De manera muy especial a mi querida familia, a mi esposa, a mis hijos, quienes son la luz de mi vida y han soportado las horas de trabajo utilizadas, las cuales han disminuido el tiempo en comunión que se merecen.

A mis padres, hermanos, amigos, y profesores que sin su aliento para seguir adelante no lo hubiera logrado.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	II
ILUSTRACIONES.....	VI
ECUACIONES	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	XVIII
OBJETIVOS.....	XIX
Objetivo General	XIX
Objetivos específicos.....	XIX
HIPÓTESIS.....	XIX
MARCO REFERENCIAL	1
1.1 ESTADO DEL ARTE	1
1.2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO	5
1.2.1 Enfoque actual de mantenimiento.....	5
1.2.2 Evolución generacional del mantenimiento	9
1.2.3 Auditoría de mantenimiento.....	12
1.2.4 Gestión de riesgos	16
1.2.5 Contratación de seguros.	21
1.2.6 Modelo del sistema de gestión de mantenimiento	24

1.2.7	Estrategia empresarial de la Cía. UCEM-CEM-PG.....	28
1.2.8	Obtención de factores atenuantes del riesgo	34
	CAPÍTULO 2	39
	UBICACIÓN GENERACIONAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO EN UCEM-CEM-PG.	39
	CAPÍTULO 3	44
	ELABORACIÓN DE AUDITORÍA DE GESTIÓN EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG.	44
	CAPÍTULO 4	57
	GESTIÓN DE RIESGOS EN EL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG.	57
4.1	GESTIÓN DE RIESGOS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO.	69
	CAPÍTULO 5	78
	DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO DE LA CÍA. UCEM-CEM-PG.	78
	CAPÍTULO 6	85
	TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE LAS PÓLIZAS DE SEGURO DEL EQUIPO Y MAQUINARIA EN UCEM-CEM-PG.....	85
6.1	OBTENCIÓN DE FACTORES ATENUANTES DEL RIESGO	95
6.2	ANÁLISIS DE PRIMAS DE PÓLIZAS DE SEGUROS DEL EQUIPO Y MAQUINARIA UCEM-CEM-PG.	100
	CAPÍTULO 7	107
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
7.1	CONCLUSIONES:	107

7.2 RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFIA.....	111
ANEXOS	114

ILUSTRACIONES

Ilustración # 1: Tiempos importantes y siglas que se usan en el análisis RAM (CDM)

Ilustración # 2: Evolución de las técnicas de mantenimiento.

Ilustración # 3: Esquema del proceso de gestión de riesgo según ISO 31000.

Ilustración # 4: Ciclo de mantenimiento considerando mejora continua.

Ilustración # 5: Esquema del modelo de gestión propuesto por Jasper Coetze

Ilustración # 6: Ubicación de mantenimiento en la cadena de valor de la Cía.

Ilustración # 7: Cadena de valor de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 8: Cuadro FODA, desarrollado para UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 9: Cuadro de estrategia integral de valor desarrollado para UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 10: Curva de la bañera o Curva de Davis (Evolución del tiempo frente a la tasa de fallos).

Ilustración # 11: Análisis generacional de mantenimiento en la Cía. UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 12: Programación de la auditoría de mantenimiento.

Ilustración # 13: Alcance de auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 14: Criterios de evaluación de la auditoría de mantenimiento.

Ilustración # 15: Criterio de ponderación de las áreas funcionales.

Ilustración # 16: Evaluación de auditoría de mantenimiento de equipo minero de la Cía. UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 17: Resultados de la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración #18: Plan de acción de la no conformidad mayor #1, encontrada, en la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 19: Plan de acción de la no conformidad mayor #2, encontrada, en la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 20: Matriz de riesgos de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 21: Contexto operacional del equipo minero de la Cía. UCEM-CEM-PG

Ilustración # 22: Listado de equipo y maquinaria utilizado para la explotación del área minera de la Cía. UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 23: Listado de equipos mineros similares de la Cía. UCEM-CEM-PG.

Ilustración #24: Esquema del cálculo del análisis de criticidad de los equipos.

Ilustración # 25: Cuadro de informe de resultados de la criticidad de los equipos.

Ilustración # 26: Enfoque del proceso funcional de mantenimiento en UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 27: Cuadro de coeficientes de seguridad en UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 28: Cuadro esquemático del proceso de mantenimiento minero de UCEM-CEM-PG, y sus relaciones directas con otras áreas funcionales relacionadas.

Ilustración # 29: Tabla referencial de la probabilidad de ocurrencia del riesgo

Ilustración # 30: Tabla referencial la de exposición al riesgo.

Ilustración # 31: Tabla referencial valoración de coeficientes de impacto

Ilustración # 32: Tabla referencial de la intensidad e impacto

Ilustración # 33: Tabla referencial de valor de control del riesgo

Ilustración # 34: Componentes del riesgo en mantenimiento de UCEM–CEM-PG.

Ilustración # 35: Coeficientes de seguridad en mantenimiento de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 36: Controles claves existente del riesgo en mantenimiento minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 37: Esquema del modelo de gestión de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 38: Cuadro de análisis FMECA de un equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 39: Esquema de Mantenimiento Autónomo, ejemplo triturador portátil.

Ilustración # 40: Cuadro descriptivo de proveedores de maquinaria

Ilustración # 41: Listado de valores de reposición a nuevo del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 42: Tabla de porcentajes sobre los estados de los equipos.

Ilustración # 43: Formato de evaluación del estado del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 44: Tabla del valor porcentual de los equipos en función de la obsolescencia.

Ilustración # 45: Cuadro de tiempo de vida útil de los equipos según método de depreciación, óptimo, realizado por el fabricante Caterpillar.

Ilustración # 46: Listado de valores actuales de los equipos mineros de UCEM-CEM-PG.

Ilustración # 47: Datos para el análisis RCM, ejemplo Tractor de orugas.

Ilustración # 48: Cuadro de resumen de tiempos trabajados anualmente de un equipo de la Cía. UCEM-CEM-PG

Ilustración # 49: Condiciones actuales de los valores asegurados y de las primas propuestas por las compañías de seguros.

Ilustración # 50: Condiciones propuestas de los valores de los equipos mineros de UCEM-CEM-PG por asegurar.

Ilustración # 51: Cuadro comparativo del valor de la contratación de seguros, aplicando el modelo de gestión de Mantenimiento Planteado.

ECUACIONES

Ecuación (1). Ecuación fundamental de la disponibilidad

Ecuación (2). Evaluación del riesgo

Ecuación (3). Evaluación del riesgo con factor G

Ecuación (4). Evaluación del riesgo con factor S

Ecuación (5). Valoración del factor S

Ecuación (6). Evaluación del riesgo en función de la no confiabilidad

Ecuación (7). Evaluación de riesgo en función del inverso TMBF.

Ecuación (8). Ecuación de la probabilidad.

Ecuación (9). Valor de la prima de seguros

Ecuación (10). Valor actual de un equipo considerando valor a nuevo

Ecuación (11): Valor actual de un equipo considerando factores de obsolescencia y conservación en función del tiempo de posesión.

Ecuación (12): Valor actual de un equipo considerando factores de obsolescencia y conservación en función del tiempo de operación.

Ecuación (13): Índice de fallas

Ecuación (14): Fórmula de la confiabilidad

Ecuación (15): Fórmula de la disponibilidad

Ecuación (16): Índice de mantenibilidad

Ecuación (17): Fórmula de la mantenibilidad.

Ecuación (18): Diferencia de primas de seguros.

**PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO MINERO DE UCEM-
CEM-PG, COMO SOPORTE PARA MEJORAR LA
CONTRATACIÓN DE SEGUROS.**

RESUMEN

Tomando como punto de partida, el determinar la situación actual y la ubicación generacional del mantenimiento de la Cía. UCEM-CEM planta Guapán, se propone en su gestión de mantenimiento, utilizar un modelo práctico basado en herramientas actuales que aporten valor y confiabilidad a los activos físicos y a su vez, sirva como soporte para cumplir con los requerimientos de contratación de seguros.

PALABRAS CLAVES: Modelo de gestión. Contratación de seguros. Equipo minero. Gestión de mantenimiento.

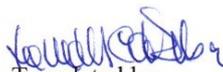
**PROPOSAL OF A MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL FOR UCCEM-CEM-
PG MINING EQUIPMENT AS SUPPORT FOR IMPROVING INSURANCE
CONTRACTING**

ABSTRACT

The starting point of this research paper is to determine the current situation and the generational location maintenance of UCCEM-CEM Company, Guapan plant. The proposal for its maintenance management is to use a practical model based on current tools that provide value and reliability to the physical assets and, in turn, serve as support to meet the insurance contracting requirements.

KEYWORDS: Management Model, Insurance Contracting, Mining Equipment, Maintenance Management.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INTRODUCCIÓN

El cambio es un factor que se encuentra presente en todos los ámbitos, especialmente en el campo laboral, en donde se pretende mejorar las condiciones actuales de desempeño, el escenario de acción es la gestión de mantenimiento en una Compañía y la forma de tratar los seguros en la misma; nicho en el cual, el conocimiento de los procedimientos adecuados para realizarlos constituyen una de las fuentes de sobrevivencia del negocio.

En función de lo mencionado en el párrafo anterior, se especifican dos parámetros que aparentemente no están relacionados pero que en su contexto operacional se complementan para determinar el grado de operatividad en conjunto y generar ahorros, estos son, la gestión de mantenimiento y la contratación de seguros.

La temática planteada es aplicable a cualquier área industrial, en este caso se tomará como elemento de investigación, la Cía. UCEM-CEM-PG¹, empresa dedicada a la fabricación de cemento y aglomerados, cuyo proceso inicia como es lógico, en la explotación y transporte de materia prima desde las canteras, para lo cual se utiliza equipo diseñado especialmente para esta actividad, tales como perforadoras, tractores, excavadoras, trituradoras portátiles entre otros, circunstancia que en los últimos años ha tenido un repunte en la adquisición de maquinaria de este tipo.

¹ UCEM-CEM-PG = Unión Cementera Nacional –Compañía de Economía Mixta - Planta Guapán

En otras palabras la actividad minera de UCEM-CEM-PG, ha experimentado un cambio sustancial tanto en la forma de trabajar como en la cantidad y tipo de equipos utilizados, debido especialmente a los requerimientos actuales de producción y a la necesidad de ser competitivos en el mercado, por lo tanto, al variar el contexto operacional es indudable que la gestión de mantenimiento y los riesgos a los que están expuestos estos activos también lo hagan, para adaptarse a la realidad de la institución y su entorno.

La compañía UCEM-CEM-PG, como parte de la mayoría de empresas que han visto en la contratación de seguros la estrategia para transferir responsabilidades en caso de una posible materialización del riesgo que afecte su patrimonio, ha contratado con las aseguradoras, primas cuyos valores están basados en el teorema fundamental de la teoría de la probabilidad, conocida en el sector de seguros como la LEY DE GRANDES NÚMEROS², la cual se basa en conceptos estadísticos de cierta manera generalizados para la comercialización de las pólizas, considerando porcentajes que son resultado de un análisis de siniestralidad realizado para el propósito; bajo este enfoque se impone la necesidad de incluir en los cálculos, factores netamente técnicos que aplicados controlen y atenúan el riesgo e influyan en la disminución de los costos de las primas.

Paralelamente y durante el ciclo de vida de los equipos productivos, en donde actúan factores del riesgo, el mantenimiento se convierte en la actividad indispensable para el cumplimiento de los objetivos empresariales, siendo esta la

² LEY DE GRANDE NÚMEROS = Término genérico de la teoría de la probabilidad, afirma que la precisión de las estadísticas empíricas tienden a mejorar con el número de intentos

razón para proyectar la utilización de un modelo de gestión que se adapte a las necesidades de UCEM-CEM-PG.

Con estos antecedentes, realizar un análisis de la situación actual y la ubicación generacional del mantenimiento, sirve como punto de partida para la implementación del nuevo modelo de gestión, soportado en definiciones, conceptos y reglas tanto de mantenimiento como de seguros, lo cual se trata en los capítulos #1 y # 2 como "MARCO REFERENCIAL" y "UBICACIÓN GENERACIONAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG" respectivamente, para proyectar el capítulo # 3 que titula "AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO" dedicado a determinar las condiciones en las que se encuentra trabajando el equipo minero de UCEM-CEM-PG y sus oportunidades de mejora para reducir los riesgos identificados en el capítulo # 4 denominado "IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG" con el propósito de aplicar un modelo de gestión propio en función de los hallazgos, propuesta que se trata en el capítulo # 5 "MODELO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO" así también, se definirá los factores atenuantes del riesgo, que prácticamente son los indicadores básicos del servicio de mantenimiento conocidos como RAM, mismos que, incluidos en los cálculos de los valores de las pólizas proyectan un ahorro en la contratación de seguros, particular que se verá reflejada en el capítulo # 6 bajo el nombre de "OBTENCIÓN DE FACTORES ATENUANTES DEL RIESGO" con estos resultados se realiza el análisis comparativo entre las condiciones anteriores y posteriores proyectadas, para emitir CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES como parte del capítulo # 7.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contratación de las pólizas de seguros para los activos de la Compañía UCEM-CEM-PG, hasta la fecha ha sido realizada de una forma metódica, direccionados en un contexto práctico basados en las definiciones netamente comerciales.

La Compañía UCEM-CEM-PG, al utilizar equipo y maquinaria con características estructurales diseñada especialmente para la producción de cemento, están expuestos a riesgos propios de funcionamiento, por lo cual la alta dirección, conocedora del tema, ha tratado de transferir parte de la responsabilidad, en caso de producirse un evento no consentido que afecte su patrimonio, contratando agentes y/o corredores de seguros que guíen esta actividad y determinen los valores de primas a pagar que estén acorde con la economía y requerimientos de protección de esta empresa.

Parte de la problemática es la actitud pasiva, tanto las empresas aseguradoras como de los mencionados agentes de seguros (bróker), quienes analizan los valores de las primas, en función de conceptos generalizados para la comercialización de las pólizas, considerando factores preestablecidos, adaptados para el propósito, sin reflexionar en elementos netamente técnicos que deberían atenuar los riesgos y por lo consiguiente disminuir el valores de las primas.

Además, en el registro de mantenimiento aplicado actualmente en los equipos mineros de UCEM-CEM-PG, se observa la falta de indicadores de gestión RAM, conocidos como de clase mundial, esta deficiencia no permite mantener control detallado de los parámetros de funcionamiento.

En conclusión el problema planteado, incide en los gastos de producción, encareciendo de alguna manera el producto, razón por la cual, se proyecta presentar un modelo de gestión de mantenimiento que sirva como prototipo para mejorar el tratamiento de los riesgos y la contratación de sus pólizas, en las áreas que las requieran.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

En la actualidad los costos de producción tienen un papel fundamental en la sostenibilidad de una organización debido a que son el resultado de la gestión de sus recursos, sin existir otra alternativa que optimizar cada una de las actividades que se realice dentro del proceso de producción; una de las áreas que mayor recursos consume, es mantenimiento, cuya función es garantizar el funcionamiento de los activos productivos, los cuales deben estar tradicionalmente protegidos contra eventualidades que afecten al patrimonio, mediante contratos de seguros, determinados para cada requerimiento y riesgo presentado.

La contratación de seguros siempre ha sido fondo de discusión por los altos valores derogados por parte de la Compañía, debido a que no se puede ver materializada la inversión, sino posiblemente cuando se lo necesite como consecuencia de un siniestro.

Por lo tanto se advierte la necesidad de proponer un cambio de estrategia en la gestión de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG, mediante la aplicación de un modelo acorde a las condiciones y recursos disponibles, con la

intensión de mejorar la confiabilidad operacional, disminuyendo la probabilidad de fallo en los equipos críticos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Disminuir los costos de contratación de seguros, que se realiza en el equipo minero de la Cía.³ UCEM-CEM-PG, a través de los resultados obtenidos al mejorar la confiabilidad operacional de los mismos, aplicando las herramientas de última generación de mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

*Determinar las condiciones actuales de mantenimiento del equipo minero de la empresa UCEM-CEM-PG y proponer un modelo adecuado de gestión.

*Demostrar que el mejoramiento de la confiabilidad operacional, es determinante para mejorar la contratación de la póliza de seguros del equipo y maquinaria de la empresa en mención.

HIPÓTESIS

La aplicación de un adecuado modelo de gestión de mantenimiento, determinará un ahorro en la contratación de seguros del equipo minero de UCEM-CEM-PG, mediante la utilización de resultados como factores atenuantes del riesgo.

³ Cía. = Abreviatura de Compañía

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

El marco referencial necesario para estructurar este trabajo, propone un ESTADO DEL ARTE⁴ en relación al asunto propuesto, además un ESTADO DE CONOCIMIENTO⁵ donde se recopila los más interesantes pensamientos de algunos autores, que alimenten y guíen sus diferentes etapas, para posteriormente definir su APLICACIÓN, con el propósito de conseguir el objetivo planteado.

1.1 ESTADO DEL ARTE

El tema de mantenimiento no ha sido analizado con seriedad por los departamentos encargados de la preservación de los activos, pese a su importancia, posiblemente por encontrarse posicionado confortablemente en sus funciones, lo cual suele ser un limitante para el mejoramiento continuo de la gestión.

La búsqueda en diversas fuentes de datos para recopilar información compatible con la temática, no ha sido tarea fácil, pues se dispone de poco material que relacionen estos dos parámetros, el mantenimiento y la contratación de seguros,

4 **Estado del arte** = Responde a la lógica de la investigación, que precede a un trabajo, mediante un abordaje distinto que permite determinar la forma como ha sido tratado el tema por similares y los avances que existe en referencia al tema en estudio (Londoño, Maldonado y Calderón. 2014)

5 **Estado del conocimiento** = Es un análisis sistemático, surgidos en el campo de la investigación que permite identificar, los avances que ha tenido el tema de estudio y sus referencias conceptuales, las principales perspectivas teórico - metodológico y tendencias. (Londoño, Maldonado y Calderón. 2014)

sin embargo existe documentación que tratan los temas por separado y son de valiosa referencia, mismas que se cita a continuación.

En relación al tema de mantenimiento, Javier García González-Quijano, (2004), expresa en su trabajo de graduación para maestría de Gestión Técnica, Económica del Sector Eléctrico cursado en la Universidad Pontificia Comillas de España, criterios de mantenimiento basado en riesgo, en el cual menciona su preocupación en los fallos de los equipos y la forma de tratarlos mediante la aplicación de filosofías de mantenimiento de última generación, para defenderse de eventos no deseados.

En concordancia con el razonamiento planteado por este autor se concluye que las consecuencias de las fallas por más pequeñas que estas sean, deben ser tomadas con seriedad, pues detrás de lo que aparentemente es un acontecimiento sin importancia puede existir riesgos no solamente para el personal sino para la maquinaria utilizada, a partir de esta reflexión se determina que el mantenimiento ocupa un papel primordial dentro de cualquier proceso de producción como objeto de defensa ante los riesgos de esta naturaleza.

Marquez Manuel, Coello Armando, (2009) proponen en su manual de ingeniería de calidad, un modelo de gestión de mantenimiento guiado por metodología y conceptos de las normas de calidad ISO 9001, donde cada tipo, funciones y parámetros de mantenimiento es concebido como procesos.

Esta idea desde un punto de vista integral es apreciable, siempre que la intención sea cumplir con requisitos de un sistema; sin embargo la opinión acerca de la gestión de mantenimiento es rígida en sus conceptos y aplicaciones, crítica

que se lo hace debido a que la actividad de mantenimiento es dinámica y hasta cierto punto variable, dependiendo su contexto operacional.

Millan Hernandez, (2008) expresa en su artículo titulado “Modelo de Gestión Integral del Riesgo y de la Vulnerabilidad del proceso aplicado como Herramienta Productiva y de Gestión del Área de Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y de Lodos El Dorado de la Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá” que un modelo de gestión basado en riesgo debe ser parte de una estrategia alineada a los objetivos corporativos, donde el papel del mantenimiento es esencial para asegurar y/o garantizar el cumplimiento de las condiciones de funcionamiento y productividad de la infraestructura del proceso, evitando la vulnerabilidad del sistema a causa de fallos o incumplimiento en los elementos del sistema.

Posiblemente es la opinión más compatible con la propuesta de este trabajo, ya que orienta al mantenimiento a realizar actividades en función del riesgo, con la intención de disminuir la probabilidad de un evento no deseado.

En términos generales, las propuestas de un modelo de gestión de mantenimiento a tenido su auge en los últimos tiempos y su estructura está relacionada con las necesidades de cada sector y sus objetivos.

En cuanto a la contratación de seguros, es una manera de minimizar el impacto económico producido por un siniestro, misma que se soporta en la transferencia de responsabilidades a las Aseguradoras, las cuales proceden sesgadas a la legislación

expresada en el Decreto Supremo 1147 (DS 1147).⁶ cuya parte medular se encuentra en el artículo # 1 y se expresa de la siguiente manera.

“El seguro se fundamenta en un contrato mediante el cual una de las partes, el asegurador, se obliga a cambio del pago de una prima, indemnizar a la otra parte, dentro de los límites convenidos, de una pérdida o daño producido por un acontecimiento incierto o a pagar un capital o una renta, si ocurre la eventualidad prevista en el contrato”

Según lo dictado por el Decreto Supremo 1147, las partes mediante la firma del contrato adquieren tanto, derechos a reclamar, como obligaciones que cumplir para que el acuerdo legal sea válido y encaminado dentro del principio fundamental de los seguros que es la “Buena Fe”.

La sociedad ecuatoriana esta jurídicamente conformada, organizada y regulada por conjunto de reglas y leyes que tiene el objetivo entre otros, el bienestar de los miembros los cuales estan sujetos a obligaciones y derechos. (Alvear Jose, 2008).

El incumplimiento de las obligaciones, puede darse por causas de fuerza mayor ajenas a la voluntad de las personas donde la exposicion al riesgo es un factor de incertidumbre que aumenta la probabilidad de concretarse un evento no deseado y un demerito en el patrimonio, siendo necesario una estrategia de transferencia de responsabilidades que generalmente es a una Aseguradora.

Con estos antecedentes se puede proceder a entrelazar conceptos y puntos de vista que fusionen criterios de Seguros y de Mantenimiento, para obtener un

⁶ DS 1147 = Fundamentos legales para la contratación de seguros privados

modelo de gestión basado en herramientas, que al utilizarlas colaboren atenuando los riesgos y por consiguiente disminuyendo los costos de las primas de seguros.

1.2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

1.2.1 Enfoque actual de mantenimiento

Recordando el concepto de mantenimiento como las acciones encaminadas a asegurar que un activo continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga bajo un contexto operacional dado para el efecto, (Moubray, 2004), (Mora Gutiérrez, 2009), (Luis Felipe Sexto), se debe tener presente que en cualquier época, en cualquier modelo, esta declaratoria sirve de guía para llegar a un objetivo.

Durante las últimas décadas se han desarrollado metodologías que enfocan de modo racional la problemática de mantenimiento, el cambio de paradigmas en la cultura han llevado a la redefinición de dicha palabra (Moubray, 2004) no existe una receta única para desarrollar una gestión de mantenimiento, pero sin embargo la base tradicional, el PM (Mantenimiento Planificado) se mantiene como el inicio de esta labor, proyectándose estratégicamente a MP (Planificación del Mantenimiento) mediante técnicas de predicción,

Bajo este planteamiento, se precisa la existencia de una disciplina laboral que cumpla con una formación adecuada y además una estructura empresarial que oriente a la calidad de funciones (Luis Felipe Sexto, nota técnica 11, 2013).

Actualmente quedó atrás la percepción típica y desalentadora sobre el valor del mantenimiento dentro de una empresa, ahora se considera a esta actividad como un negocio y no solamente como un gasto en un marco productivo, llegando a ser la puerta para mejorar la gestión de un activo físico dentro de su ciclo de vida y

obtener mayor rendimiento en sus funciones, es decir conseguir mayor productividad a partir de la disponibilidad de activos y su eficiencia, mediante la ejecución de actividades necesarias para aportar mayor confiabilidad operativa.

Confiabilidad operacional. Se define como una serie de procesos de mejoramiento continuo que involucra en forma sistémica y sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, técnicas de análisis y metodologías, para optimizar la gestión y control de la productividad industrial, con el propósito de evitar fallas imprevistas y prolongar la vida de los activos. (García, 2014)

La correcta gestión de mantenimiento definirá el potencial de esta actividad en la organización, tal como indica Remco Jonker en su paper de VDM⁷, lo que implica obtener calidad de mantenimiento es decir “*máxima disponibilidad al menor costo*”.

Una de la funciones del mantenimiento es la protección de los activos físicos, los cuales a medida que se vuelven más complejos, la cantidad de formas en las que puede fallar crece en forma casi exponencial (Jonh Muubray, 2004), estas fallas según su origen pueden convertirse en un riesgo para la maquinaria, las personas que la operan y su entorno, siendo imprescindible controlar las posibles causas a través de actividades precisas de conservación.

La confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad, (RAM)⁸, son parámetros conocidos como la base del desempeño operativo y objetivos de la gestión de mantenimiento; son medidas técnicas, científicas fundamentadas en cálculos

⁷ VDM = Valor de Mantenimiento

⁸ RAM = (CDM) = Reliability, Avalibility, Mantenibility = (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad) siglas en inglés y español.

matemáticos, estadísticos y probabilísticos, que tiene el mantenimiento para su análisis (Mora, 2001), (Amendola, 2011) los cuales se definen a continuación.

(R) La confiabilidad (Reliability), se define como la probabilidad de que un activo realice su función para lo que fue diseñado durante un período de tiempo, en un contexto operacional determinado.

(A) Disponibilidad (Availability), se define como la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en un momento en que sea requerido, luego del inicio de operaciones, (Navarro y otros 1997).

(M) Mantenibilidad (Maintenability) Capacidad de restaurar las funciones de un activo en un tiempo determinado, siguiendo las políticas y procedimientos de la empresa. (Luis Felipe Sexto 2014).

La razón de la actividad de mantenimiento, es entregar disponibilidad a los equipos productivos, esto lo confirma (Nakajima, 1984) en su obra de TPM, quien indica que, las expectativas de funcionamiento pueden determinar el grado de gestión de mantenimiento basadas en la disponibilidad del activo, relación que se explica a continuación.

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TIEMPO DE OPERACIÓN}{TIEMPO DE CARGA} \quad (1)$$

Donde:

Tiempos de operación = Tiempo en el cual el equipo se encuentra operando actualmente

Tiempo de carga = Tiempo disponible de un equipo para producir.

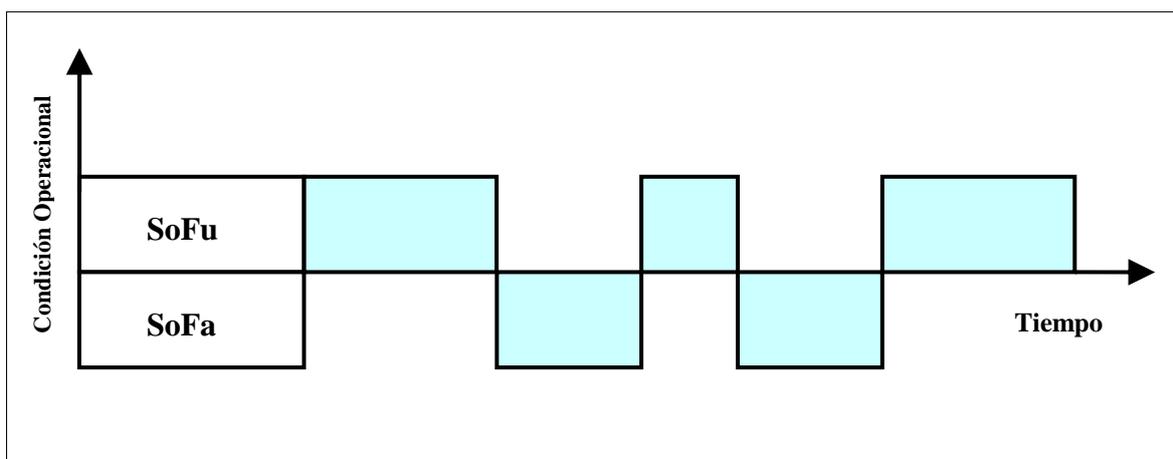
La disponibilidad puede ser, genérica, inherente, alcanzada, operacional, operacional generalizada. (Mora Gutiérrez, 2009)

El grado de disponibilidad será resultado del comportamiento de la confiabilidad y mantenibilidad del activo, (Luis Felipe Sexto).

El análisis de los parámetros RAM puede realizarse mediante diversas técnicas, desde las más simples basados en indicadores puntuales, en donde no se consideran estimaciones, hasta otras muy complejas basados en el tipo y comportamiento de sus distribuciones, (Mora Gutiérrez, 2009)

Es necesario determinar siglas y nomenclaturas a utilizarse en los diferentes estados en el cual se puede encontrar un equipo.

Un equipo recuperable durante su vida operacional hasta el día de su falla fluctúa entre SoFu y SoFa. Los estados del equipo durante su proceso de uso se llama perfil de funcionalidad, normalmente se usa el tiempo de calendario como unidad de tiempo. (Knezevic, 1996,20)



Referencia Bibliográfica: Knezevic, 1996,21

Ilustración # 1: Tiempos importantes y siglas que se usan en el análisis RAM (CDM).

1.2.2 Evolución generacional del mantenimiento

Desde el principio de la humanidad el hombre ha visto la necesidad de mantener sus aparatos y herramientas de trabajo en buena forma, cuando esto no ocurría, era por fallas que se presentaban como consecuencia del abuso o ignorancia de como utilizarlos, circunstancias que se asemejan a la realidad actual y por la cual se lucha constantemente para cambiar esta situación.

El avance tecnológico a través de los tiempos ha contribuido a la complejidad de los equipos y herramientas, por lo que las actividades de conservación y/o recuperación también debían estar a la vanguardia y en la misma magnitud.

Los constantes cambios determinan la evolución de mantenimiento y sus tendencias, la Revolución Industrial fue el inicio del desarrollo de técnicas y filosofías que estructuran a través de la historia las siguientes generaciones:

- Primera generación:

Parte desde la década de los LXX, antes de la segunda guerra mundial, época en la cual el Mantenimiento Correctivo era la única opción y se caracterizaba por esperar que se rompa el equipo productivo para proceder al arreglo, para su conservación se utilizaba tareas simples de lubricación y limpieza, debido a que la maquinaria existente no era sofisticada ni con un alto grado de mecanizado (Mubray 2004).

- Segunda generación:

Sucede durante la segunda guerra mundial y las siguientes dos décadas, etapa en la cual aparecen las tareas de mantenimiento para prevenir averías mediante trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada generalmente basada

en recomendaciones del fabricante, sobrepasa la planificación y control de las actividades, con el inconveniente que los costos empezaron a subir debido a los requerimientos de disponibilidad de los equipos para cumplir con la producción.

- Tercera generación:

A mediados de la década de los setenta, se implementa el mantenimiento 'a condición' es decir se realiza monitoreo de los parámetros de funcionamiento para proyectar los trabajos propios de sustitución o reacondicionamiento de los elementos en función de sus condiciones, lo destacable de este período es la concientización de los efectos negativos que tiene la paralización de los equipos para la producción y se prioriza la supervivencia de la organización como objetivo principal.

También aparece el control de tareas por computadoras, el análisis del riesgo, el análisis de fallas, el análisis de la confiabilidad y los sistemas expertos.

- Cuarta generación:

Posteriormente se crea la necesidad de integrar a los involucrados del sistema productivo en las actividades y solución de problemas, implantando programas de mejora continua, en los planes de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, en la ejecución y en la organización en general, para lo cual se establecen grupos de mejora y seguimiento de las acciones. (Montoya y otros, 2001, 2-6), así también herramientas tales como TPM⁹, RCM¹⁰, 6 Σ ¹¹, ISO¹², AMEF¹³, etc. (Mora 2007).

9 TPM = Mantenimiento Productivo Total

10 RCM = Mantenimiento Centrado de Confiabilidad

- Quinta generación.

La época actual, se encuentra caracterizada por la predisposición al cambio y constante capacitación de los protagonistas, con la finalidad de implementar herramientas de clase mundial, sesgadas al riesgo, pero con un alto grado de confiabilidad operacional.

Cada salto de generación incluye una creciente toma de conciencia sobre las expectativas del mantenimiento, tales como confiabilidad, seguridad, respeto al medio ambiente, mejora de calidad, optimización del ciclo de vida de los equipos, eficiencia en los costos, (Moubray 2004, P 1.), así como la dependencia en la gestión de riesgos, y la evaluación de patrones de falla específicos para cada tipo de equipo y maquinaria.

En las empresas de América Latina y del Ecuador como parte de ella, la gestión de mantenimiento al no ser concebido como un proceso estratégico, no ha tenido la importancia que debería, permaneciendo estancada en el tiempo, es decir sosteniéndose aún con actividades pertenecientes a generaciones pasadas, siendo necesario determinar la situación actual para proyectar un salto a la siguiente generación y paulatinamente escalar hasta llegar a la actual, con el propósito de manejar el riesgo en una forma adecuada.

11 $\Sigma 6$ = Metodología de calidad, dedicada a resolver problemas mediante técnicas de medición, analizar, mejorar y control (Barbara Wheat, 2003)

12 ISO = Organización Internacional de Estandarización en sus siglas en inglés (International, Organization for Estándarization).

13 AMEF = Análisis de modos y efecto de falla

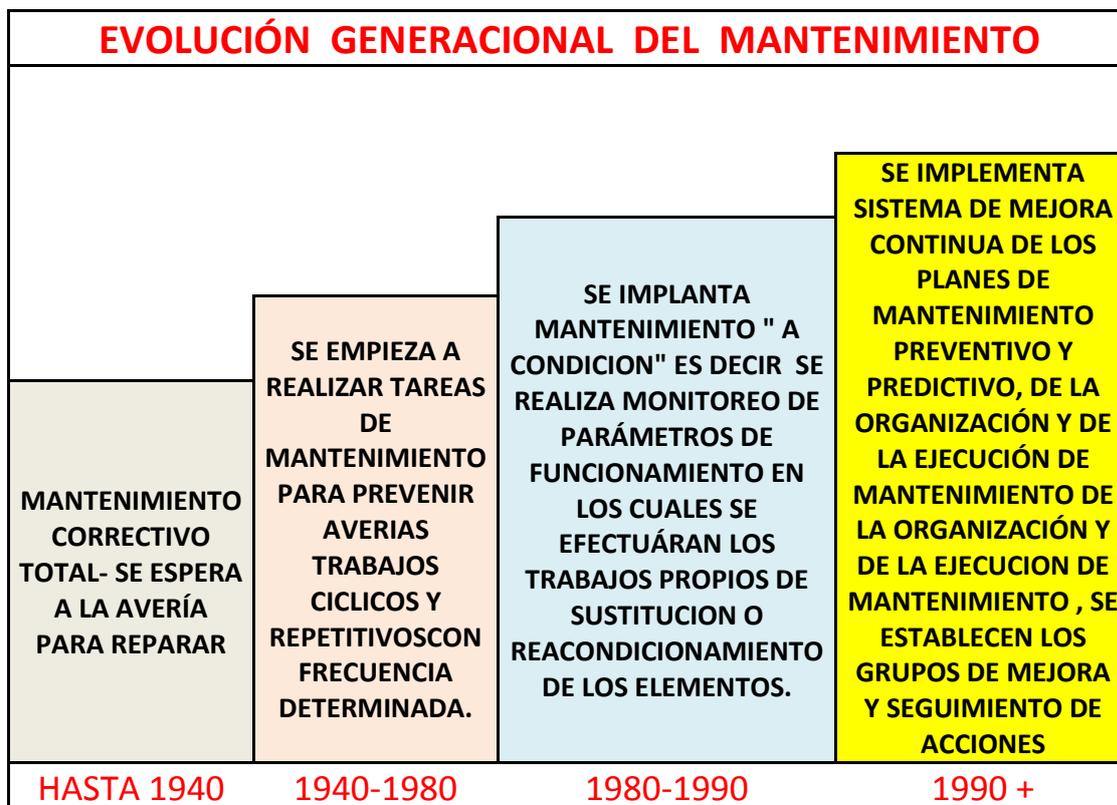


Ilustración # 2. Evolución de las técnicas de mantenimiento. (Moubray, 2004)

1.2.3 Auditoría de mantenimiento

Según la real academia de la lengua, auditoría es *“Revisión sistemática de una actividad o de una situación para evaluar el cumplimiento de las reglas, criterios y objetivos a las que ellos deben someterse”*

Otro enfoque define como auditoría un *“Proceso sistemático, independiente, documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva, con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de la auditoría.”* (ISO 19011, 2011)¹⁴.

¹⁴ ISO 19011 = Norma Internacional (Directrices para auditoría de sistemas de gestión).

Términos y definiciones sobre el proceso de auditoría:

- Criterios de auditoría: Conjunto de políticas y procedimientos usados como referencia.

- Alcance de la auditoría: Extensión y límites de la auditoría.

- Plan de auditoría: Descripción de las actividades y disposiciones necesarias para realizar una auditoría.

- Evidencia de la auditoría: Registro, declaraciones de hechos o cualquier información que sea relevante y verificable.

- Resultados de la auditoría: Resultados de la evaluación de la evidencia recopilada frente a los criterios de auditoría.

- Acciones correctivas: Sirve para evitar repeticiones, son acciones tomadas para eliminar las causas de la no conformidad.

- Acciones preventivas: Sirve para eliminar las causas de las no conformidades potenciales.

(ISO 19011, 2011).

“Uno de los principales retos de la auditoría es eliminar las absurdas luchas entre departamentos y mejora la comunicación entre los implicados”, (Peter Ducker); la auditoría es una oportunidad de mejora más no sirve para señalar posibles culpables, así también Francisco Javier Gonzales en su libro “Auditoría de Mantenimiento e Índices de Gestión”, enfoca el éxito de una auditoría a la predisposición al cambio de las verdades del momento por parte de los propios interesados.

Existen auditorías técnicas, las cuales se refieren a las instalaciones, así como las auditorías de gestión que son guiadas por las normas ISO 19011, y que se dedican a determinar el grado de excelencia de cierta área en la forma de gestionar los recursos, dirigida a la mejora continua (ciclo de la calidad).

Las auditorías de gestión, consideran aspectos importantes que determinan las condiciones en las que se encuentra el área funcional implicada: en mantenimiento lo que obligadamente se debe analizar son las siguientes:

- Organización de las actividades de mantenimiento.
- Nivel de formación de los empleados.
- Técnicas y tecnología para la actividad.
- Documentación técnica que utiliza.
- Planificación de actividades.
- Parámetros de control y calidad de información.
- Costos de mantenimiento y presupuestos.
- Contratación.

En otras palabras y tomando en parte lo que indica Fernando Espinoza Fuentes en su obra editada por la Universidad de TALCA, (AUDITORÍA PARA LA EFECTIVIDAD DE MANTENIMIENTO), el objetivo de una auditoría de mantenimiento es identificar, en donde la organización se encuentra bien implementada, cuáles son los factores débiles (identificar problemas) para dar soporte y cuáles son los factores fuertes de la actividad para potenciarlos aún más,

(proponer soluciones). Esta herramienta provee una visión de las condiciones relativas a las buenas prácticas de mantenimiento.

Generalmente el resultado de una auditoría nos demuestra el índice de conformidad, que es la diferencia entre un departamento modelo versus un departamento que requiere reingeniería, determinándose la evolución del nivel de madurez.

El asunto más importante, de la realización de una auditoría es el PLAN DE ACCIÓN, dirigido exclusivamente a la solución de problemas detectados, relacionados con las pérdidas de efectividad de los equipos, con la intención de alcanzar en lo posible la “Gestión Perfecta”, que sin considerar una utopía, es un proyecto alcanzable mediante la implementación de directrices de clase mundial, considerandos indicadores de aspectos esenciales para el normal desenvolvimiento de las actividades de mantenimiento tales como:

- La ejecución de actividades por parte de operarios: Aplicando Mantenimiento Autónomo, el cual implica que el encargado pueda identificar fallas, el cuidado de los equipos, limpieza, lubricación, reparaciones menores, etc.
- El mejoramiento continuo de los equipos
- Educación y capacitación de los responsables de mantenimiento.
- Recopilación de información, evaluación y satisfacción de las necesidades del cliente.
- Establecimiento de prioridades adecuadas a los servicios

- Evaluación de los servicios necesarios e innecesarios
- Análisis adecuado de la información y aplicación de soluciones simples pero estratégicas. como son los índices de clase mundial.
- Planificación de mantenimiento con enfoque en la estrategia por tipo de equipos.
- Sistema de mantenimiento con auxilio de procesamiento electrónico de datos
- Herramientas y dispositivos de medición : Tratamiento de fallas
- Reconocimiento del potencial y mejora de productividad además de la implementación de soluciones estratégicas.
- Acompañamiento de los costos de ciclo de vida de los equipos.

Elementos indicados en el Primer Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento (Lourival Augusto Tavares 2003).

Realizar una auditoría es comprobar cómo se gestiona los recursos de aspectos importantes de un área funcional en este caso, el mantenimiento.

1.2.4 Gestión de riesgos

El riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un evento no deseado por las consecuencias asociadas, dichos eventos pueden ocurrir por las fallas de los equipos, está representada mediante la ecuación fundamentada en el concepto mismo:

$$r = P X I \quad (2)$$

Riesgo = Probabilidad x Intensidad

El valor del riesgo está influenciado por los siguientes factores:

1. Factor de riesgo (G). (Su presencia aumenta la posibilidad de que se produzca un evento no deseado).

$$r = P \times I \times G \quad (3)$$

2. Factor de Seguridad (S). (Su presencia disminuirá la posibilidad de que se produzca un evento no deseado).

Consecuentemente se tiene:

$$r = \frac{P \times I}{S} \quad (4)$$

Dónde:

r = Evaluación del riesgo.

P= Coeficiente de probabilidad o frecuencia.

I= Coeficiente de intensidad o impacto.

S= Coeficiente de seguridad.

G= Coeficiente o factor de riesgo

(Pita Fernández S, 2002)

Para modificar el resultado del riesgo, se debe variar la probabilidad de ocurrencia, componente donde actúa los factores de seguridad y/o de riesgo.

El coeficiente de seguridad (S_i) valora la aplicación de medidas de protección, generalmente proviene de experiencias o de la práctica.

El coeficiente de seguridad total (S) es la suma de los coeficientes parciales sobre el número de factores considerados, entendiendo que cada uno de estos puede ser un nicho de mejora.

Por lo tanto:

$$\frac{S(t) = \sum_{i=0}^n}{n} \quad (5)$$

Isabel San Casares José. (2013).

Considerando lo expresado en la ecuación (2), se puede deducir que, el tiempo que el equipo se encuentra operativo para realizar actividades productivas está en función de la confiabilidad del mismo, y contrario a este concepto la No confiabilidad, parámetros que representan las fallas, así como los tiempos de parada (García J. , 2004)

Luego:

El riesgo de falla se determina mediante:

$$r = F X I \quad (6)$$

$$r = \frac{1}{MTBF} X I \quad (7)$$

Donde:

F = No confiabilidad

I = Intensidad

r. = Riesgo

MTBF= Tiempo medio entre fallas

En resumen, el funcionamiento de un activo, sin un correcto mantenimiento, podría considerarse un acto de alto riesgo que generalmente termina en un evento no deseado, estas circunstancias ocurre a pesar de los SISTEMAS DE PROTECCIÓN, inherentes en casi toda actividad industrial, por lo tanto para reducir la probabilidad de ocurrencia es necesario realizar tareas adecuadas que solucionen más no solamente sus consecuencias, aportando la confiabilidad operacional necesaria que sirve de atenuante del riesgo,

El éxito de las filosofías de mantenimiento aplicadas en las empresas están supeditadas al correcto manejo de los riesgos, por lo tanto conseguir una mayor confiabilidad operacional a través de nuevas metodologías aportan a la disminución de los eventos no deseados y el resultado de la gestión integral es una mejor conservación de los activos. (Muñoz, 2004)

Las etapas de la gestión de riesgos, como son, análisis, evaluación y tratamiento, se desarrolla mediante una metodología que toma en consideración los principios, expresados en la ecuación (2), (evaluación del riesgo) y guiados por las normas ISO 31000.

El proceso de la gestión de riesgos debe ser parte integral de la actividad de mantenimiento, incluirse dentro del plan de tareas para evitar fallas y sus consecuencias; esquemáticamente se compone de:

Estructura General de Análisis de Riesgos Basada en el Modelo de ISO 31000:2009

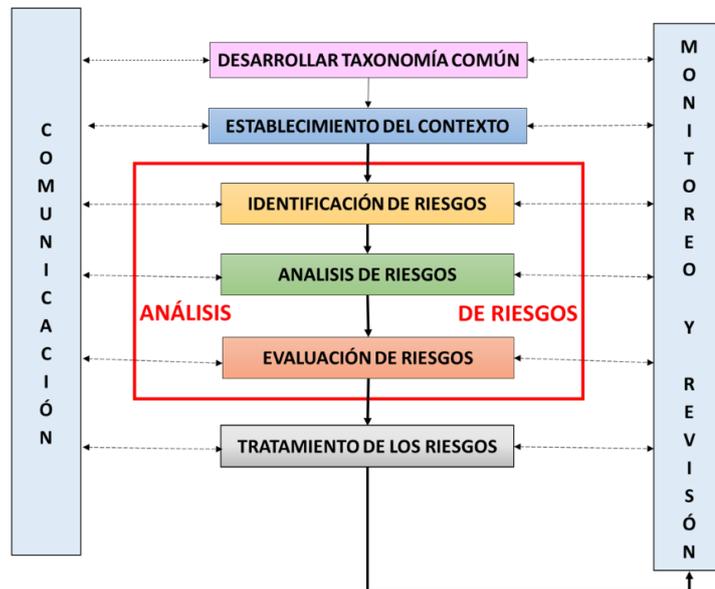


Ilustración # 3. Esquema del proceso de gestión de riesgo según ISO 31000.

- a) Establecer el contexto
- b) Identificar los riesgos
- c) Análisis de los riesgos
- d) Evaluación de los riesgos.
- e) Tratamiento de los riesgos

Siempre existirá la probabilidad que una maquina falle por causa del riesgo asumido afectando a los pilares del sistema productivo como son, la Mano de obra, la Maquinaria, los Materiales y el Medio ambiente, (4M)¹⁵.

Cada área funcional debe aportar información concerniente a la seguridad, analizando no solamente los riesgos estandarizados para las condiciones de trabajo,

¹⁵ 4M= 4 pilares del sistema productivo

lo cual es correcto, sino también los riesgos asociados a los modos de falla de los equipos críticos que pueden llegar a ser fatales.

La administración de riesgos no puede ser concebida como una actividad aislada, requiere un enfoque sistémico y multidisciplinario para integrarlo con los demás componentes de gestión de una empresa, (Luis Felipe Sexto 2015)

1.2.5 Contratación de seguros.

Las políticas que las empresas adoptan para salvaguardar su patrimonio de un evento no deseado pueden ser, la reducción, eliminación, transferencia o retención del riesgo (Isabel Casares San José Marti, 2013).

La alternativa más utilizada y viable, generalmente es la de transferencia del riesgo, sea de un porcentaje o del total del valor en juego, mediante la contratación de pólizas de seguros que determinan los derechos y obligaciones de las partes.

Dentro de los elementos esenciales y que no pueden faltar en una contratación de seguros según (DS 1147) deben estar:

1. El asegurador
2. El solicitante
3. El interés asegurable
4. El riesgo asegurable
5. El monto asegurable
6. La prima o precio del seguro
7. Obligación del asegurador.

Como se puede observar el riesgo es un elemento esencial del contrato de seguros y al que se encuentran expuestos el interés asegurable, dependerá por lo tanto de la posibilidad e intensidad de la materialización del riesgo para que este tenga un valor determinado generalmente mediante estadística o llamado dentro del lenguaje de seguros, PERDIDA ESPERADA.

A continuación se detalla, algunas definiciones básicas para el análisis de la contratación de seguros.

- Probabilidad (P): Es la posibilidad de que algo ocurra, sus límites son $0 \leq P \leq 1$, y se define como:

$$P = \frac{\text{número de ocurrencias}}{\text{número de posibilidad}} = 0 \leq P \leq 1 \quad (8)$$

- La denominada “LEY DE GRANDES NÚMEROS”: Es el teorema fundamental de la teoría de probabilidades, emitida por Poisson (siglo XIX), cuyo enunciado indica que, mientras más observaciones se realiza, más cerca de la realidad se encuentra, es decir que la certeza es directamente proporcional al tamaño de la muestra.
- Base técnica: Cálculos actuariales aplicables a cada ramo
- Selección de riesgo: Se encasilla en dos tipos, el riesgo físico y el moral, su selección dependerá de la información que arroje la inspección.
- Interés Asegurable: Relación lícita de la persona que asegura y el objeto asegurado.
- Suma Asegurable: Valor económico del interés asegurable.

- Valuación de bienes: Existen dos criterios.
 1. Valor depreciado: En función de la edad del equipo y desgaste
 2. Valor de reposición: En función del valor de un equipo nuevo.

La forma de valoración dependerá del tipo de ramo que se trate y del costo del posible daño para que la pérdida ocurrida tenga el enfoque de pérdida total o parcial.

- Casuística: Acción que provoca una serie de eventos.
- Obligaciones del asegurado: En resumen, la principal obligación que tiene el asegurado es mantener el equipo fuera de circunstancias que agraven el riesgo, para lo cual debe observar
 - a. Medidas para mantener en buenas condiciones el bien asegurable
 - b. Seguir las instrucciones del fabricante
 - c. Respetar las normas de operación.
- Prima: Cantidad que el asegurado entrega a la aseguradora, como prestación de un servicio de asumir responsabilidades determinadas en un contrato o póliza, viene dado por:

$$Pr = \text{Valor Asegurado} \times \text{Tasa \%} \quad (9)$$
- Cálculo de la Prima: Está integrada por :
 - a. Índice de siniestralidad
 - b. Índice de gastos administrativos.

- c. Factor de corrección.
- d. Beneficio industrial y de corrección.

La población de activos utilizados para la producción minera, pertenece al ramo de Ingeniería, denominado “Equipo y Maquinaria”, cubre un siniestro mientras la causa sea externa, y se encuentre operando en la ubicación geográfica declarada, excepto las expresamente excluidas en la póliza.

Entre las exclusiones, que menciona la mayoría de este tipo de pólizas, salvo lo contrario expresado en el contrato están:

- a. Los daños provocados por causas mecánica internas,
- b. Los daños provocados por desgaste o deterioro normal de trabajo.
- c. Falta de lubricación.

NOTA: (Sin embargo, si a consecuencia de la ocurrencia de estas exclusiones, se produjera un accidente, tales daños consecuenciales si están cubiertos). (Póliza de Seguros de equipo y maquinaria contratista)

1.2.6 Modelo del sistema de gestión de mantenimiento.

Existe un modelo de gestión perfecta? , esta es una pregunta complicada de señalar con una respuesta positiva, debido a que el factor cambio actúa en cada segundo de tiempo que transcurre y la verdad actual quien sabe si será la del mañana, por lo expuesto, definir directrices que perduren por la eternidad es imposible.

Por el momento no hay una guía, ni una norma internacional para realizar modelos de gestión de mantenimiento, pero si existen ejemplos o modelos probados a seguir, que pueden ser adecuados para cubrir las necesidades de una

organización que proyecte ser de clase mundial y de cierta manera contribuya a mitigar los riesgos de ocurrencia de eventos no deseados derivadas de una gestión inadecuada de las tareas de mantenimiento de los equipos.

¿Qué es clase mundial? Tampoco existe una concepción clara de esta frase, pero se podría aceptar la emitida por (Alcantar, 2014) expresada en su trabajo de maestría en administración titulada ¿Qué son empresas de clase mundial? donde indica que este término es utilizado para demostrar la calidad de una empresa”.

En definitiva, empresas de Clase Mundial, suele ser consideradas aquellas que llevan un alto grado de calidad internacionalmente conocidas en sus productos, y por consiguiente en sus procedimientos de operación, como un ente que cumple normas oficialmente reconocidas y basados en el ciclo de calidad o mejora continua.

Bajo este contexto, para determinar un modelo de gestión de mantenimiento, se debe tomar en cuenta que este se alineará a la estrategia general de la empresa, como parte fundamental del apoyo a la producción, dicho modelo debe aportar valor al área funcional, así también orientada en el ciclo de PHVA¹⁶, y tomando en cuenta los aspectos débiles que la organización pueda tener, para repotenciar estos factores.

¹⁶ PHVA = Siglas referentes a las acciones del ciclo de calidad (conocido como ciclo Deming)

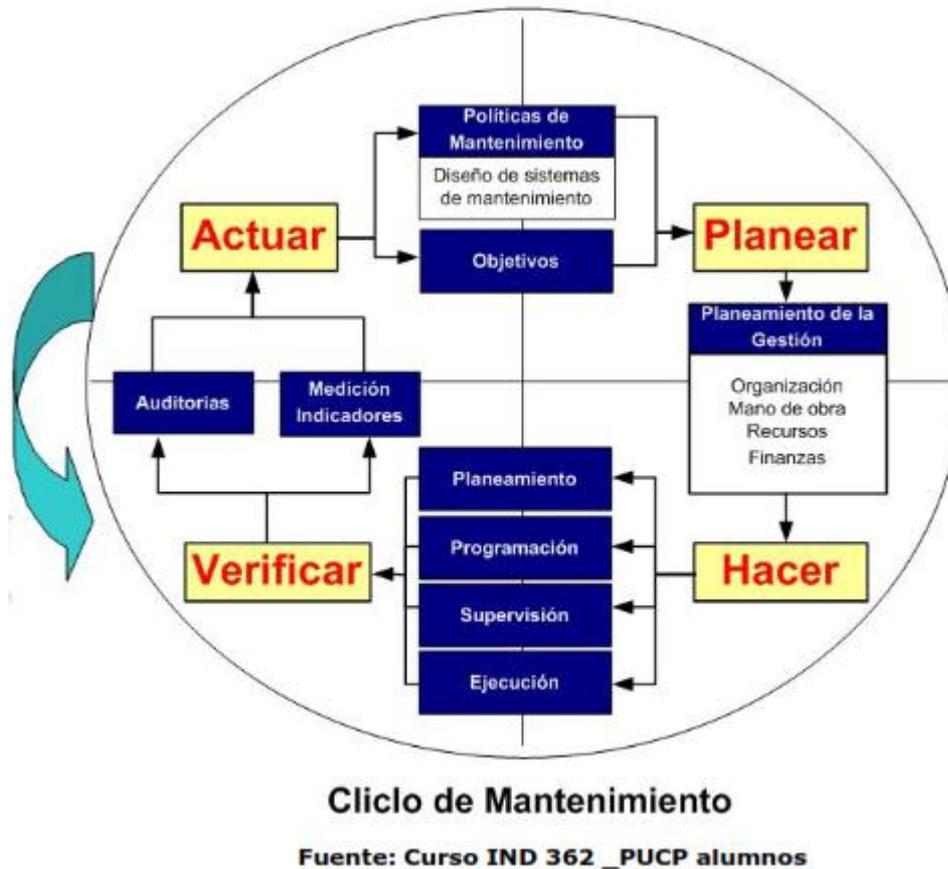


Ilustración # 4: Ciclo de mantenimiento considerando mejora continua

Es importante partir del conocimiento de la etapa generacional en la cual se encuentra ubicado el mantenimiento del área funcional, para concebir un modelo en el cual se priorice acciones concretas que colaboren con su evolución, siendo necesario trabajar sobre los diferentes niveles organizativos de la sección, tales como el estratégico, el táctico, el operativo, responsabilizándolos de su éxito a quienes se encuentran al frente.

“Una correcta gestión de mantenimiento da como resultado un aumento en la confiabilidad operacional, por lo tanto es procedente un cambio en la concepción actual, con el propósito de evolucionar a un modelo donde los llamados indicadores de clase mundial RAM, sea la carta de presentación que demuestre el

desempeño de la gestión” (Coetzee) estudioso del tema propone una estructura de gestión de mantenimiento que recopila gran cantidad de detalles a considerar como parte de un modelo exitoso, así también la implementación combinada de filosofías de mantenimiento, que se adapten a la estructura y necesidades de las instituciones.

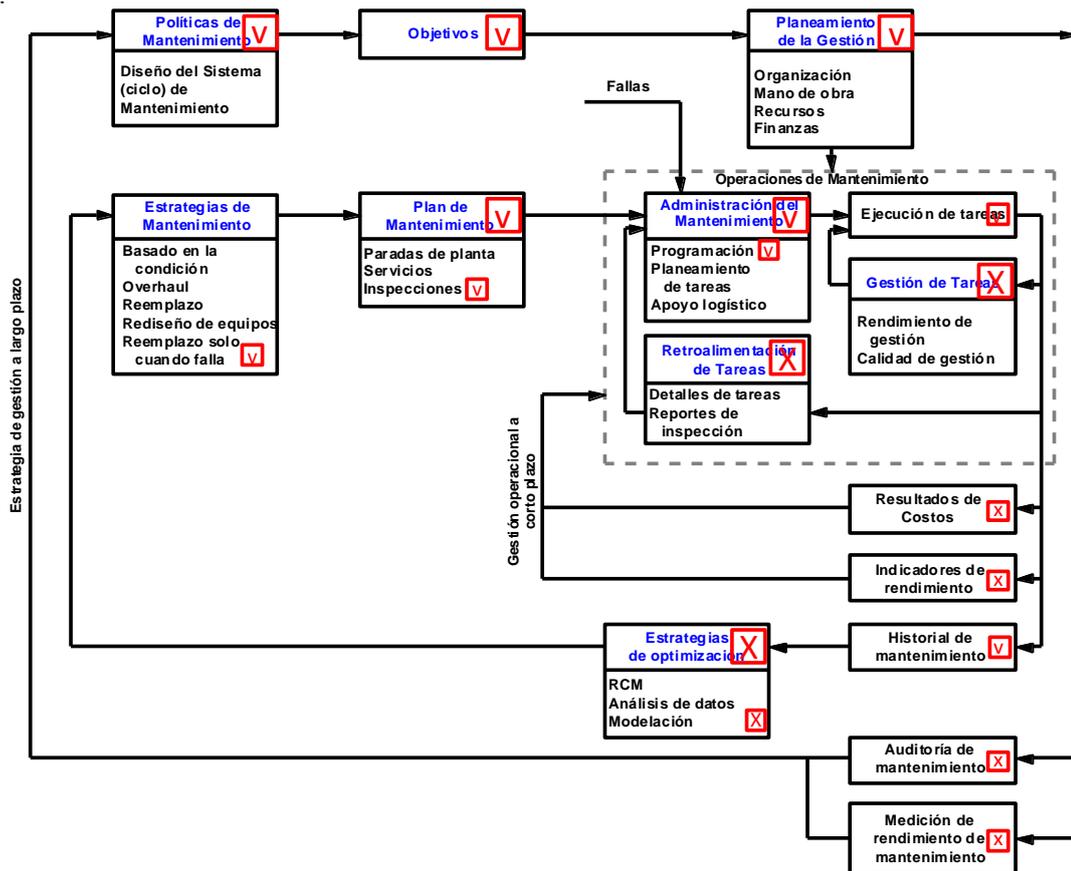


Ilustración # 5: Esquema del modelo de gestión propuesto por Jasper Coetzee

Este modelo, consiste en dos ciclos sobrepuestos, un ciclo externo que representa al proceso de gestión de mantenimiento general de la compañía, mientras que un ciclo interno hace referencia al proceso técnico operacional de la sección implicada, siendo responsabilidad e iniciativa independiente su aplicación integral.

1.2.7 Estrategia empresarial de la Cía. UCEM-CEM-PG.

“La gestión estratégica, es un concepto sumamente amplio e integral, en la medida en que comprende un conjunto de acciones que son de competencia de la alta dirección de la organización, corresponden al nivel de la macro administración de la misma, tienen un horizonte de planeación que comúnmente abarca varios años, y establecen relaciones entre la organización, su entorno y sus grupos de interés particular y específico denominados en inglés stakeholders” (Coronel, 2015)

Para armar un modelo y una estrategia de gestión, es necesario partir de la ubicación en la que se considera se encuentra el mantenimiento en el contexto operacional.

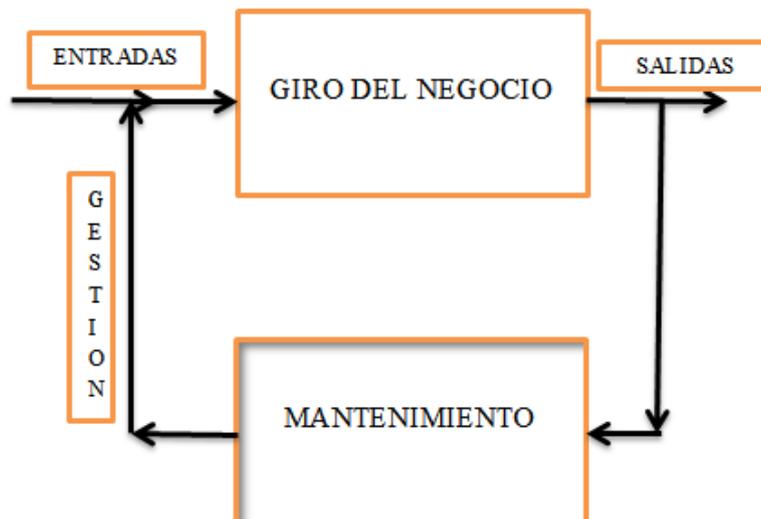


Ilustración # 6: Ubicación de mantenimiento en la cadena de valor de la Cía.

En el caso del área funcional de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG, es un apoyo para el área productiva dentro del esquema de procesos, por lo que debe estar alineado con la planificación estratégica de la empresa.

La planificación estratégica empresaria de UCEM-CEM-PG parte de un análisis de la situación actual tanto externo como interno y del conocimiento de sus procesos.

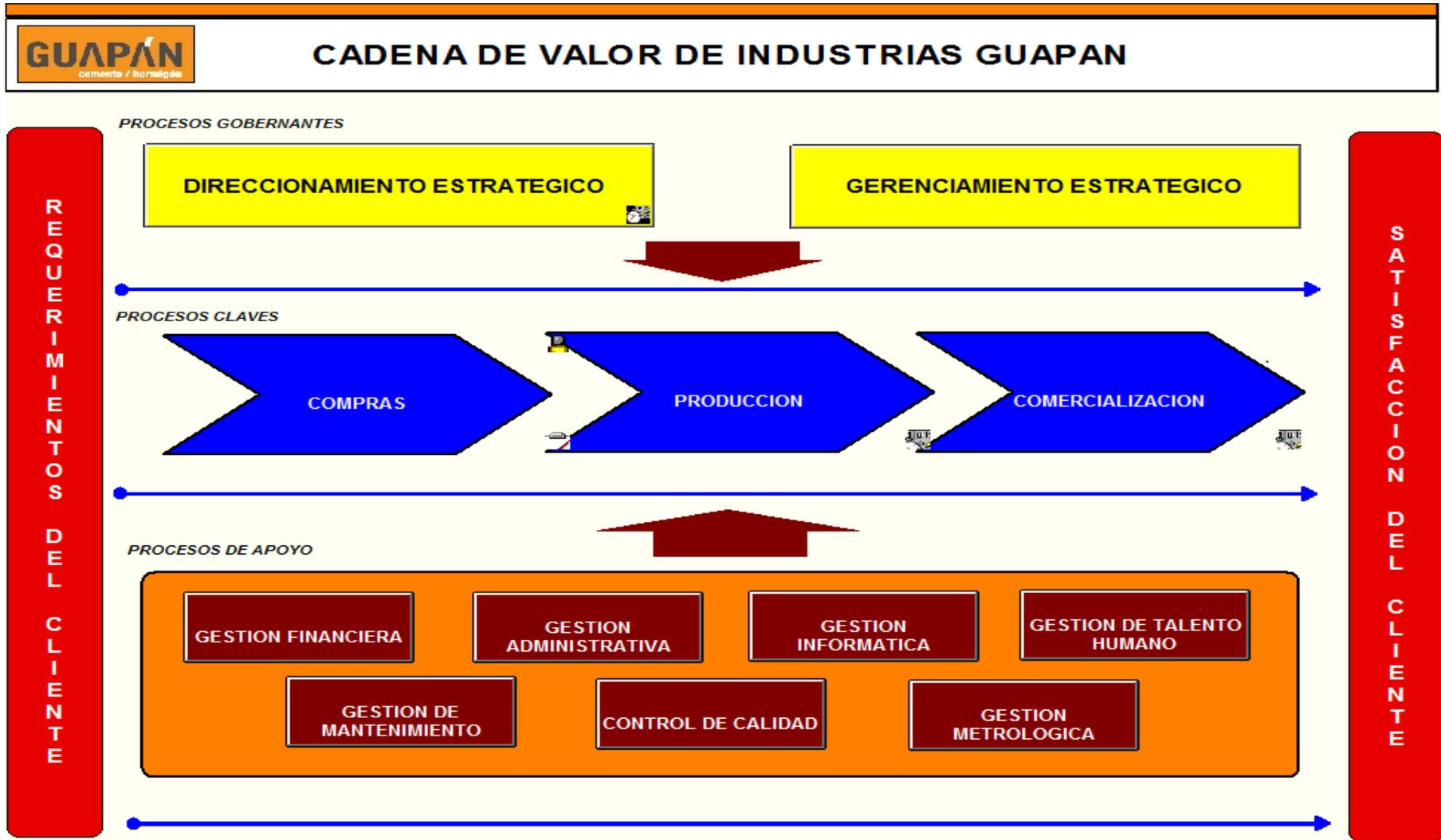


Ilustración # 7: Cadena de valor de UCEM-CEM-PG

Misión.-

Producir y comercializar cemento y productos derivados con altos niveles de productividad y calidad para satisfacer las necesidades de sus clientes contribuyendo al desarrollo del país con responsabilidad socio ambiental y crecimiento sostenido.

Visión.-

Cimentar el desarrollo nacional, mediante la efectividad de sus procesos, talento humano calificado y comprometido para posicionarnos como la unión cementera líder en el mercado.

Política de Calidad.-

Unión Cementera Nacional Compañía de Economía Mixta produce y comercializa cemento y derivados con calidad, mediante un modelo de mejoramiento continuo de sus procesos para satisfacer los requerimientos de nuestros clientes.

Estrategia Empresarial

Nuestra estrategia empresarial se sustenta en la implementación de mejoras tecnológicas en los procesos para alcanzar la mayor rentabilidad económica y rendimiento técnico, que garantice el desarrollo pleno de la capacidad productiva de la planta, a fin de satisfacer las altas exigencias que demandan nuestros clientes del sector de la construcción ofreciéndoles un producto que garantice su calidad, y manteniendo la imagen corporativa de UCEM-CEM-PG

EJES ESTRATEGICO	OBJETIVO ESTRATEGICO	OBJETIVO
Productividad Sistémica basada en innovación tecnológica y eficiencia energética	Asegurar nuevas reservas y provisión de calizas, puzolanas y áridos	Gerente de Planta
	Mejorar la eficiencia operativa de la planta actual	Gerente de Planta
	Incrementar la capacidad instalada en molienda de cemento	Gerente de Planta
	Instalar una nueva línea de producción de cemento	Gerente de Planta
	Fortalecimiento y diversificación de productos derivados del cemento	Gerente de Planta
	Matriz energética	Gerente de Planta
	Reducir costos de producción	Gerente de Planta
Equidad Empresarial y Responsabilidad Social – Ambiental	Implementar sistemas integrados de gestión calidad, seguridad y ambiente	Rep. De la Dirección Jefe de Seg. Industrial Sup. del Ambiente
	Implementar un sistema de gestión del talento humano para satisfacción del cliente interno	Director Administrativo
	Fortalecer las relaciones con los proveedores	Dirección Financiera
	Fortalecer las relaciones con comunidades y gobiernos locales.	Director Administrativo
	Implementar un plan de responsabilidad social empresarial.	Director Administrativo
Satisfacción y Generación de valor para los Clientes	Implementar un sistema efectivo de comunicación y relacionamiento con el cliente.	Jefe de Comercialización
	Mantener la actual participación en el mercado nacional	Jefe de Comercialización

Ilustración # 9: Cuadro de estrategia integral de valor desarrollado para UCEM-CEM-PG.

Estos componentes, extraídos del direccionamiento estratégico general desarrollado para la Cía. UCEM-CEM-PG, son el inicio del marco referencia de este modelo de gestión, en vista que su enfoque es integral, al ser en este caso el mantenimiento un apoyo para el sistema productivo, resalta su posicionamiento dentro de un marco global dirigido a “Mejorar la eficiencia operativa de la planta”.

Un factor importante para que un modelo de gestión tenga éxito por parte de la organización, es el compromiso con el cambio, pues todo esfuerzo sería impugne si se continúa realizando lo mismo en algo que se desea mejorar, solo se obtendrá los mismos resultados; de aquí que la transición para evolucionar generacionalmente en el área de mantenimiento estará en función de la participación de sus integrantes, reconocimiento de su directivos y la identificación clara de oportunidades y beneficios.

1.2.8 Obtención de factores atenuantes del riesgo

La estrategia planteada en la etapa de planificación por parte del nivel estratégico de UCEM-CEM-PG, es implementar la confiabilidad operacional, misma que se mide con la aplicación de metodologías RAM, en conjunción con los tipos de mantenimientos conocidos como PROACTIVOS, las cuales definirán índices de gestión que son susceptibles de análisis:

-Sobre la confiabilidad. (R)

El RCM, como una herramienta, o táctica para alcanzar la confiabilidad operacional, debe ejecutarse en equipos importantes dentro del proceso productivo, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de las consecuencias a la que pertenecen las fallas estudiadas.

El RCM permite, determinar cuáles son las tareas, de mantenimiento adecuadas para cada activo físico en su contexto operacional, para lo cual se debe conocer ampliamente el mismo.

Los requisitos para la implementación de RCM según la norma SAE JA1011¹⁷, indica la respuesta a preguntas básicas, relacionadas con las fallas:

-Sobre la disponibilidad (A)

La clase de disponibilidad ha utilizarse es la genérica, apropiada para organizaciones que no predicen, ni manejan RAM, donde la información se limita a tiempos de funcionamiento y tiempos de parada a lo sumo; UCEM-CEM-PG, es una Cía que esta iniciando en este campo, por la que se considera pertinente.

- Sobre la mantenibilidad: (M)

La relación entre el tiempo necesario para recuperar las funciones de los equipos o sistemas y las acciones que se deciden sobre las tareas de mantenimiento, dependen de la fase en la cual se encuentre dicho sistema dentro de tiempo y en función de las tasas de fallo. (Mora Gutiérrez, 2009) , esta ubicación definirá el tipo y la estrategia tanto de operación como de mantenimiento a realizarse, mismo que puede ser PROACTIVO, hasta REACTIVO según los condiciones del equipo analizado.

La proporcionalidad existente entre la edad de un activo y la probabilidad de fallo no es regla general, sino más bien lo que influye es el tipo de activo y contexto operacional en el que se desarrolla, estos factores determinan los patrones de falla, que se presentan a lo largo del ciclo de vida del activo productivo. En resumen las fases que se presentan durante el período de funcionamiento de los equipos se detallan a continuación:

¹⁷ SAE JA1011 = Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices) , Norma de Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

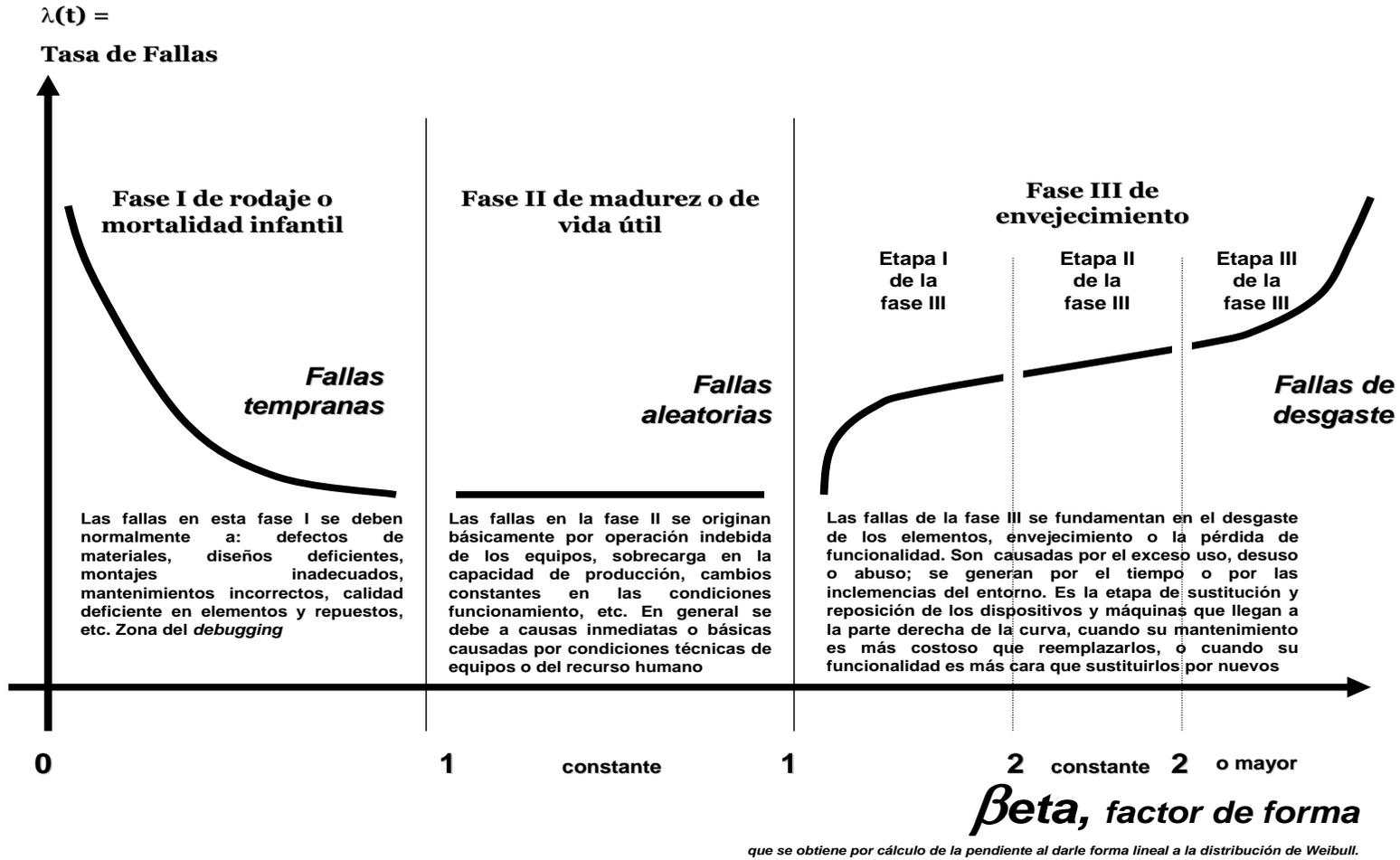


Ilustración # 10: Curva de la bañera, Curva de Davis.

(Mora, 2007b).

- Sobre el Mantenimiento Proactivo:

Es un concepto que justifica la eficiencia lograda tanto del mantenimiento preventivo como predictivo, disminuyendo las paradas imprevistas y aportando confiabilidad operacional; se relaciona de manera directa con los resultados del análisis causa – efecto; lo contrario de este término es el Mantenimiento Reactivo, el cual en algunos casos analizados es el adecuado, pero no de mucha injerencia en la mayoría de los equipos de producción planificada.

Para direccionar la correcta utilización de los factores atenuantes del riesgo, se debe tener claro que *“la forma como se pueden reducir los costos de mantenimiento se enfoca en dos ambientes: en la confiabilidad mediante el control de sus indicadores (Gonzales 2004) para garantizar los tiempos entre mantenimientos planificados, y en la mantenibilidad que contribuye a disminuir los tiempos de reparación y servir de base para el análisis de fallas FMECA, en la erradicación de las fuentes de paradas imprevistas (Mora Gutiérrez, 2009).*

En la cotidianidad de la función de mantenimiento en una empresa, el tiempo es un factor limitante, por lo tanto es indispensable facilitar la gestión e integración de las técnicas que se pretende implementar, para lo cual generalmente se utiliza herramientas de apoyo, conocidas como software, aplicable a cada tipo de necesidades, estos suelen ser CMMS¹⁸, EAM¹⁹, ERP²⁰, entre otros, llegando a ser

¹⁸ CMMS = (Computerized Maintenance Management System) Sistema computarizado de gestión de mantenimiento.

¹⁹ EAM = (Enterprise Asset Management) Gestión de Activos Empresariales.

²⁰ ERP = (Enterprise Resource Management). Planificador de recursos empresariales.

la mejor opción para el control y administración de la información generada por las diferentes actividades de una Cía.

Actualmente existen en el mercado, gran variedad de estos programas, que se pueden adaptar a las necesidades del entorno, pero para iniciar la implementación de RAM, se considera de mayor utilidad desarrollarlos internamente en función de sus requerimientos.

CAPÍTULO 2

UBICACIÓN GENERACIONAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO EN UCEM-CEM-PG.

UCEM-CEM-PG al ser una compañía que tiene su trayectoria en el tiempo, debió haber evolucionado conjuntamente con las técnicas de mantenimiento, sin embargo la percepción errónea de considerar a esta actividad solamente como generadora de gastos y el cambio inesperado del contexto operacional, no ha permitido que el área funcional encargada del mantenimiento del equipo minero trascienda más allá de los conceptos y prácticas tradicionales de conservación, posicionándose en una etapa indefinida, que es necesario evaluarla el propósito de obtener resultados que se tomarán como base en el proceso de mejora, para lo cual se ha solicitado la colaboración del Jefe de Mantenimiento Programado de la institución, Ing. Diego Padrón y mediante una entrevista estructurada, informar con elementos de causa, sobre la situación consultada.

A continuación se esboza cuatro bloques de preguntas cerradas, que tienen la finalidad de diagnosticar la ubicación generacional del mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

En cada bloque se encuentra un cuestionario que incluye las diferentes condiciones y metodologías aplicadas dependiendo la generación a la que corresponda, como se referencio en el capítulo # 1.

Las pregunta tiene dos opciones, “cumple” o “no cumple” y en que intensidad lo hacen, este valor es referencialmente sobre 100 puntos cada una, el valor promedio para cada conjunto de preguntas determinan el estado de cumplimiento

de los factores referente a la generación en la que se encuentra, al realizar esta calificación descriptiva, se obtiene valores de apreciación relativa de todos los aspectos y se puede comparar entre ellos.

Para definir la intensidad se considera la siguiente ponderación.

VALORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE UCEM-CEM-PG:

> 75%: Gestión encaminadas a la consecución de un objetivo.

< 75%, > 50%: Gestión proyectada a mejorar

<50%, > 25%: Gestión en su etapa inicial

<25%: Gestión desconocida.

ANÁLISIS GENERACIONAL DE MTTO DE LA COMPAÑIA UCEM-CEM-PG				
ETAPA GENERACIONAL	CONDICIONES	CUMPLE	NO CUMPLE	%
PRIMERA GENERACIÓN	REPARAR EN CASO DE AVERIAS	X		100
	MTTO BASICO LIMPIEZA Y ENGRASE	X		100
VALOR TOTAL				200
PORCENTAJE				100%
SEGUNDA GENERACIÓN	MAYOR DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA	X		90
	MAYOR VIDA UTIL DE LOS ACTIVOS	X		95
	ANALISIS Y REDUCCION DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	x		90
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO	X		60
	APROVECHAR LA TECNOLOGIA INFORMATICA	X		80
	ADOPTAR RCM		X	0
	ADOPTAR TPM		X	0
VALOR TOTAL				415
PORCENTAJE				59,29%
TERCERA GENERACION	MAYOR CONFIABILIDAD, SEGURIDAD , Y CALIDAD AMBIENTAL	X		50
	ADOPTAR RCM PARA EQUIPOS VITALES		X	0
	ADOPTAR INSPECCION BASADO EN RIESGOS		X	0
	ADOPTAR ANALISIS CAUSA RAIZ		X	0
	EL MANTENIMIENTO VISTO COMO AREA FUNCIONAL		X	0
VALOR TOTAL				50
PORCENTAJE				10%
CUARTA GENERACION	TOMA DE DESICIONES BASADO EN COSTO RIESGO - INCERTIDUMBRE		X	0
	OPTIMIZAR LAS PARADA POR COSTO RIESGO		X	0
	OPTIMIZAR LOS INTERVALOS DE MANTENIMIENTO BASADO EN COSTO RIESGO.		X	0
	CALCULOS DE CONFIABILIDAD BASADOS EN EL DETERIORO		X	0
	ANALISIS CAUSA RAIZ		X	0
	ANALISIS DE CICLO DE VIDA		X	0
	CONFIABILIDAD INTEGRAL DL ACTIVO		X	0
	ALINEACION DE MANTENIMIENTO CON NORMAS INTERNACIONALES	X		20
VALOR TOTAL				20
PORCENTAJE				2,50%

Ilustración # 11. Análisis generacional de mantenimiento en la UCEM-CEM-PG.

De los resultados obtenidos en la ilustración #11 se tiene que:

1. La sección de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG, luego de un análisis porcentual de los elementos característicos de la denominada Primera Generación de mantenimiento, obtuvo el puntaje de 100%, propio de la mayoría de empresas de producción a nivel local, siendo esta la base de la escala generacional, mantiene los estándares de mantenimiento correctivo, y tareas básicas con el propósito de cumplir con los objetivos generales de la compañía.
2. Cumplida esta etapa de mantenimiento, se proyecta el análisis de la segunda generación, obteniendo un resultado del 59.29%, valor con gran capacidad de expansión en factores pertenecientes a esta etapa, como parte de una mejora continua.
3. En la tercera generación evolutiva de mantenimiento, la cifra decae a un porcentaje del 10%, lo cual determina la falta de atención en los componentes que hoy en día son vitales para el normal desarrollo de la actividad de mantenimiento.
4. Por último, un vistazo al puntaje de los componentes de la cuarta generación, observándose, que el 2.5% representa el inicio de un proyecto.

Producto de este análisis se concluye que las actividades de gestión de mantenimientos del equipo minero en UCEM-CEM-PG, esta cómodamente ubicado en la Primera Generación, con proyección a situarse dentro del mantenimiento de la Segunda Generación, lo cual indican la necesidad de utilizar

herramientas de última generación, así como técnicas de mantenimiento proactivo, para escalar al siguiente nivel generacional de mantenimiento, con el único afán de mejorar la confiabilidad operativa.

CAPÍTULO 3

ELABORACIÓN DE AUDITORÍA DE GESTIÓN EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG.

Una vez definida la ubicación generacional del mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG, es necesario realizar un plan de trabajo de carácter técnico, que afronte mejoras concretas del proceso, con el propósito de guiar a un cambio de la gestión hacia el siguiente nivel de madurez.

Siendo esta la intención, se propone una auditoría de gestión de la unidad encargada de realizar el mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG, para conocer las posibles desviaciones, y plantear acciones que servirán de guía para armar un modelo de gestión.

Para el efecto y dentro de los principios y requisito expresados en el CAPÍTULO # 1, apéndice 1.2.3 AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO, al realizar una auditoría, se procede con el protocolo de reuniones y entrevistas al personal encargado de esta tarea, como es el Supervisor de Mantenimiento Automotriz de la empresa y con el Gerente de Planta, Ing. Jaime Cadme.

Las actividades de la auditoría deben planificarse, programarse y comunicarse a los involucrados según un cronograma en el que se indique los temas a tratar, el propósito, el alcance, las fechas y horas, los documentos que se requieren, en suma, realizar las actividades características de un auditor, lo cual se detalla en la ilustración #12.

En la ilustración # 13 se plantea el alcance de la auditoría, se define los argumentos de no conformidad, ponderando rangos de cumplimiento en los cuales se considera se desarrolla las actividades.

Continuando con este proceso, en la ilustración # 14 se define los criterios de ponderación, es decir cuáles son los conceptos para evaluar las áreas funcionales.

En la ilustración # 15 determina el peso de cada una de las siete áreas funcionales; si bien todas son importantes, algunas son esenciales y tienen un porcentaje mayor de influencia en el trabajo de mantenimiento.

La siguiente ilustración #16, indica un fragmento de la hoja electrónica en Excel, elaborada para realizar cálculos de forma rápida, enfocada a brindar valor a cada una de las preguntas de cada bloque según las condiciones en la que se consigue la información, incluye ponderaciones, pesos de importancia, cálculos porcentuales de los resultados de cada área funcional (AF)²¹, el valor promedio del conjunto de preguntas de cada bloque para ser comparados posteriormente con los criterios de no conformidades. El documento completo se encuentra en el anexo respectivo.

En la ilustración # 17 se presenta el informe de hallazgos de no conformidades, las cuales deben ser gestionadas mediante un plan de acción, mismo que se observa en las ilustraciones # 18 y # 19, en las que se detalla, el área funcional, el tipo de no conformidad, las actividades a realizarse, el tiempo y el responsable de su ejecución. En este caso particular de UCEM-CEM-PG a la fecha indicada en el programa de auditoría los hallazgos encontrados fueron 7, de los cuales 2 son no

21 (AF): Área Funcional

conformidades mayores y tienen relación con áreas funcionales vitales del mantenimiento del equipo minero tales como:

(AF) #1. Organización, personal y relación: (Dentro de esta área funcional existe tres de seis elementos que presentan no conformidades)

-1.4 Plan de formación

-1.5 Motivación personal

-1.6 Comunicación.

(AF) #3. Ingeniería, inspección y mantenimiento: (Dentro de esta área funcional existe dos de siete elementos que presentan no conformidades)

-3.4 Investigación sistémica de averías.

-3.6 Análisis de métodos de trabajo

En función de los resultados, estos elementos serán la base para desarrollar planes de mejora y un modelo de gestión que evite o disminuya los riesgos a causa de sus falencias.

Agenda	Fecha:	22 de Agosto de 2015																								
	Local de Auditoría	Gerencia de Planta																								
		Requerimientos del Sistema de Gestión de Mantenimiento: AUDITOR: Al. Jhonny León	1.1 Adecuación de	1.2 Directrices de mantenimiento	1.3 Formación y cualificación del personal	1.4 Planes de formación	1.5 Motivación del personal	1.6 Comunicación	2.1 Sistemática de órdenes de trabajo	2.2 Coordinación especialidades	2.3 Establecimientos programas	2.4 Definición materiales	2.5 Estimación tiempos	2.7 Recepción de trabajos termina	2.8 Evaluación necesidades externas	3.1 Diseño y montaje de instalaciones existentes	3.2 Documentación técnica disponible	3.3 Historial de equipos	3.4 Investigación sistemática de averías	3.5 Gamas de mantenimiento	3.6 Análisis de métodos de trabajo	3.7 Dotación de medios de	4.1 Sistemática gestión compras	4.2 Recepción de materiales	4.3 Codificación, Recambios	
Ho ra:	AUDITOR	Procedimientos del Cliente																								
16:00	TODOS	REUNION DE APERTURA																								
16:15	A1	Caracterización de proceso de gestión de mantenimiento.	X	X	X																					
16:45	A1	Organización de personal				X	X	X																		
17:15	A1	Preparación y planificación del trabajo							X	X	X	X	X	X	X											
18:00	A1	Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo														X	X	X	X	X	X	X				
18:30	A1	Compras y bodega de manteniendo automotriz																						X	X	X
19:00	A1	Contratación																								
19:30	A1	Presupuesto de mantenimiento.																								
19:45	A1	Eficiencia																								
20:00	TODOS	REUNION DE CIERRE																								

Ilustración # 12 : Programación de la auditoría de mantenimiento

a) ALCANCE DE AUDITORÍA



AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO

ALCANCE

Auditoría de nivel particular de la empresa GUAPAN UCEM CEM, evalúa todas las áreas funcionales del proceso de mantenimiento

DETERMINACIÓN Y ARGUMENTACIÓN DEL CRITERIO DE NO CONFORMIDAD

CONFORMIDAD	NO CONFORMIDAD menor	NO CONFORMIDAD MAYOR
> 90%	60<NC<80%	<60%
Existen evidencias de que en los aspectos evaluados se cumple con suficiencia para el desarrollo de cada área funcional	Existen evidencias de que se tienen los elementos requeridos para el desarrollo de cada uno de los aspectos evaluados, según áreas funcionales, pero, requieren ser reforzados, afinados, corregidos	Se considera un alto nivel de criticidad, reflejado en la evidencia de carencias casi absolutas de cumplimiento en los aspectos evaluados

Ilustración # 13: Alcance de auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG

b) CRITERIOS DE EVALUACIÓN

CRITERIOS DE EVALUACIÓN POR ACTIVIDADES			
Ponderación	Áreas	AREAS/FUNCIONALES	CRITERIO PONDERACION
15	1. ORGANIZACIÓN, PERSONAL, RELACIONES		La responsabilidad operativa del mantenimiento se refleja en el organigrama de Mantenimiento. En ese aspecto es importante la formación y calificación del personal así como manejar adecuados niveles de comunicación dentro del área de mantenimiento
20	2. PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO		El aspecto operativo del área de mantenimiento resulta de suma importancia para el normal funcionamiento de la empresa
15	3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Resulta relevante ya que en el área de Mantenimiento las adecuaciones, el levantamiento de información y las acciones preventivas resultan el soporte de esta función en concordancia con la planificación y programación
10	4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO		Gran parte del mantenimiento es tercerizado, debido a ello, el stock destinado a mantenimiento es limitado, y está en función de los requerimientos
15	5. CONTRATACIÓN		Un porcentaje importante de los trabajos de mantenimiento son tercerizados
15	6. PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO		El presupuesto debe corresponder a los requerimientos anuales del área de mantenimiento, de modo que se satisfagan las necesidades
10	7. EFICIENCIA		El contexto operacional de GUAPAN no es el adecuado para exigir eficiencia, lo importante es la disponibilidad, esto se refleja en las

Ilustración # 14: Criterios de evaluación de la auditoría de mantenimiento.

c) CRITERIO DE PONDERACION DE AREAS FUNCIONALES

%	ÁREAS FUNCIONALES	Criterios
15	1. ORGANIZACIÓN, PERSONAL, RELACIONES	Todas las áreas funcionales son importantes dentro del mapa de procesos de la industria, sin embargo, las diversas operaciones y actividades de cada área funcional, dependen de la PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO
20	2. PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	
15	3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
10	4. COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	Esto depende del conocimiento de la realidad de la empresa....recordar que para iniciar la auditoria se solicita a la empresa información de la misma para conocer la realidad que se va a auditar
15	5. CONTRATACIÓN	
15	6. PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO	
10	7. EFICIENCIA	
100		

Ilustración # 15: Criterios de ponderación de las áreas funcionales

d) EVALUACION DE AUDITORÍA


AREAS/FUNCIONALES	% Ponderación FUNCIONES B	C-CALIFICACION										PROBLEMÁTICA	% Calificaci. AREA D=BxC/10	% Calificaci. MTTTO F=AxD/100	CONFORMIDAD					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	No conformidad Mayor	No conformidad Menor	Conformidad		
1. ORGANIZACIÓN, PERSONAL, RELACIONES	100															54,5	8,175	NCM		
1.1 Adecuación y balance del Organigrama	15											X			El área de mantenimiento no tiene un organigrama funcional adecuado	10,5		NC		
1.2 Directrices de Mantenimiento	15												X		Tiene relación con la función anterior, debido a la inexistencia del organigrama puede fallar el direccionamiento, ya que hay varias jefaturas	10,5		NC		
1.3 Formación y cualificación del Personal	20												X		Existe un plan de capacitación, sin embargo, no están dirigidos en cuanto a la temática necesaria y a los beneficiarios	12		NC		
1.4 Planes de formación	15					X									Existen los planes pero no se aplican	6		NCM		
1.5 Motivación del Personal	15							X							No existen programas de motivación, consecuencia de las falencias en las funciones anteriores	7,5		NCM		
1.6 Comunicación	20					X									Existen falencias en el sistema de comunicación, que puede crear inestabilidad en el personal y afectar su rendimiento. No hay comunicación entre mantenimiento y otras áreas funcionales (producción)	8		NCM		
2. PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	100															69,2	13,84	NC		
2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	14													X	Se dispone de un software, plan y programa de mantenimiento, el software funciona	12,6		C		
2.2. Coordinación de especialidades	13												X		Existen problemas en cuanto a los procedimientos de actuación del mantenimiento, se presentan problemas en el orden de las intervenciones y la programación, la falta de coordinación se ve influenciada por las fallas en la comunicación	9,1		NC		
2.3. Establecimiento de programas	12												X		Existen los programas, sin embargo no son los adecuados	8,4		NC		

Ilustración # 16: Evaluación de auditoría de mantenimiento de equipo minero de la Cía. UCEM-CEM-PG

e) INFORME DE AUDITORÍA

	AREA FUNCIONAL	CANTIDAD
NO CONFORMIDAD MENORES	1. Preparación planificación del trabajo. 2. Compras 3. Contratación 4. Presupuesto 5. Eficiencia	5
NO CONFORMIDAD MAYORES	1. Organización personal y relaciones 2. Ingeniería, Inspección y Mantenimiento.	2
TOTAL		7

Ilustración # 17: Resultados de la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Partiendo de los resultados obtenidos en la ilustración # 17, es necesario realizar tareas correctivas y/o preventivas, como oportunidades de mejora, análisis que se muestra a continuación:

Ponderación % Áreas	AREAS/FUNCIONALES/Aspectos a evaluar	CONFORMIDAD			ACTIVIDAD	DURACION	RESPONSA BLE
		No conformidad Mayor					
		No conformidad Menor					
		Conformidad					
15	3. INGENIERÍA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	NC		Realizar una inspección de la planta para determinar los requerimientos en cuanto a mantenimiento, instalaciones y adecuaciones, por áreas funcionales	2 años	Jefe de mantenimiento	
	3.2. Documentación técnica disponible	C					
	3.3. Historial equipos	C					
	3.4. Investigación sistemática de averías.	NC		Implementar una metodología de análisis causa raíz	2 años	Jefe de mantenimiento	
	3.5 Gamas de mantenimiento preventivo	NC		Realizar un análisis de la planificación, programación e instructivos relacionados con el mantenimiento preventivo	1 año	Jefe de mantenimiento	
	3.6. Análisis de métodos de trabajo	NCM		Crear un departamento de Ingeniería de Proyectos, Implementar metodologías de análisis de métodos y tiempos	dos años	Gerencia General	
	3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	NC		Realizar un inventario de equipos y dispositivos existentes en bodegas y diseñar un plan de implementación en planta	1 año	Jefe de mantenimiento	

f) PLAN DE ACCIÓN

Ilustración # 18: Plan de acción de la no conformidad mayor #1, encontrada, en la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Ponderación Áreas %	AREAS/FUNCIONALES/Aspectos a evaluar	CONFORMIDAD			ACTIVIDAD	DURACION	RESPONSABLE
		No conformidad Mayor	No conformidad Menor	Conformidad			
15	3. INGENIERÍA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
	3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	NC		Realizar una inspección de la planta para determinar los requerimientos en cuanto a mantenimiento, instalaciones y adecuaciones, por áreas funcionales	2 años	Jefe de mantenimiento	
	3.2. Documentación técnica disponible	C					
	3.3. Historial equipos	C					
	3.4. Investigación sistemática de averías.	NC		Implementar una metodología de análisis causa raíz	2 años	Jefe de mantenimiento	
	3.5 Gamas de mantenimiento preventivo	NC		Realizar un análisis de la planificación, programación e instructivos relacionados con el mantenimiento preventivo	1 año	Jefe de mantenimiento	
	3.6. Análisis de métodos de trabajo	NCM		Crear un departamento de Ingeniería de Proyectos, Implementar metodologías de análisis de métodos y tiempos	dos años	Gerencia General	
	3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	NC		Realizar un inventario de equipos y dispositivos existentes en bodegas y diseñar un plan de implementación en planta	1 año	Jefe de mantenimiento	

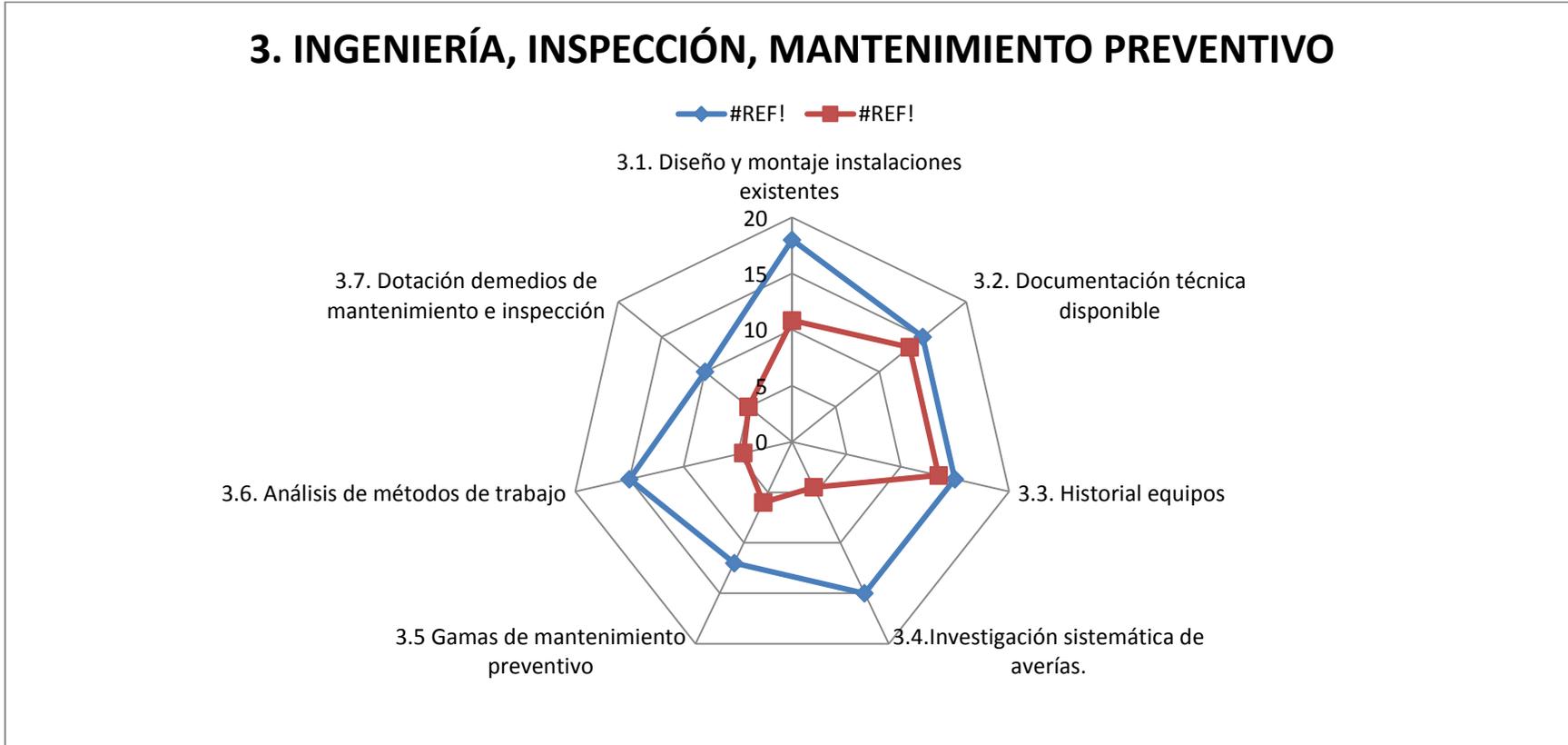


Ilustración # 19: Plan de acción de la no conformidad mayor #2, encontrada, en la auditoría de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

ANEXO A: AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO.

CAPÍTULO 4

GESTIÓN DE RIESGOS EN EL EQUIPO MINERO DE UCEM-CEM-PG.

La idea fundamental de conocer los riesgos a los que están expuestos el equipo minero utilizado en la explotación y transporte de materia prima para la fabricación de cemento en la Cía. UCEM-CEM-PG, es identificar las consecuencias de las fallas en su etapa de operación o funcionamiento.

El análisis de fallas, facilita información para procurar la solución o disminución de las causas de los riesgos inherentes.

Generalmente, los estudios de riesgo realizados por las empresas, para determinar sus aspectos débiles en las estaciones de trabajo, están basados en la seguridad industrial y pueden enmarcarse en: riesgos mecánicos, riesgos físicos, riesgos químicos, riesgos biológicos, riesgos ergonómicos, riesgos psicosociales, riesgos ambientales, etc. que efectivamente son situaciones que se presentan, pero generalmente no se toma en cuenta los riesgos que pueden producir la falta de mantenimiento adecuado en un equipo.

A continuación en la ilustración # 20, se presenta a manera de reseña, la matriz de riesgos considerada en la Cía. UCEM-CEM-PG, basado en elementos de la seguridad industrial y protección de personas, según el tiempo de exposición y tipo de riesgos comunes.

ANEXO B: MATRIZ DE RIESGOS DE UCEM-CEM-PG

(Fuente UCEM-CEM-PG)

EMPRESA	UCEM-CEM PLANTA GUAPÁN
ACTIVIDAD	PRODUCCIÓN DE CEMENTO
LOCACIÓN:	KM. 1.5 VIA A LA PARROQUIA GUAPÁN
FECHA (DD/MM/YYYY):	12/01/2016
ELABORADO	SEGURIDAD INDUSTRIAL
METODOLOGÍA	MATRIZ 3X3 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)

ÁREA	PROCESO	ACTIVIDADES	TOTAL PERSONAL	TOTAL MUJERES	TOTAL HOMBRES	TIEMPO DE EXPOSICIÓN HORAS /DÍA	TIEMPO DE EXPOSICIÓN HORAS / MES	Riesgos Mecánicos													Riesgos Físicos								
								Caída de personas a distinto nivel	Caída de personas al (Derrumbes)	Caída de objetos en manipulación	Pisada sobre objetos	Choque contra objetos inmóviles	Golpes/cortes por objetos herramientas	Proyección de fragmentos o partículas	Atrampamiento por o entre objetos	Atrampamiento por vuelco	Contactos eléctricos	Medios de izaje	Contactos eléctricos	Atropello o golpes por s	Estrés térmico	Exposición a radiaciones ionizantes (UV)	Exposición a radiaciones no ionizantes (UV)	Ruido	Contactos térmicos	Espacio confinado	Vibraciones	Iluminación	
ÁREA "A"	MINAS Y CANTERAS	Explotación y transporte de caliza	24	1	23	8	160	MO	MO	IP		MO	TO	TO			T							T	T	T	MO		
ÁREA "B"	TRITURACIÓN	Trituración primaria de la materia prima procedente de las canteras	6	1	5	8	160	MO	MO		TO	MO	TO	TO	MO	MO	T							T			MO		
ÁREA "C"	PREHOMOGENIZACIÓN	Se almacena el producto de la trituración y se realiza la pre homogenización	4	0	4	8	160	MO	MO		TO	MO	MO	MO	TO	MO	T							T			MO		
ÁREA "D"	MOLIENDA DE CRUDO	En este proceso se realiza la dosificación de la materia prima y se produce la molienda del crudo	5	0	5	8	160	MO	IP		MO	MO	MO	MO	MO	MO	T							T			MO	MO	
ÁREA "E"	HOMOGENIZACIÓN	En esta área se produce la homogenización del crudo en los silos	4		4	8	160	MO	IP		MO	MO	MO	MO	MO	MO								T			MO	MO	

Ilustración # 20: Matriz de riesgos de UCEM-CEM-PG.

Como se puede observar en la matriz gestión de riesgos de UCEM-CEM-PG, en primer lugar, aplica a toda la empresa, detallando peligros generales y hasta cierto punto obvios, por otro lado, no se evidencia un análisis de los riesgos presentados en la ejecución o por la falta de mantenimiento del equipo minero,

Entonces con el afán de manejar la incertidumbre que provoca una falla funcional de los equipos es necesario gestionar metodologías apropiadas para controlar el riesgo, basadas en normas internacionales, tal como se cita en el CAPÍTULO # 1, apéndice 1.2.4 GESTIÓN DE RIESGO, ilustración # 3:

a). Establecer el contexto

La explotación de materia prima es un subproceso, dentro del proceso general de la fabricación de cemento.

ANEXO C: (PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO)

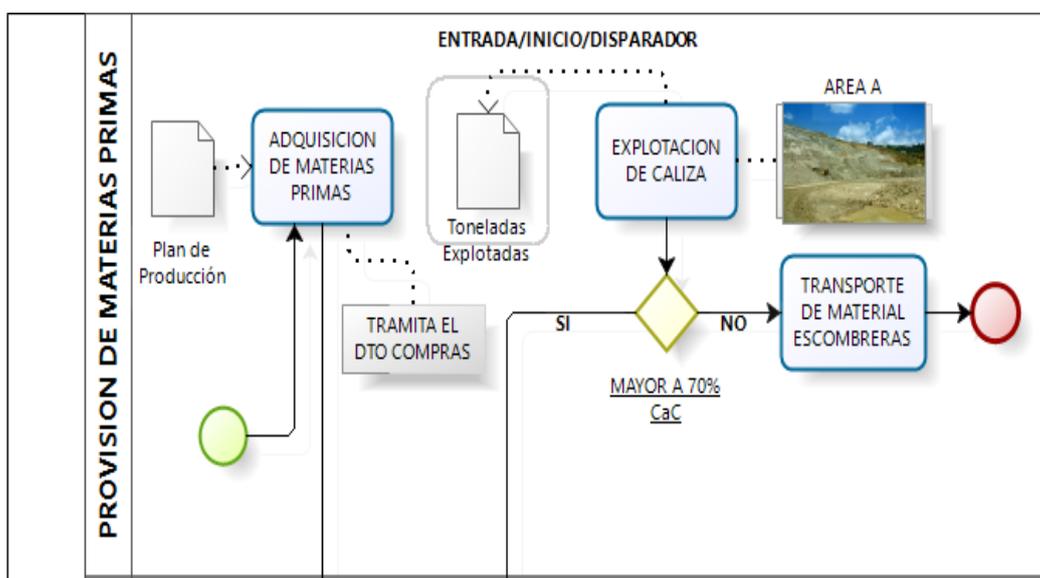


Ilustración # 21: Contexto operacional del equipo minero de la Cía. UCEM-CEM-PG

Los equipos de la Cía. UCEM-CEM-PG, utilizados la explotación de minas son:

Código	Descripción	Marca	Modelo	No.Serie
001_	Triturador portátil	METSO	LT106	
002_	Caterpillar 320L Excavadora	CATERPILLAR	320L	9KKO1955
003_	Caterpillar 428B Retroexcavadora	CATERPILLAR	428B	7EJO7985
004_	Caterpillar D8N Tractor	CATERPILLAR	D8N	5TJO2446
005_	TAMROCK Perforadora	TAMROCK	DHA500S	92T435A
006_	Caterpillar 966F Cargadora frontal	CATERPILLAR	996F	01SLO2081
010_	Caterpillar D8R Tractor	CATERPILLAR	D8R	7XM03700
012_	Caterpillar 322CL Excavadora Nueva	CATERPILLAR	322CL	FED00348
013_	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	CATERPILLAR	0330CT	CYA00301
014_	Caterpillar 430 D Retroexcavadora-barredora	CATERPILLAR	430D	BML05063
015_	Caterpillar DR2 Tractor (nuevo)	CATERPILLAR	D8R II - 1570818	CAT00D8RCAKA01177
016_	Atlas Copco Perforadora ECM-580 (nueva)	ATLAS OPCO	ECM-580	X004134AA
017_	Caterpillar 330C LME Excavadora (nueva)	CATERPILLAR	330CL/ME	CAT330CACCYA00680
018_	Caterpillar 140H Motoniveladora (nueva)	CATERPILLAR	140H	CAT0140HJ5HM02606
019_	Caterpillar CS-533E Rodillo compactador	CATERPILLAR	CS-533E	CATCS533CBZE00261
020_	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	CATERPILLAR	330CL	CAT0330CCCYA00801
022_	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	CATERPILLAR	330C	CYA01194
023_	Caterpillar D6N Tractor (nuevo)	CATERPILLAR	D6N XL	CAT00D6NECCK00755
025_	Atlas Copco Perforadora ECM-580 Y (nueva)	ATLAS COPCO	ECM-580Y	X0060610E
026_	Caterpillar 966H Cargadora frontal	CATERPILLAR	966H	0A1D01144
027_	Caterpillar 330DL Excavadora (nueva)	CATERPILLAR	330DL	0JLP00585
028_	Caterpillar 330D Excavadora	CATERPILLAR	330DL	R2D00258
029_	Caterpillar 966H Cargadora frontal (Procesos)	CATERPILLAR	966H	
031_	Caterpillar 962H Cargadora frontal	CATERPILLAR	966H	
032_	Caterpillar D6TXL Tractor (nuevo)	CATERPILLAR	D6T XL	CAT00D6TCLAY01384
033_	New Holland E385C Excavadora Hidráulica	NE HOLLAND	E385C	

Ilustración # 22: Listado de equipo y maquinaria utilizado para la explotación del área minera de la Cía. UCEM-CEM-PG.

Esta información como parte de un análisis global se complementa resumiendo que la maquinaria utilizada en el trabajo de minas, se clasifica en tipos de equipos que realizan trabajos similares, sujetos a los mismos peligros para lo cual se presenta un listado consolidado al respecto.

EQUIPO	CANTIDAD
Tractores	5
Excavadoras	9
Cargadoras	5
Perforadoras	3
Trituradores portátiles	2
Rodillos compactadores	1
Motoniveladoras	1

Ilustración # 23: Listado de equipos mineros similares de la Cía. UCEM-CEM-PG.

b). Identificación y evaluación de riesgos

La evaluación de los riesgos se ha realizara sobre la base de la gravedad o impacto de un potencial evento, la probabilidad de su ocurrencia, de su exposición a cada riesgo, priorizando los equipos considerados críticos.

La ilustración # 24 muestra un análisis de riesgo de los equipos, basado en la velocidad de manifestación de la falla, en la seguridad y medioambiente, en costos relacionados con la parada, y en los costos de reparación.

El procedimiento consiste en evaluar cada equipo, asignando un indicador que lo clasifica en crítico, semicrítico y no crítico. El análisis de cada elemento está integrado por los siguientes parámetros de medición:

- Factor P-F (*Potential failure – Funtional failure*) es el tiempo que transcurre entre el momento en que se detecta una falla potencial y el momento en que se transforma en falla funcional la escala de valor se define como :
 - Muy corto: No da tiempo para parar
 - Corto: Es posible parar el equipo
 - Suficiente: Se puede programar la parada.

- Factor de seguridad y ambiente: Determina las consecuencia que una falla podría afectar al personal y al medio ambiente, tiene la siguiente escala:
 - Efecto temporal sobre las personas – no afecta al medio ambiente
 - Efecto temporal sobre las personas y el medio ambiente
 - Efecto irreversible sobre las personas
 - Efecto irreversible sobre las personas y medio ambiente.

- Factor de costos de parada de producción: Permite establecer criterios para la categorización de los equipos conforme a las consecuencias sobre el proceso de producción, la escala es:
 - No implica demora
 - Implica demora leve
 - Implica demora

- Factor costos de reparación: Determina criterio de clasificación de las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación.
 - Clasificación A: Equipos que pertenecen al grupo responsable del 80% del total de los costos.
 - Clasificación B: Equipos que pertenecen al grupo responsable por el 15% del total de costos directos de reparación.
 - Clasificación C: Equipos que pertenecen al grupo responsable por el 5 % del total de costos directos de reparación, se utiliza el análisis de Pareto para definir estos valores.

Para realizar un cálculo de la criticidad se contrastan los equipos versus Factores con una respuesta positiva marcada con (1) y una respuesta negativa con (0) además, cada factor tiene un peso de incidencia que se le ha ponderado según su importancia de esta forma:

Factor P-F:	35 puntos
Factor de costos de parada de producción:	25 puntos
Factor costos de reparación:	10 puntos
Factor de seguridad y del ambiente:	30 puntos
La sumatoria de estos valores	100 puntos

En función de los resultados, se considera a los valores referenciales para que sean críticos > 85 puntos, para que sean semicríticos $>35 < 85$ y no críticos <35 puntos.

Todas estas relaciones se trasladan a una hoja de cálculo en Excel, modificada para el uso particular, con la intención de obtener resultados con mayor rapidez.

ANEXO D: CRITICIDAD DE EQUIPOS

Análisis de la criticidad de los equipos

Ingresar la ponderación para cada criterio del factor de criticidad del equipo (la suma debe ser igual a 100)

Factor de velocidad de manifestación de la falla	35
Factor de seguridad del personal y ambiente	25
Factor de costos de la parada de producción	10
Factor de costos de reparación	30

suma = 100

Proceso de diagnóstico

Introducir el valor 1 para cada factor en la celda verde que mejor describa la situación en caso de que la falla suceda

Factores Equipos	Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente					Factor de costos de la parada de producción			Factor de costos de reparación		
	Período P-F			Descripción					Criterio			Clasificación de acuerdo a Pareto		
	Muy corto, no da tiempo para detener la máquina	Corto, es posible detener la máquina	Suficiente, es posible programar la intervención	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la producción	Implica demora de corto tiempo en la producción	Implica demora y pérdida de producción	Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
TRACTORES	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
EXCAVADORAS	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
CARGADORAS	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
PERFORADORAS	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
MARTILLOS	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
TRITURDORAS PORT	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
MINICARGADORAS	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
RETROEXCAVDORAS	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Ilustración # 24: Esquema del cálculo del análisis de criticidad de los equipos.

Como se mencionó anteriormente, este trabajo está dirigido al análisis de los riesgos a los que están expuestos los equipos mineros según su tipo, provocados por los factores operativos, así como también por la falta de mantenimiento, por lo tanto el resultado de esta evaluación de criticidad de los equipos involucrados en la actividad minera de UCEM-CEM-PG es:

Criticidad de los equipos

Equipo	Valor	Criticidad
TRACTORES	78,5	Semicrítico
EXCAVADORAS	63,5	Semicrítico
CARGADORAS	37,0	No crítico
PERFORADORAS	90,0	CRITICO
MARTILLOS	35,0	No crítico
TRITURADORAS PORT	91,0	CRITICO
MINICARGADORAS	20,5	No crítico
RETROEXCAVADORAS	16,0	No crítico

Ilustración # 25: Cuadro de informe de resultados de la criticidad de los equipos

Los equipos críticos, y semicríticos, que son los de mayor importancia dentro del proceso productivo, tales como triturador portátil, perforadoras, tractores y excavadoras, estos servirán como prototipo de las etapas para el desarrollo del modelo de gestión propuesto.

Para enfocar la incidencia que tiene el mantenimiento dentro del marco productivo y las consecuencias que pueden provocar los riesgos por fallas si se llegaran a materializaran, se detalla a continuación el proceso funcional de mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

ANEXO E: PROCESO OPERATIVO DEL MANTENIMIENTO

PROCESO DE MANTENIMIENTO
CONTROLES:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cumplimiento de los Planes de Mantenimiento 2. Cumplimiento de Tiempos y Presupuestos, 3. RAM (Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad), Efectividad; 4. Rendimiento del personal 5. Costos de mantenimiento

PROPÓSITO:				
Garantizar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de la infraestructura y equipos a cargo del Proceso				
ENTRADAS →		ACTIVIDADES		SALIDAS →
Compras		<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar el Mantenimiento 2. Programar el Mantenimiento 3. Ejecutar el Mantenimiento 4. Elaborar Informes del Mantenimiento 5. Presupuestar el Mantenimiento 		Compras
<ol style="list-style-type: none"> 1. Repuestos y servicios solicitados; 2. Copias de facturas; 3. Actividades de compras fundamentadas en la normativa de la Ley de INCOP (Instituto Nacional de Compras Públicas) 			<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud de compra de repuestos y servicios 2. Cotizaciones aprobadas, 3. Solicitud de Contratos de servicios; 	
Producción			Producción	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud de Mantenimiento 2. Plan de Producción, 3. Informe de Operación 			<ol style="list-style-type: none"> 1. Servicio de mantenimiento, 2. Programación de Mantenimiento; 3. RAM 	
Gestión Administrativa			Gestión Administrativa	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitudes de Mantenimiento de la infraestructura, 2 Stock de repuestos, 3. Siniestros; 4. Solicitud de trabajo 		<ol style="list-style-type: none"> 1, Pagos y cancelaciones de proveedores externos, 2, Egreso de repuestos solicitados, 3. Liquidación de Siniestros (Cías de Seguros) 		
Proveedor / Externo		Proveedor / Externo		Proveedor / Externo
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cotizaciones 2. Servicio 3. Garantías 4. Catálogos, 5, Muestras; Manuales de mantenimiento 6, Capacitación 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitud de Cotización, 2, Solicitud de Capacitación, 3. Solicitud de Cobertura de Garantía 		

Ilustración 26: Enfoque del proceso funcional de mantenimiento en UCEM-CEM-PG.

RECURSOS:
<ol style="list-style-type: none"> 1 Herramientas 2. Maquinaria 3. Repuestos 4. Mano de Obra, 5, Equipo de seguridad, 6. Humanos (ingenieros de mantenimiento, supervisores de mantenimiento, personal operativo de mantenimiento, secretarías);

DOCUMENTOS INTERNOS:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Historial de Maquinaria 2. Rutas de Lubricación 3. Informes de Mantenimiento 4. Instructivos. 5. Manual de Mantenimiento 6. Registros de Inspección 7. Formularios de Inspección;

Una vez descrito la relación mantenimiento-producción es necesario evaluar los riesgos inherentes al funcionamiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG

En el contexto operativo, las exigencias y las condiciones de utilización de la maquinaria en UCEM-CEM-PG son similares para cada uno de los equipos críticos por lo que se puede considerar la misma exposición al riesgo (E) para todas las unidades, e igual capacidad de recuperación (resiliencia) determinándose que son vulnerables en iguales condiciones.

El coeficiente de seguridad (S) de la fórmula (4), representa los controles de las medidas aplicadas para minimizar los riesgos y atenuar las consecuencias de los eventos no deseados, el mantenimiento y su gestión a través de los índices de clase mundial RAM, puede llegar a ser una fuente de control.

La ilustración # 27, muestra un registro de los elementos que la Cía. UCEM-CEM-PG, gestiona como parte de un sistema integrado, a los cuales se les incluirá los índices RAM para conformar el coeficiente de seguridad (S) que disminuyan el riesgo.

La valoración de estos parámetros, se solicitó al Jefe de Seguridad Industrial de la Cía. UCEM-CEM, el Ing. Miguel Guillen, quien como conocedor del tema de riesgos facilitó información de acuerdo a la escala indicada, misma que se encuentra entre 0 y 1 con la posibilidad que exista valores intermedios en este rango dependiendo de la intensidad con lo que se cumple, obteniendo los siguientes valores.

COEFICIENTE		DE 0 A 1
Políticas de seguridad		1
Programa de gestión de riesgos		1
Integración de los criterios de seguridad en el diseño de métodos, maquinaria y procesos.		1
Programa de control de calidad		1
Programa de seguridad		0.6
Director de seguridad	1	
Planes de formación	0	
Planes de inspección	1	
Revisión y mantenimiento	1	
Servicio de vigilancia	0	
Planes de contingencia	1	
Auditorías periódicas externas		1
Confiabilidad operacional		(RAM)

Ilustración # 27. Cuadro de coeficientes de seguridad implementado en UCEM-CEM-PG, fuente (Seguridad Industrial de UCEM-CEM-PG.).

Aplicando a la información recibida de la Cía. UCEM-CEM-PG lo mencionado en la sección 1.2.4. del capítulo #1 sobre el coeficiente de seguridad total (S) obtenemos:

$$\frac{S(t) = \sum_{i=0}^n}{n} \quad (5)$$

$$\frac{S(t) = \sum_{i=0}^n (1+1+1+1+0.6+1+R+A+M)}{n}$$

$$\frac{S(t)=5.6+R+A+M}{9}$$

Nota: El resultado del coeficiente de confiabilidad operacional actual (RAM), se comparara posteriormente con el factor propuesto, previa aplicación de RAM.

Bajo esta perspectiva, el estudio de las fallas funcionales y de sus modos, son fundamentales, siendo necesario el conocimiento claro del ámbito en el cual se desarrolla el trabajo de los equipos, para poder determinar el nivel de descripción adecuado que posibilite plantear una estrategia para su manejo, en función del análisis de la probabilidad de ocurrencia de dicha falla, misma que en la práctica se fundamenta en la información comunicada, entre los el personal técnico y el ente administrativo del mantenimiento.

4.1 GESTIÓN DE RIESGOS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO.

La ejecución de los trabajos de mantenimiento también puede ser un emisor de riesgos para los equipos mineros de UCEM-CEM-PG.

El análisis de riesgos del proceso de mantenimiento, parte de su contexto operacional, donde las relaciones interdepartamentales descritas en la ilustración # 26, cumplen un papel fundamental para el éxito de las actividades.

Una vez identificada la función estratégica del mantenimiento, dentro del mapa de la cadena de valor, así como también descrito las relaciones entre las diferentes áreas funcionales, se procede a esquematizar gráficamente estas dos variables dentro de la organización operativa, de una manera integral, para definir responsabilidades y

actuaciones que concatenadas aporten con su cumplimiento, al normal desarrollo de las tareas planificadas bajo la filosofía de la mejora continua. .

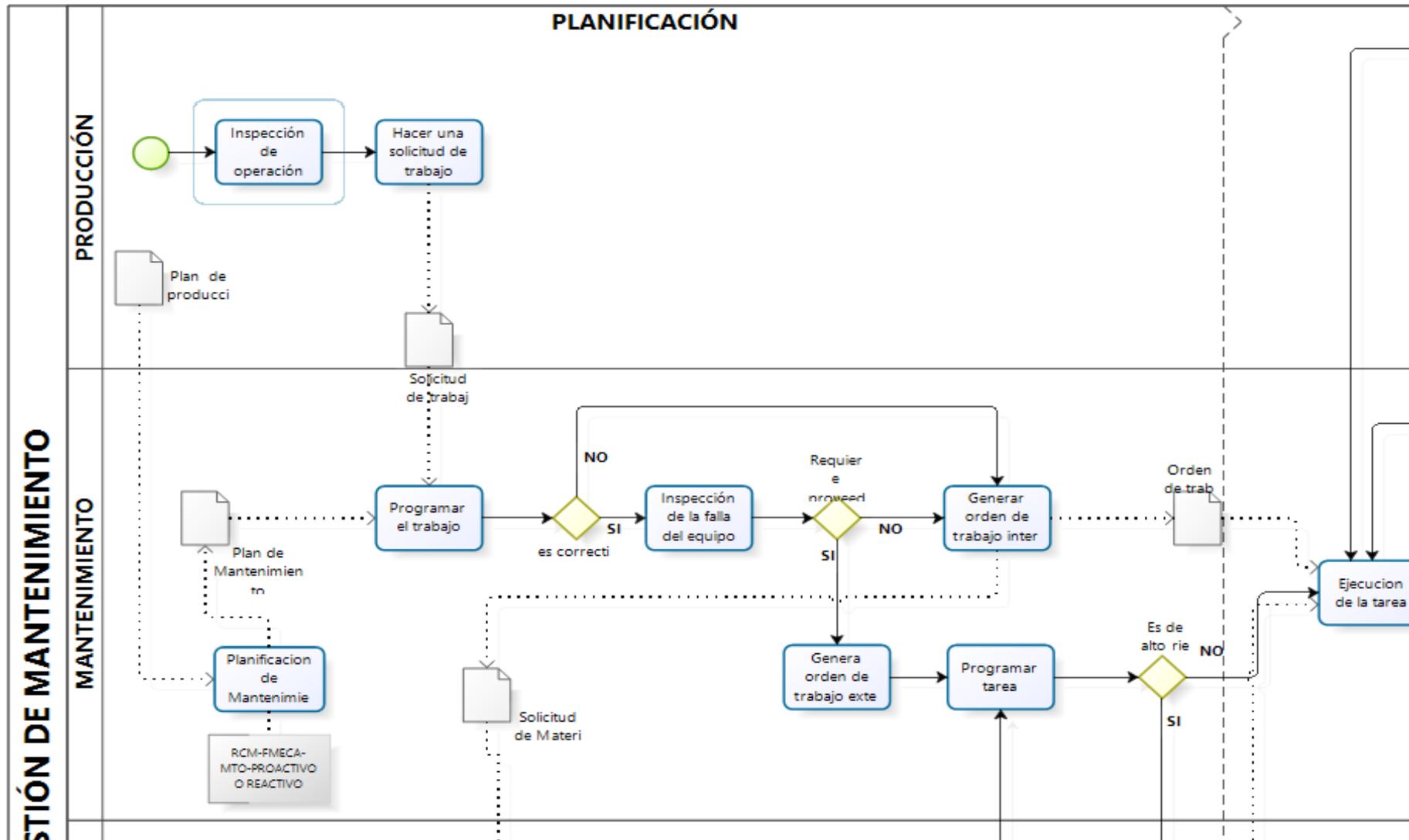


Ilustración # 28: Cuadro esquemático del proceso de mantenimiento minero de UCEM-CEM-PG, y sus relaciones directas con otras áreas funcionales relacionadas.

Para mayor referencia del diagrama de bloques que representa el proceso de la gestión de mantenimiento referirse a:

ANEXO F: PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La implementación de la gestión de riesgos está basado en la identificación del riesgo cualquiera que sea su origen, en el análisis de exposición, el control y posteriormente la transferencia según el ramo que abarque.

Como se observa en las ilustraciones # 34,35,36, se ha realizado una matriz en Excel para acelerar el cálculo de los riesgos del proceso de mantenimiento, basado en la metodología planteada por (Isabel Casares San José Marti, 2013) cuyos parámetros se fundamenta en la frecuencia o probabilidad, exposición, impacto o consecuencia, controles, y valor máximo expuesto, además se considera el factor de seguridad (ip) y el índice de riesgo (ir) desglosado sus componentes.

Para ejecutar este análisis cuantitativo-cualitativo de riesgo en el proceso de gestión de mantenimiento se ha dado valores referenciales a cada uno de los parámetros mencionados cuya interpretación se detalla a continuación.

Probabilidad de ocurrencia		
1	MUY IMPROBABLE	No es susceptible de ocurrir en un período de 5 años. Menos del 5% de probabilidad de que ocurra.
2	IMPROBABLE	Susceptible de ocurrir en un período de 5 años. Menos del 15% de probabilidad de que ocurra.
3	MODERADO	Susceptible de ocurrir en un período de 5 años. Menos del 25% de probabilidad de que ocurra.
4	PROBABLE	Susceptible de ocurrir en un período de 5 años. Menos del 50% de probabilidad de que ocurra.
5	CASI CERTEZA	Susceptible de ocurrir cada año. Más del 75% de probabilidad de que ocurra.

Ilustración # 29: Tabla referencial de la probabilidad de ocurrencia del riesgo.

Exposición al riesgo			
1	MUY BAJA	Más de 1 año	La exposición al riesgo es superior a 1 año
2	BAJA	Anual	La exposición al riesgo es anual
3	MODERADA	Trimestral	La exposición al riesgo es trimestral
4	ALTA	Mensual	La exposición al riesgo es mensual
5	MUY ALTA	Semanal o menos	La exposición al riesgo es semanal o diario

Ilustración # 30: Tabla referencial de la exposición al riesgo

Identificación y valoración de coeficientes de impacto			
Coeficiente Ir	Pérdida máxima posible %	Coeficiente Ip	Pérdida máxima probable
0	0	0	0
1	10	1	10
2	20	2	20
3	30	3	30
4	40	4	40
5	50	5	50
6	60	6	60
7	70	7	70
8	80	8	80
9	90	9	90
10	100	10	100

Ilustración # 31: Tabla referencial de valoración de coeficientes de impacto

Intensidad e impacto		
1	INSIGNIFICANTES	•No tiene impacto en resultados.
2	MENORES	•El impacto en resultados es bajo, se pierde información en estaciones aisladas
3	MODERADAS	•El impacto en resultados mediano, algunas estaciones fuera de rango •Impacto moderado en las actividades de la empresa.
4	MAYORES	•Impacto alto en las actividades del departamento de mtto, pero sigue funcionando con al menos tres estaciones
5	CATASTROFICAS	•Afecta muy gravemente a las actividades del departamento de mtto

Ilustración # 32: Tabla referencial de la intensidad e impacto

VALOR DE CONTROL	CLASIFICACION
0	INEXISTENTE
1	DEFICIENTE
2	REGULAR
3	MAS QUE REGULAR
4	BUENO
5	OPTIMO

Ilustración # 33: Tabla referencial de valor de control del riesgo.

PROCESO	SUBPROCESO	OBJETIVO ESPECIFICO	RIESGOS IDENTIFICADOS												
			DESCRIPCION DEL RIESGO	PROBABILIDAD FRECUENCIA		IMPACTO		EXPOSICION AL RIESGO		COEFICIENTE DE SEGURIDAD			SEVERIDAD O MAGNITUD DEL RIESGO	R=PxEx/JS	VALOR
				CLASIF.	VALOR	CLASIF.	I	CLASIF.	VALOR	Auditorias	RAM	TOTAL			
RECEPCION DE INFORMACION	RECEPCION DE INSTRUCCIONES DE PRODUCCIÓN	REALIZAR ACTIVIDADES PROGRAMADAS DE PRODUCCIÓN	REALIZAR TAREAS IMPRODUCTIVA	MODERADO	3	MENORES	2,5	BAJA	2	0	0	1,75	ACEPTABLE	9	1
			REALIZAR TAREAS PELIGROSAS	IMPROBABLE	2	CATASTROFICAS	5,5	ALTA	4	0	0	0,7	GRAVE	63	2
			NO CUMPLIR CON LA PRODUCCIÓN PROGRAMADA.	PROBABLE	4	MAYORES	4	BAJA	2	0,8	0	2	ACEPTABLE	16	1
	RECEPCION DE INFORMACION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	REALIZAR ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN EN FUNCION A LOS PARAMETROS DE UTILIZACION DE LOS EQUIPOS	SOBRECARGAR LOS EQUIPOS	PROBABLE	4	CATASTROFICAS	5,5	ALTA	4	0	0	0,7	MUY GRAVE	126	3
	RECEPCION DE INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	PROTEGER LA INTEGRIDAD PERSONAL Y DEL EQUIPO	DAÑOS PERSONALES	MUY IMPROBABLE	1	CATASTROFICAS	6,5	MUY ALTA	5	1	0	3,35	ACEPTABLE	10	1
			DAÑOS MATERIALES	MODERADO	3	MODERADAS	3,5	MODERADA	3	0	0	1,95	ACEPTABLE	16	1
			DAÑOS A TERCEROS	IMPROBABLE	2	MENORES	2	BAJA	2	0	0	1,95	ACEPTABLE	4	1

Ilustración # 34: componentes del riesgo en mantenimiento de UCEM –CEM-PG.

PROCESO	SUBPROCESO	OBJETIVO ESPECIFICO	RIESGOS IDENTIFICADOS													SEVERIDAD O MAGNITUD DEL RIESGO	R=PxEI/S	VALOR
			DESCRIPCION DEL RIESGO	PROBABILIDAD FRECUENCIA		IMPACTO				EXPOSICION AL RIESGO		COEFICIENTE DE SEGURIDAD						
				CLASIF.	VALOR	Ir	Ip	CLASIF.	I	CLASIF.	VALOR	Auditorias	RAM	TOTAL				
OPERACIÓN	REALIZAR TAREAS ANTES DE LA OPERACION DE EQUIPOS	EVITAR DAÑOS DEL EQUIPO POR FALTA DE MANTENIMIENTO	DAÑOS EN EQUIPO Y MAQUINARIA	PROBABLE	4	5	4	MAYORES	4,5	MUY ALTA	5	0	0	0,75	MUY GRAVE	120	3	
	REALIZAR TAREAS MIENTRAS ESTA EN OPERACIÓN	EVITAR LA OPERACIÓN FORZADA Y FUERA DE PARAMETROS NORMALES	DAÑOS POTENCIALES DEL EQUIPO Y MAQUINARIA	PROBABLE	4	6	6	CATASTROFICAS	6	MODERADA	3	0,1	0,1	0,95	GRAVE	76	2	
	REALIZAR TAREAS DESPUES DE OPERAR EL EQUIPO	MANTENER DISPONIBLE EL EQUIPO PARA EL SIGUIENTE TURNO	ALTERAR LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .	MODERADO	3	4	2	MODERADAS	3	MODERADA	3	0	0	0,75	GRAVE	36	2	
MANTENIMIENTO	PLANIFICAR MANTENIMIENTO	MANTENER EL EQUIPO Y MAQUINARIA BAJO PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO	FALTA DE DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO Y MAQUINARIA POR MANTENIMIENTO NO ADECUADO	MODERADO	3	4	6	CATASTROFICAS	5	ALTA	4	0	0	1,2	GRAVE	50	2	
	PROGRAMAR MANTENIMIENTO	ASEGURAR PROVISION DE RECURSOS PARA REALIZAR TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO		PROBABLE	4	6	4	CATASTROFICAS	5	ALTA	4	0	0	0,75	MUY GRAVE	107	3	
	EJECUTAR MANTENIMIENTO	REALIZAR TAREAS DE MANTENIMIENTO ADECUADAMENTE		IMPROBABLE	2	7	5	CATASTROFICAS	6	MODERADA	3	0	0	0,75	GRAVE	48	2	
	CONTROL DE MANTENIMIENTO	DETERMINAR CONDICIONES DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO		PROBABLE	4	8	6	CATASTROFICAS	7	ALTA	4	0	0	0,75	MUY GRAVE	149	3	
	REALIZAR MANTENIMEINTO CORRECTIVO	MANTENER OPERATIVO EL EQUIPO		CASI CERTEZA	5	4	4	MAYORES	4	ALTA	4	0	0	0,75	MUY GRAVE	107	3	
	ANALISIS DE FALLAS	EVALUAR Y REGISTRAR MODOS DE FALLA PARA SU PREVENION		CASI CERTEZA	5	6	6	CATASTROFICAS	6	ALTA	4	0	0	0,75	MUY GRAVE	160	3	

Ilustración # 35: coeficientes de seguridad en mantenimiento de UCEM-CEM-PG.

PROCESO	SUBPROCESO	OBJETIVO ESPECIFICO	RIESGOS IDENTIFICADOS	CONTROLES CLAVES EXISTENTES					
			DESCRIPCION DEL RIESGO	DESCRIPCION DEL CONTROL	NIVEL EFICIENCIA				VALOR
					PD	O	A		
RECEPCION DE INFORMACION	RECEPCION DE INSTRUCCIONES DE PRODUCCIÓN	REALIZAR ACTIVIDADES PROGRAMADAS DE PRODUCCIÓN	REALIZAR TAREAS IMPRODUCTIVA	CONTROL DIARIO DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN	Pe	Pv	Ma	OPTIMO	5
			REALIZAR TAREAS PELIGROSAS	CONTROL DIARIO DE OPERACIÓN	Pd	Pv	Ma	BUENO	4
			NO CUMPLIR CON LA PRODUCCIÓN PROGRAMADA.	RESGISTRO DE PRODUCCIÓN PLANIFICADA VS PRODUCCIÓN REAL	Pe	Pv	Ma	OPTIMO	5
	RECEPCION DE INFORMACION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO	REALIZAR ACTICVIDADES DE PRODUCCIÓN EN FUNCION A LOS PARAMETROS DE UTILIZACION DE LOS EQUIPOS	SOBRECARGAR LOS EQUIPOS	REGISTRO DE PESOS LEVANTADOS EN EL DIARIO DE OPORACION	Pe	Pv	Ma	INEXISTENTE	0
			DAÑOS PERSONALES	INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y OPERACION	Pe	Cr	At	OPTIMO	5
			DAÑOS MATERIALES	INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	Pe	Pv	Ma	OPTIMO	5
			DAÑOS A TERCEROS	INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	Pe	Pv	At	OPTIMO	5
OPERACIÓN	REALIZAR TAREAS ANTES DE LA OPERACION DE EQUIPOS	EVITAR DAÑOS DEL EQUIPO POR FALTA DE MANTENIMIENTO	DAÑOS EN EQUIPO Y MAQUINARIA	INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	Pe	Pv	At	OPTIMO	5
	REALIZAR TAREAS MIENTRAS ESTA EN OPERACIÓN	EVITAR LA OPERACIÓN FORZADA Y FUERA DE PARAMETROS NORMALES	DAÑOS POTENCIALES DEL EQUIPO Y MAQUINARIA	INTRUCCIONES DE OPERACIÓN Y CAPACIDADES DEL EQUIPO	Pe	Pv	At	INEXISTENTE	0
	REALIZAR TAREAS DESPUES DE OPERAR EL EQUIPO	MANTENER DISPONIBLE EL EQUIPO PARA EL SIGUIENTE TURNO	ALTERAR LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .	INDICADORES DE DISPONIBILIDAD	Pe	Pv	At	OPTIMO	5
MANTENIMIENTO	PLANIFICAR MANTENIMIENTO	MANTENER EL EQUIPO Y MAQUINARIA BAJO PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO	FALTA DE DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO Y MAQUINARIA POR MANTENIMIENTO NO ADECUADO	REGISTRO DE PARAMETROS DE OPERACION	Pe	Pv	At	OPTIMO	5
	PROGRAMAR MANTENIMIENTO	ASEGURAR PROVISION DE RECURSOS PARA REALIZAR TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO		PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DIARIO	Pe	Pv	At	INEXISTENTE	0
	EJECUTAR MANTENIMIENTO	REALIZAR TAREAS DE MANTENIMIENTO ADECUADAMENTE		PARTE DIARIO DE CONTROL DE TRABAJOS	Pe	Pv	At	INEXISTENTE	0
	CONTROL DE MANTENIMIENTO	DETERMINAR CONDICIONES DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO		COMUNICACIÓN DEL PERSONAL EJECUTANTE Y EL ADMINISTRATIVO	Pe	Pv	At	INEXISTENTE	0
	REALIZAR MANTENIMEINTO CORRECTIVO	MANTENER OPERATIVO EL EQUIPO		RESISTRO DE ANALISIS DE FALLAS	Pe	Pv	At	INEXISTENTE	0
	ANALISIS DE FALLAS	EVALUAR Y REGISTRAR MODOS DE FALLA PARA SU PREVENION		RESGISTRO Y ANALISIS DEL MODO DE FALLA	Pe	Pv	At	OPTIMO	5

Ilustración # 36: Controles claves existentes del riesgo en mantenimiento minero de UCEM-CEM-PG.

La administración de los riesgos conlleva la identificación control y supervisión de los mismos, para establecer un plan de contingencias acorde a los recursos de la institución, en el cual se actué de acuerdo a las políticas empresariales de acción sobre el riesgo, que pueden ser reducir, asumir, aceptar, compartir, según el valor que se exponga.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO MINERO DE LA CÍA. UCEM-CEM-PG.

UCEM-CEM-PG, es una empresa de fabricación de cemento y aglomerados, con más de cincuenta años de trayectoria, por la cual han pasado muchos profesionales y técnicos, que han aportado conocimientos sobre el mantenimiento, siendo indiscutible la experiencia adquirida en el campo práctico y de realización de tareas, pero su gestión de mantenimiento de los equipos mineros, hasta la fecha es un tanto ortodoxa ceñida a conceptos propios de la generación en la cual se la ubica, con una lánguida propuesta de programación y ejecución de las actividades adecuadas, así como una inexistente método de recolección de datos necesarios para realizar análisis correspondientes, determinándose la falta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento en esta sección.

Integrando, el análisis de la estrategia empresarial, el resultado de la auditoría de mantenimiento, un el concepto de gestión, de Jasper Coetzee y la gestión de riesgos todo en un marco de mejora continua mediante el ciclo PHVA; se propone un modelo de gestión, adaptado a la realidad de la sección de mantenimiento del equipo minero en UCEM-CEM-PG, enfocado en procesos como lo indica la norma ISO 9000.

Es necesario anotar que la información necesaria para la implementación de un modelo de gestión puede llegar a ser bastante esquiva y de difícil entendimiento, en especial cuando las herramientas adoptadas para el análisis del activo físico, va a estar fundamentada en la información entregadas por la mano de obra de quien realiza el trabajo y el que administra los datos para su análisis (LRCM)²², de aquí la importancia

²² LRCM = Live Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad viviente).

de la competencia y profesionalismo que debe tener el personal de mantenimiento en todas sus líneas como requisito inicial.

Entendido estos comentarios, se puede concluir que el modelo planteado dependerá de las decisiones del nivel estratégico, es decir que se debe contar con el apoyo incondicional de la administración consiente de los beneficios de mantener un orden en la gestión de las tareas de mantenimiento como estrategia de evolución y mejora.

Una vez emitida las directrices del nivel estratégico, el nivel táctico debe coordinar y programar recursos para concretar estas decisiones que son parte de los objetivos empresariales, para lo cual es necesario soportar estas actividades en herramientas de última generación mencionadas en el capítulo #1, utilizadas de forma rápida y concreta para evitar caer en inconsistencias de información que a la larga pueden llegar a ser obsoletas y quedar sin uso.

El nivel instrumental, enfocado a ejecutar técnicamente los delineamientos y disposiciones que son salidas del proceso del nivel táctico, debe tener competencia y experticia de modo que no exista la probabilidad de que ocurra fallas y eventos no deseados por su causa.

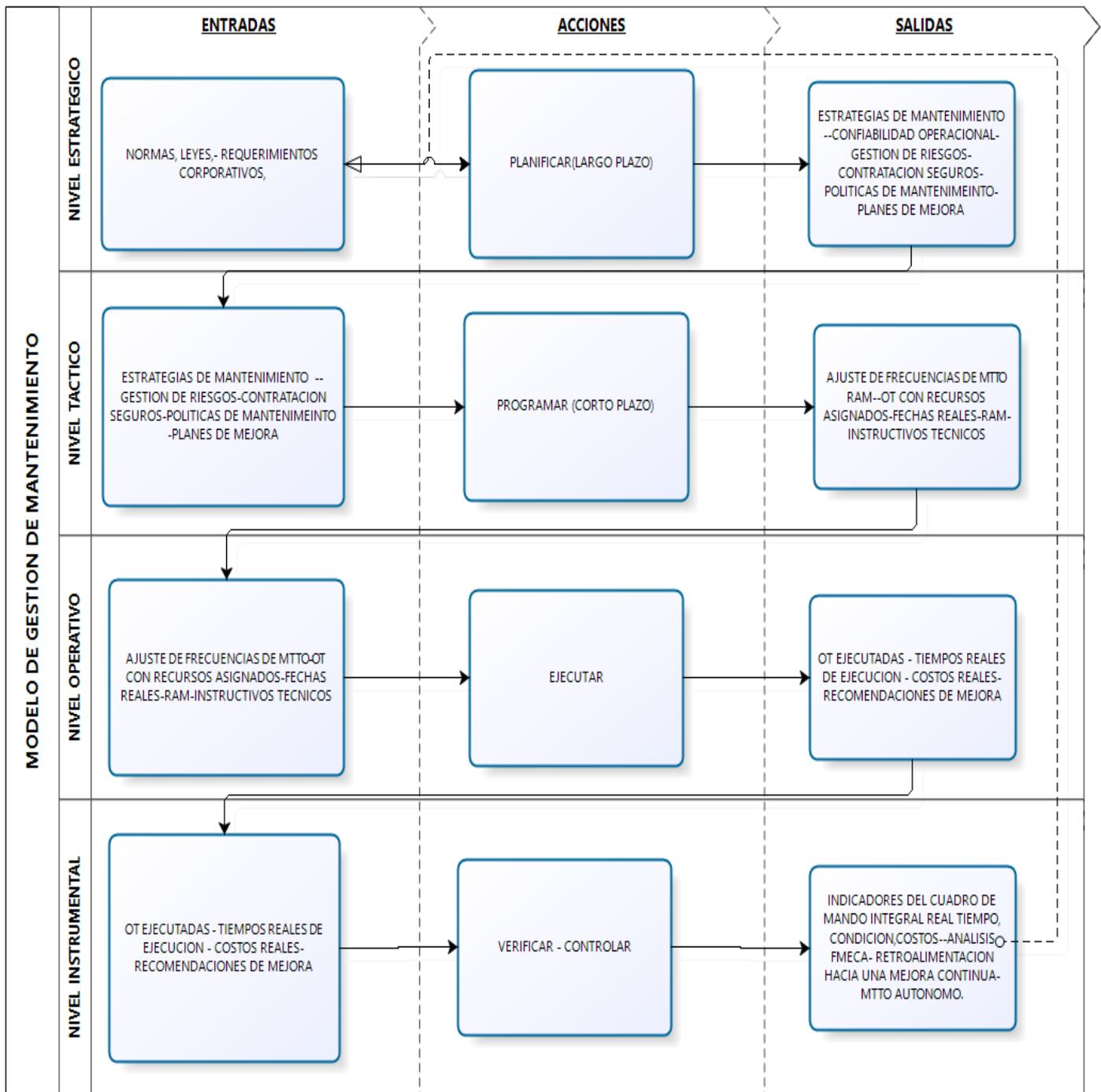


Ilustración # 37: Esquema del modelo de gestión de Mtto del equipo minero de UCEM-CEM-PG

Posterior a conocer la influencia del área funcional de mantenimiento minero de UCEM-CEM-PG y su posicionamiento dentro de la desempeño sistémico productivo, es necesario evaluar fallas de los componentes de los equipos críticos, con el propósito de planificar la ejecución de tareas adecuadas que disminuyan el riesgo de un evento no deseado (siniestro) debido a las consecuencias de no realizarlas, es decir evitar la no confiabilidad en su operación, como a continuación se indica mediante un análisis de las mismas, para lo cual se ha seleccionado un tipo de equipo crítico en este caso una excavadora como ejemplo.

Se debe precisar que para este análisis se recabo información desde los registros de mantenimiento, manuales del fabricante, experiencia de los trabajadores encargados de mantenimiento, entre otros.

Para el efecto se ha tomado en consideración una hoja de cálculo en Excel, pre-elaborada (Ing. Jimmy Díaz), en la cual se desglosa el equipo y se examina las fallas, sus modos, sus causas y efectos enfocados bajo conceptos de la norma (ISO 14224)²³.

El aporte que proporciona esta clase de trabajo, tiene que ver con las decisiones que se han de tomar frente a cada tipo de falla en función de los resultados obtenidos al valorar las consecuencias y la factibilidad de realizar las tareas que las solucionen, así también la estructuración correcta de los sistemas, componentes, elementos que conforma la maquinaria además de definir las funciones principales y secundarias que brinda utilización de cada equipo analizado.

A continuación se muestra un fragmento del análisis FMECA de un equipo crítico

ANEXO G: ANALISIS FMECA DE EXCAVADORA.

²³ ISO 14224 = Industrias de Petróleo y Gas natural – Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.

COMPAÑÍA: UCEM-C.E.M-PG	
SISTEMA: EXCAVADORA 330	
SUBSISTEMA :	
DIBUJOS (S) DE REFERENCIA:	

FUNCIÓN PRINCIPAL	1	Movimiento de material petreo, con una profundidad de revose de 0.75 cm,
FUNCIÓN SECUNDARIA	A	Habrir trocha piloto en terreno compacto
	B	Ripear trocha preliminar en vias



NOTA:
CAMINO DE DECISIÓN DE FALLAS NO EVIDENTES U OCULTAS

s> seguridad/a> ambiente/o> operacional fe>falta evidente s>

Análisis de Modos y Efectos de Falla									Evaluación de Consecuencias					Factibilidad Técnica				Tareas Propuestas	Frecuencia de Mantenimiento Actual	Propuesta de la Frecuencia de Mantenimiento (2)	A realizar por	Observaciones		
ITEM	SUBUNIDAD	COMPONENTE	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN FALLA FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS	FE	S	A	O	N	D	A	E	B	D						O	
	1.1.	Block	Soporte de elementos de movimiento, cavidades de enfriamiento	Desalineamiento en los elementos internos	Alta temperatura, ruidos anormales, baja potencia	Trizaduras	Parada de equipo	NO	NO	NO	SI	SI								Analisis de fluidos	1000 hrs		Servicio tecnico	
	1.1.1	Cabezote	Soporte de elementos de inyeccion,	FF1	Mezcla de fluidos en inyeccion	M1	Trizaduras-desgaste de acientos	NO	NO	NO	SI	SI								- Analisis Vibracional	No se realiza	1000 horas de operacion ó 3 meses	Terceros	
						M2	Deformacion de superficie	SI	NO	NO	SI	NO	X										Inspección: seguimiento operativo de variables de flujo y verificación de	Bajo operacion del Equipo

Ilustración # 38: Cuadro de análisis FMECA de un equipo minero de UCEM-CEM-PG

La mejor manera que un modelo tenga éxito es el trabajo integral, por lo tanto para que un plan de mantenimiento proporcione los resultados esperados, no es suficiente el esfuerzo de los técnicos que dan solución a los problemas, sino también el apoyo de los operadores que son los que utilizan el equipo, mismos que deben tener la suficiente capacitación para realizar el denominado mantenimiento autónomo, con el propósito de evitar paradas de producción a causa de fallas por descuido.

La ilustración # 39 plantea un ejemplo de mantenimiento autónomo desarrollado para un triturador portátil, en el que detalla los puntos y tareas que el operador como parte interesada de que el equipo trabaje correctamente debe realizar.

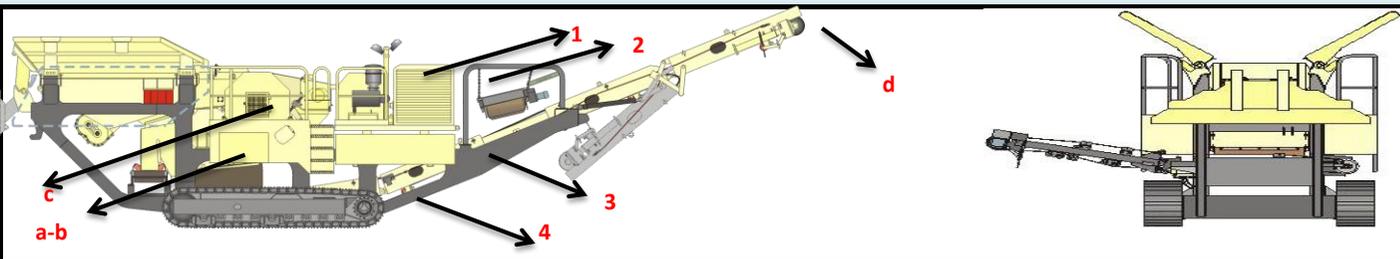
El esquema expuesto es un resumen del trabajo total, mismo que se indica en:

ANEXO H: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE TRITURADOR PORTÁTIL.

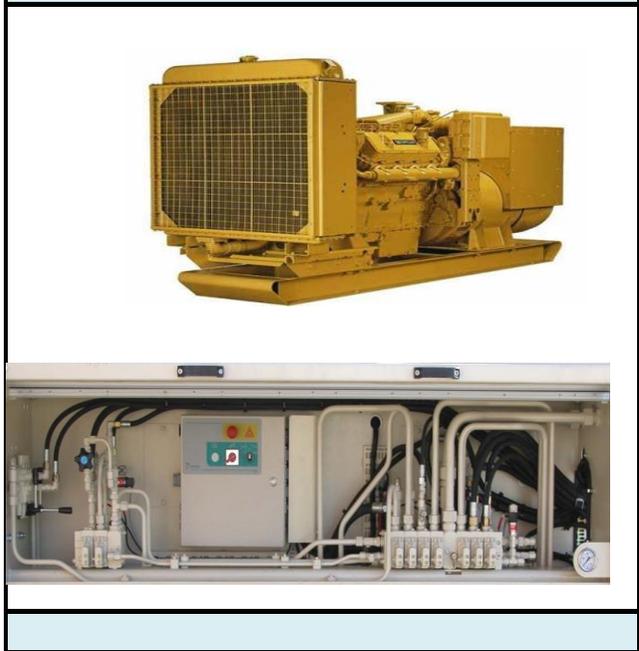
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE TRITURADOR METSO

DATOS TÉCNICOS

TRITURADOR METSO: CAPACIDAD:100T/HR-PESO: 27 TON-LARGO 12,5M X 2,7 M- ALIMENTACION: MATERIAL DIÁMETRO MAX 70 CM-VEL: 1,8 M/S- VELOC TRASLADO:COMBUSTIBLE: DIESEL- MÁXIMA INCLINACIÓN 2 GRADOS



LIMPIEZA



AREAS DE LIMPIEZA		ESTANDARES DE LIMPIEZA	MÉTODOS DE LIMPIEZA	ÚTILES Y HERRAMIENTAS	TIEMPO DE REQUERIDO	FRECUENCIA		
ITEM#	COMPONENTE					DIARIO	SEMANAL	MENSUAL
1	FILTRO DE AIRE	Extracción del filtro de aire extraer partículas de polvo	Inyectar aire a presión max de 30psi-no golpear el filtro	Manguera-compresor-lienzo	10 minutos	X		
2	RADIADOR DEL MOTOR	Extracción de incrustaciones entre deflectores	Lavado de radiador con agua a presión 30 psi-retirar incrustaciones en la base del radiador	Manguera-bomba de agua-desincrustante-punsón	60 minutos		X	
3	PANEL DE INSTRUMENTOS	Desalojo de material que ingresa en el armario de instrumentos	Limpiar paredes del armario y display de paneles de control	Brocha-wype	15 minutos	X		
4	TREN DE RODAJE	Desalojo de material húmedo incrustado en los elementos del tren de rodaje-cadena-rodillos	Despejar lodos, e incrustaciones alrededor de cadenas y rodillos,	Barreta- pala-manguera y bomba de agua	2 horas			X
PUNTOS LIMPIEZA		Carcaza y carrocería						
		Bombas y Reductores						

LUBRICACIÓN

Ilustración # 39: Esquema de Mantenimiento Autónomo, ejemplo triturador portátil.

CAPÍTULO 6

TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE LAS PÓLIZAS DE SEGURO DEL EQUIPO Y MAQUINARIA EN UCEM-CEM-PG.

Recordando la intención de las inversiones como base del progreso y como recurso circulante que tiene valor a través del tiempo, se debe considerar que el beneficio de esta transacción está sujeta a efectos producidos por factores tales como, la inflación, el interés y otros que determinan el poder de adquisición del dinero involucrado, además estas inversiones para que cumplan su objetivo es necesario conservarlas, lo cual comprende incurrir en costos explícitos como son los de posesión, de mantenimiento y de protección, así como costos implícitos tales como, los obsolescencia y los de desgaste, en definitiva factores que determinan el valor de su compensación, mediante la aplicación de la tasa de retorno, al utilizarlos en actividades que devenguen la intención del negocio. (Varela, 1989).

Las organizaciones como UCEM-CEM-PG, para mantenerse en un mundo globalizado y de expectativas requieren cumplir sus objetivos, para lo cual se ha visto en la necesidad de invertir en recursos, caso puntual en equipo de minería, pilar fundamental de su giro de negocio, estas inversiones soportan de idéntica manera los factores descritos en el párrafo anterior.

Generalmente estos activos se protegen en los ramos técnicos de seguros y el valor de reposición es a nuevo, en lo posible con las mismas características, razón por la cual solamente por motivos académicos, se solicitó precios referenciales a los proveedores de las marcas de los equipos en el país los cuales se detallan a continuación.

PROVEEDOR	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MARCA
IIASA	Tractores, Excavadoras, Triturador portátil	CATERPILLAR METSO
ECUAIRE	Perforadoras, Martillos Hidráulicos	INGERSOLL RAND
IMOCOM	Perforadoras	TAMROCK

Ilustración # 40: Cuadro descriptivo de proveedores de maquinaria

A continuación se muestra cada uno de los equipos que pertenecen a la Cía. UCEM-CEM-PG mismos que están protegidos por la póliza del ramo Equipo y Maquinaria Contratista y sobre las cuales se realizara el análisis de reducción de costos de primas y su valoración.

En este listado se detalla el código interno de la unidad, la descripción del tipo de equipo al que corresponde, especificaciones, vida útil estandarizada por el fabricante, horas de uso, y el valor de reposición a nuevo.

VUT: Vida útil de los equipos

HRS/USO: Horas total de uso

VRN: Valor de reposición a nuevo.

-

VALORES EQUIPOS (X) 2015

Código	Descripción	Descripción -fabricante-	Marca	Año f.	Modelo	No. Serie	VUT	HRS/USO	VRN
X3	Caterpillar 428B Retroexcavadora	Retroexcavadora	CATERPILLAR	1996	428B	7EJO7985	15000	15500	116000
X4	Caterpillar D8N Tractor	Tractor	CATERPILLAR	1996	D8N	5TJO2446	12000	14000	578000
X5	TAMROCK Perforadora	Perforadora	TAMROCK	1993	DHA500S	92T435A	15000	9000	341000
X6	Caterpillar 966F Cargadora frontal	Cargadora Frontal de ruedas Serie II	CATERPILLAR	1996	996F	01SLO2081	10000	21000	420000
X10	Caterpillar D8R Tractor	Tractor	CATERPILLAR	1999	D8R	7XM03700	15000	10000	578000
X12	Caterpillar 322CL Excavadora Nueva	Excavadora 322 CL	CATERPILLAR	2006	322CL	FED00348	12000	1500	248000
X13	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2003	0330CT	CYA00301	10000	5500	320000
X14	Caterpillar 430 D Retroexcavadora-barredora	Retroexcavadora	CATERPILLAR	2004	430D	CRS08555	15000	3500	140000
X15	Caterpillar DR2 Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2005	D8R II - 1570818	CAT00D8RCAKA01177	12000	3500	578000
X16	Atlas Copco Perforadora ECM-580 (nueva)	Perforadora	ATLAS COPCO	2004	ECM-580	X004134AA	15000	1500	350000
X17	Caterpillar 330C LME Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2005	330CL/ME	CAT0330CACCYA00680	12000	4500	320000
X18	Caterpillar 140H Motoniveladora (nueva)	Motoniveladora	CATERPILLAR	2005	140H	CAT0140HJ5HM02606	15000	3000	290000
X19	Caterpillar CS-533E Rodillo compactador (nuevo)	Rodillo compactador	CATERPILLAR	2005	CS-533E	CATCS533CBZE00261	15000	2000	118000
X20	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2010	330CL	CAT0330CCCYA00801	12000	3500	320000
X21	Manipulador Telescópico CAT TH580B	Manipulador Telescópico	CATERPILLAR	2005	TH580B	CATTH580LSLH00605	10000	1000	160000
X22	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2012	330C	CYA01194	12000	2000	320000
X23	Caterpillar D6N Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2012	D6N XL	CAT00D6NECCK00755	15000	1000	255000
X24	Grúa GROVER RT600 E 50 Tn.	GRUA	GROVE	2012	TR600E	225756	15000	2863	517000
X25	Atlas Copco Perforadora ECM-580 Y (nueva)	Perforadora	ATLAS COPCO	2012	ECM-580Y	X0060610E	15000	828	341000
027_	Caterpillar 330DL Excavadora (nueva)	Excavadora	CATERPILLAR	2012	330DL	OJLP00585	12000	12098	300000
028_	Caterpillar 330D Excavadora	Excavadora	CATERPILLAR	2012	330DL	R2D00258	12000	9530	300000
029_	Caterpillar 966H Cargadora frontal (Procesos)	Excavadora	CATERPILLAR	2012	966H		12000	5724	420000
030_	Sistema de martillos hidráulicos para excavadoras	Martillos Hidráulicos	CATERPILLAR		H5		10000	500	79000
031_	Caterpillar 962H Cargadora frontal (C. de Calidad)	Cargadora Frontal de ruedas Serie II	CATERPILLAR	2010	966H		12000	5920	320000
032_	Caterpillar D6TXL Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2013	D6T XL	CAT00D6TCLAY01384	12000	475	290000
033_	New Holland E385C Excavadora Hidráulica	Excavadora	CATERPILLAR	2013	E385		12000	1449	546000
TOTAL									\$8.565.000

Ilustración # 41: Listado de valores de reposición a nuevo del equipo minero de UCEM-CEM-PG.

Con la finalidad de disminuir los costos de contratación de seguros, es correcto utilizar una alternativa legal en este tipo de póliza, esta es asegurar el equipo y maquinaria a *valor acordado*, obviamente a conveniencia y aceptación de las partes, teniendo presente que existe la posibilidad de caer en infra seguro, situación que se puede atenuar con un correcto cálculo de los parámetros influyentes en el importe de la prima.

La propuesta está basada en la depreciación de los equipos de producción, a través de su ciclo de vida, en especial en el período de operación sufre pérdida de valor, debido al desgaste propio de la generación de ingresos mediante su trabajo, un método de fácil aplicación para el avalúo del activo es la línea recta ponderada, y con bases en la “Norma para Calificación y Registro de Peritos Valuadores” emitido por la actual Superintendencia de Compañías y Seguros del Ecuador, guía de utilización para quienes lo requieran y cuya apreciación dependerá del nivel de conocimiento del activo, así como de la objetividad con la que se considere los diferentes factores que influyen en las condiciones presentes y en el valor actual, tales como:

1. Factor de conservación (FC): Ajusta la vida útil remanente del equipo, basado en la apariencia física, que se determinara con una inspección visual y ponderada de la siguiente manera:

CONDICION DE LA MAQUINARIA	PORCENTAJE
Nuevo	5%
Muy Bueno	15%
Bueno	35%
Regular	55%
Malo	90%

Ilustración # 42: Tabla de porcentaje sobre el estado de los equipos.

La tabla de porcentaje de ponderación del estado de los equipo puede ser subjetiva desde el enfoque técnico, situación que amerita una inspección especializada de los componentes del sistema para que sus resultados tengan validez, por lo que se propone una valoración, basada en la cantidad de fallas versus OK²⁴, de los elementos a revisar.

Es decir que la cantidad de tareas de mantenimiento de los diferentes componentes del equipo corresponde al 100% de las condiciones y por cada una que se encuentre fuera de lo normal, el porcentaje del estado de la maquinaria disminuye en su proporción.

Aplicado al ejemplo mostrado a continuación se tiene:

*Valor del total de las tareas = 100%

-Número total de tareas de mantenimiento por inspeccionar = 38

-Relación del valor individual de cada tarea= $100/38 = 2.63\%$

-Total de tareas de mantenimiento fuera de lo normal = 7

*Valor de total de tareas fuera de lo normal = $7 \times 2.63 = 18.42\%$

*Valor del estado del equipo = $100-18.42 = 81.5\%$

Esta manera simple de valorar puede llegar a ser una herramienta de uso general y dependerá de la cantidad de tareas e importancia de sus componentes.

²⁴ OK: Condición aceptable de una inspección

INSPECCIÓN			
EQUIPO	X22	FECHA DE INSPECCIÓN	06/01/2016
TIPO	Excavador	KILOMETRAJE	
PLACAS	330CL	HORÓMETRO	14089
Elemento	Estado	Descripción	
Motor	Motor (Fugas)	X	Fuga de aceite por Carter
	Cañerías de aceite	OK	
	Bomba de aceite	OK	
	Cañerías de agua	OK	
	Bomba de agua	OK	
	Sistema de Giro	OK	
	Baterías	OK	
	Motor de arranque	OK	
	Alternador	OK	
	Radiador	X	Radiador taponado con polvo
	Ventilador	OK	
	Filtro de aire	OK	
	Turbo	OK	
	Intercooler	OK	
	Tanque de combustible	OK	
Cañerías de combustible	OK		
Sistema Hidráulico	Bomba	OK	
	Cañerías hidráulicas	OK	
	Tanque de hidráulico	OK	
	Conjunto de válvulas	OK	
	Gatos de brazos	OK	
	Filtro de aceite	OK	
Nivel de aceite	OK		
cabina	Cabina	X	Hundida en la parte superior
	Tren de rodaje	x	Deteriorado
	Caja de avance	OK	
	Panel de instrumentos	OK	
	Cucharon	OK	
	Cuchillas	OK	
	Luce exteriores	x	Luces quemadas
	Pito	x	No se encuentra
	Uñas	OK	
	Puertas	OK	
	Ventanas	X	Ventana derecha trizada
	Asiento	OK	
	Luces de cabina	OK	
	Pedales	OK	
Mandos	OK		
			RESULTADO 81,58%

Ilustración # 43: Formato de evaluación del estado del equipo minero de UCEM-CEM-

2. Factor de obsolescencia: (FO): Este factor ajusta la vida útil remanente del equipo, está basado en las características mejoradas para realizar el trabajo que un equipo desarrolla en el transcurso del tiempo y se pondera de la siguiente manera.

VIDA CONSUMIDA	PORCENTAJE
1 a 6 años	15%
7 a 12 años	30%
13 a 18 años	45%
19 a 24 años	60%
25 a 30 años	75%

Ilustración # 44: Tabla del valor porcentual de los equipos en función de obsolescencia.

Por otro lado y en términos contables, los valores registrados de los equipos, según la Ley de Régimen Tributario del Ecuador, tienen períodos de depreciación fijos de 5, 10, 20 años dependiendo del tipo de activo, en el caso de Equipo y Maquinaria de la Cía. UCEM-CEM-PG, el ciclo corresponde a 10 años.

La pérdida de valor de un activo por los factores de 1) Edad, 2) Conservación, 3) Obsolescencia, aportan con los siguientes pesos porcentuales.

A= Aporte por efecto de edad 40%

B= Aporte por efecto de conservación 40%

C= Aporte por efecto de obsolescencia 20%

Luego:

$$VA = VRN X (1 - N/(VUT)) \quad (10)$$

Dónde:

- VA = VALOR ACTUAL
- VRN = VALOR DE REPOSICIÓN A NUEVO
- N = NÚMERO DE AÑOS
- VUT = VIDA ÚTIL DEL EQUIPO

Considerando los factores de depreciación conocidos y ponderados, queda la función de la siguiente manera.

$$VA=VRN X (1-(N/VUT)*A+ (FC*B)+ (FO*C)) \quad (11)$$

Actualmente es un paradigma pensar que el tiempo como tal tiene incidencia en las condiciones del equipo, razón por la cual se propone variación a los términos del método y consiste en cambiar en la fórmula de valor actual VA, el componente (N) años, por (H) Horas de trabajo, que sería un valor enfocado a la realidad económica de la región, fundamentado en el tiempo de uso del equipo y no simplemente en el tiempo de posesión.

$$VA=VRN X (1-(H/VUT)*A+ (FC*B) + (FO*C)) \quad (12)$$

Por tal razón, el período de vida útil de los equipos (VUT), también se determina en unidades de tiempo (hr.), trabajando en contextos operacionales semejantes, información reportada por el fabricante.

La visualización que se edita a continuación, es una muestra del trabajo total, mismo que se encuentra en el manual de rendimiento de la marca CATERPILLAR.

● Costos de Posesión ● Guía del Período de Posesión		Costos de Posesión y Operación	
	ZONA A Moderada	ZONA B Media	ZONA C Severa
TRACTORES DE CADENAS	Remolque de traillas y en faenas agrícolas con implementos en la barra de tiro, amontonamiento, apilamiento de carbón. Sin impactos. Operación intermitente a plena aceleración.	Trabajo con la hoja en arcilla, arena y grava. Empuje y carga de traillas, desgarramiento en zanjas y la mayoría de aplicaciones de desmonte y arrastre de troncos. Condiciones de impacto medio. Trabajo en rellenos.	Desgarramiento pesado en suelos rocosos. Desgarramiento en tándem. Empuje y carga de traillas y trabajo pesado de la hoja con rocas duras. Trabajo en lugares rocosos. Cargas de impacto pesado y continuas.
D3C-D5C D5M-D6M D6R-D7R D8R D9R D10R/D11R	10.000 Horas 15.000 Horas 20.000 Horas 25.000 Horas 35.000 Horas 50.000 Horas	8.000 Horas 12.000 Horas 15.000 Horas 20.000 Horas 25.000 Horas 40.000 Horas	NA NA 10.000 Horas 15.000 Horas 20.000 Horas 30.000 Horas
EXCAVADORAS	Zanjas de poca profundidad para servicio general en que la excavadora tiende la tubería y excava sólo tres o cuatro horas por turno. Material poco denso, de flujo libre y sin cargas de choque o muy pocas. La mayoría de las aplicaciones de manejo de chatarra.)	Excavación de gran volumen o zanjas donde la máquina excava todo el tiempo en lecho arcilloso natural. Algún desplazamiento y operación a plena aceleración. La mayoría de las aplicaciones de carga de troncos.	Excavación continua de zanjas o carga de camiones en suelos de roca o roca de voladura. Recorridos frecuentes en suelos escabrosos. La máquina trabaja continuamente en suelos rocosos con factor constante de carga alta y grandes impactos.
320B, 322B 325B, 330B 345B, 365B, 375	15.000 Horas 15.000 Horas 20.000 Horas	12.000 Horas 12.000 Horas 18.000 Horas	10.000 Horas 10.000 Horas 15.000 Horas

Ilustración # 45: Cuadro de tiempo de vida útil de los equipos según método de depreciación, óptimo, realizado por el fabricante Caterpillar.

Con estos antecedentes, obtenemos un valor total del equipo minero de UCEM-CEM-PG, en el período 2015.

ANEXO I: VALOR ACTUAL DE LOS EQUIPOS

VALORES EQUIPOS (X) 2015															
Códig	Descripción	Descripción -fabricante-	Marca	Año f.	Modelo	No.Serie	VUT	HRS/USO	VRN	A	B	C	FC	FO	VA
X3	Caterpillar 428B Retroexcavadora	Retroexcavadora	CATERPILLAR	1996	428B	7EJO7985	15000	15500	116000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,60	41605
X4	Caterpillar D8N Tractor	Tractor	CATERPILLAR	1996	D8N	5TJO2446	12000	14000	578000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,60	176483
X5	TAMROCK Perforadora	Perforadora	TAMROCK	1993	DHA500S	92T435A	15000	9000	341000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,60	181412
X6	Caterpillar 966F Cargadora frontal	Cargadora Frontal de ruedas Serie	CATERPILLAR	1996	996F	01SLO2081	10000	21000	420000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,60	33218
X10	Caterpillar D8R Tractor	Tractor	CATERPILLAR	1999	D8R	7XM03700	15000	10000	578000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,45	309423
X12	Caterpillar 322CL Excavadora Nueva	Excavadora 322 CL	CATERPILLAR	2006	322CL	FED00348	12000	1500	248000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	193936
X13	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2003	0330CT	CYA00301	10000	5500	320000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,45	186240
X14	Caterpillar 430 D Retroexcavadora-barredora	Retroexcavadora	CATERPILLAR	2004	430D	CRS08555	15000	3500	140000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	103413
X15	Caterpillar DR2 Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2005	D8R II - 1570818	CAT00D8RCAKA01177	12000	3500	578000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	413463
X16	Atlas Copco Perforadora ECM-580 (nueva)	Perforadora	ATLAS COPCO	2004	ECM-580	X004134AA	15000	1500	350000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	277200
X17	Caterpillar 330C LME Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2005	330CL/ME	CAT0330CACCYA00680	12000	4500	320000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	218240
X18	Caterpillar 140H Motoniveladora (nueva)	Motoniveladora	CATERPILLAR	2005	140H	CAT0140HJ5HM02606	15000	3000	290000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	218080
X19	Caterpillar CS-533E Rodillo compactador (nuevo)	Rodillo compactador	CATERPILLAR	2005	CS-533E	CATCS533CBZE00261	15000	2000	118000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	91883
X20	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2010	330CL	CAT0330CCCYA00801	12000	3500	320000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	238507
X21	Manipulador Telescópico CAT TH580B	Manipulador Telescópico	CATERPILLAR	2005	TH580B	CATTH580LSLH00605	10000	1000	160000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,30	126720
X22	Caterpillar 330CL Excavadora (nueva)	Excavadora 330 CL	CATERPILLAR	2012	330C	CYA01194	12000	2000	320000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	254507
X23	Caterpillar D6N Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2012	D6N XL	CAT00D6NECCK00755	15000	1000	255000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	213010
X24	Grúa GROVER RT600 E 50 Tn.	GRUA	GROVE	2012	TR600E	225756	15000	2863	517000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	406183
X25	Atlas Copco Perforadora ECM-580 Y (nueva)	Perforadora	ATLAS COPCO	2012	ECM-580Y	X0060610E	15000	828	341000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	286413
027_	Caterpillar 330DL Excavadora (nueva)	Excavadora	CATERPILLAR	2012	330DL	0JLP00585	12000	12098	300000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	137620
028_	Caterpillar 330D Excavadora	Excavadora	CATERPILLAR	2012	330DL	R2D00258	12000	9530	300000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	163300
029_	Caterpillar 966H Cargadora frontal (Procesos)	Excavadora	CATERPILLAR	2012	966H		12000	5724	420000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	281904
031_	Caterpillar 962H Cargadora frontal (C. de Calidad)	Cargadora Frontal de ruedas Serie	CATERPILLAR	2010	966H		12000	5920	320000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	212693
032_	Caterpillar D6T XL Tractor (nuevo)	Tractor	CATERPILLAR	2013	D6T XL	CAT00D6TCLAY01384	12000	475	290000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	245388
033_	New Holland E385C Excavadora Hidráulica	Excavadora	CATERPILLAR	2013	E385		12000	1449	546000	0,4	0,4	0,2	0,27	0,15	444280
										\$8.486.000			\$5.455.120		

Ilustración # 46: Listado de valor actual de los equipos mineros de UCEM-CEM-PG.

6.1 OBTENCIÓN DE FACTORES ATENUANTES DEL RIESGO

En el caso puntual de UCEM-CEM-PG, mantiene desde hace aproximadamente 15 años, un software para administrar la información de mantenimiento, mismo que tiene las características de un CMMS, (Sistema de gestión de mantenimiento computarizado), dedicado a gestionar los activos físicos de producción, mediante la planificación de Mantenimiento Preventivo, stock de repuestos, actividades basadas en manuales de los equipos, y recomendaciones del fabricante, este software se denomina SISMAC²⁵, y como la mayoría de estos productos están en constante crecimiento y propuesta de nuevas aplicaciones, y estrategias caso específicos, RAM.

El análisis RAM parte de la obtención de datos basados en el funcionamiento y parada de los equipos de producción y sus derivados como se lo establece en la sección # 1.2.1 de este trabajo.-

Para determinar la cantidad de datos y el tipo de distribución a utilizarse se referenciará el período de un año correspondiente a un equipo seleccionado como crítico en el análisis de criticidad realizado en el capítulo # 4 y cuyos resultados se indican en la ilustración # 25.

Independientemente de la concepción tradicional sobre la relación directamente proporcional de la edad de un activo con la probabilidad de fallo como una regla general, es el tipo de equipo y contexto operacional en el que se desarrolla, los factores que determinan los patrones de falla, que se presentan a lo largo del ciclo de vida del

²⁵ SISMAC = Sistema de Mantenimiento Asistido por Computadora (Software de mantenimiento).

activo productivo y que dictan las acciones y estrategias de mantenimiento así como de operación.

La mayoría de equipos utilizados en la explotación de las minas de UCEM-CEM-PG, se considera que se encuentran en la fase II, dicha afirmación se emite por la edad que tienen y el mantenimiento practicado en estos, en este período las fallas son aleatorias y hasta cierto punto constantes.

Con estos antecedentes, para determinar los *parámetros* de medición que indiquen la confiabilidad de los equipos, es necesario realizar un análisis RCM, aplicado en este caso a otro de los equipos que tiene su grado de criticidad como son los tractores los cuales servirán de ejemplo.

La adquisición de datos se consigue del registro de las hojas de vida de los equipos, extraídos de la información ingresada en forma global en el software de mantenimiento.

Para mejorar la velocidad en la obtención de datos se elabora una hoja de cálculo en Excel, misma que contiene las fechas de paradas de un equipo y fecha de restablecimiento de funciones, determinando la duración entre estos rangos, también se da a conocer los tipos de fallas semejantes con el propósito de agruparlos para indicar la cantidad de eventos de cada uno de ellos.

Mediante este proceso se consigue los parámetros para el cálculo de confiabilidad tales como: MTBF, MTTR.²⁶

²⁶ MTBF: Tiempo medio entre fallas, MTTR: Tiempo medio entre reparaciones

ANEXO J: ANÁLISIS CONFIABILIDAD DE TRACTOR

Formato de Recolección de Datos de Fallas									
Registro de Causa de Paro equipo:									
COMPañÍA:		UCEM-CEM-PG		EQUIPO: TRACTOR DE ORUGAS EJE ELEVADO		PERIODO:2015			
UBICACIÓN :		ELEABORADO: JHONNY LEON		FECHA:		ene-16			
AREA A									
EQUIPO SALE DE OPERACIÓN		CAUSA DE PARO		EQUIPO ENTRA EN OPERACIÓN		TBF		TTR	
FECHA	HORA			FECHA	HORA	DIAS	HORAS	DIAS	HORAS
1	29/01/2015	15:30:00	Taponamiento de filtros de aceite hidraulico	29/01/2015	20:12:00	28,00	239,50	0,00	4,70
2	30/03/2015	15:01:00	Aceite del motor emolcionado	01/04/2015	23:26:00	60,00	474,82	2,00	24,42
3	15/05/2015	9:35:00	Bomba de inyeccion descalibrada	15/05/2015	12:10:00	44,00	338,15	0,00	2,58
4	18/05/2015	16:05:00	Temperatura alta en sensor de refrigerante	18/05/2015	17:05:00	3,00	27,92	0,00	1,00
5	23/06/2015	7:15:00	Sistema de admision tapados	23/06/2015	9:15:00	36,00	278,17	0,00	2,00
6	26/06/2015	13:17:00	Combustible de baja calidad	27/06/2015	6:52:00	3,00	28,03	1,00	1,58
7	27/07/2015	15:12:00	Nivel bajo de aceite hidraulico	27/07/2015	19:14:00	30,00	248,33	0,00	4,03
8	01/08/2015	10:24:00	Intercambiador de calor obstruido	01/08/2015	12:00:00	5,00	31,17	0,00	1,60
9	14/08/2015	8:11:00	Drenar aceite del carter, desmontarlo para revisión de la bomba de aceite por falla en la lubricación	14/08/2015	8:39:00	13,00	100,18	0,00	0,47
10	01/09/2015	14:22:00	Calibracion inapropiada de valvulas	01/09/2015	23:15:00	18,00	149,72	0,00	8,88
11	06/09/2015	11:59:00	Taponamiento de filtro de combustible	07/09/2015	6:00:00	5,00	28,73	1,00	2,02
12	07/09/2015	11:50:00	Deterioro de la banada de transmision	08/09/2015	13:30:00	0,00	5,83	1,00	9,67
13	09/10/2015	14:33:00	Motor de arranque trabado	09/10/2015	18:03:00	31,00	249,05	0,00	3,50
14	15/10/2015	12:35:00	Ruidos anormales en el turbo	16/10/2015	13:25:00	6,00	42,53	1,00	8,83
15	20/10/2015	14:30:00	Vibración en el embrague y baja velocidad	20/10/2015	18:45:00	4,00	33,08	0,00	4,25
16	11/11/2015	16:35:00	Calibracion inapropiada con el convertidor	12/11/2015	22:25:00	22,00	173,83	1,00	13,83
17	13/12/2015	10:15:00	Velocidad de arranque inapropiada	13/12/2015	12:25:00	31,00	235,83	0,00	2,17
TOTAL							2684,88		95,53

Ilustración # 47: Datos para el análisis RCM, ejemplo Tractor de orugas CAT D8R
(X10)

La obtención de los parámetros RAM, se extrae de los datos ingresados en la tabla de la ilustración # 47 de la siguiente manera.

$$MTBF = \text{Sumatoria de tiempos entre fallas} / \text{Número de falla} = 2684.38 / 17 = 157.9$$

Hrs.

$$MTTR = \text{Sumatoria de tiempos de reparaciones} / \text{Número de intervenciones} =$$

$$95.53 / 17 = 5.61 \text{ Hrs.}$$

La tasa de fallas λ viene dado por:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (13)$$

$$\lambda = \frac{1}{157.9} = 0.00633$$

La producción planificada para el año es:

Total de horas al año: 3000

Programadas de la siguiente manera:

Horas ordinarias programadas de producción

56 semanas x 5 días/semana = 280 días x 8 horas/día= 2.240 horas/año.

Horas complementarias programadas de producción:

95 días/año complementarios x 8 horas/día= 760 horas/año

Total 2.240+760= 3.000 horas / año.

De los cuales se utilizara en Mantenimiento Preventivo 236 horas / año.

En resumen:

Total de horas	3.000,00
Mantenimiento Preventivo	236
Tiempo presupuestado de producción	2.764,00

Ilustración # 48: Cuadro de resumen de tiempos trabajados anualmente de un equipo de la Cía. UCEM-CEM-PG

Luego:

CONFIABILIDAD (R)

$$R = e^{-\lambda t} \quad (14)$$

$$R = e^{-0.0063(2764)}$$

$$R = 2.5086E - 08$$

NOTA: La confiabilidad es baja, debido a la gran cantidad de fallas y frecuencia de paradas no controladas en el tiempo analizado, pero caracterizada por períodos cortos de tiempo, y una baja intensidad..

DISPONIBILIDAD (A)

Según lo indicado por el Ing. Lourival Tavares, y otros autores, basados en la definición de probabilidades de Laplace, expresan que la disponibilidad es el resultado de (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar + MTTR= el tiempo que estuvo parado por reparaciones) (Tavares Lourival, 2004), lo cual se expresa a continuación:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (15)$$

$$A = \frac{157.9}{157.9 + 5.61} \times 100 = 0.96$$

MANTENIBILIDAD (M)

Índice de mantenibilidad μ viene dado por:

$$\mu = \frac{\text{numero total de reparaciones}}{\text{tiempo total de reparaciones}} \quad (16)$$

Aplicando al equipo tomado como ejemplo.

$$\mu = \frac{17}{95.53} = 0.177$$

Posteriormente se expresa en la siguiente expresión las condiciones tanto de fase del ciclo de vida en la que encuentra el equipo, así como el tipo de fallas que se presentan.

$$M = 1 - e^{-\mu t} \quad (17)$$

$$M = 1 - e^{-0.177 (2764)} \quad M = 1 - 2.72 E - 13 = 0.9999$$

NOTA: Este resultado indica una mantenibilidad alta, es decir los tiempos que se tarda en volver a ponerla en parámetros de funcionamiento son corto pero abundantes para el período de 2764 horas/ año.

6.2 ANÁLISIS DE PRIMAS DE PÓLIZAS DE SEGUROS DEL EQUIPO Y MAQUINARIA UCEM- CEM-PG.

En referencia a lo mencionado en el marco teórico, se establece que, el elemento principal de la contratación de seguros generales, es la contraprestación por la cobertura de un riesgo que puede afectar al patrimonio si ocurriese un evento fortuito no deseado, lo cual se denomina prima del riesgo.

El valor de estas primas está en función del riesgo conocido por los propietarios del patrimonio en cuestión, así como de la aseguradora que lo asuma.

Siendo la función principal de los seguros, resarcir el patrimonio protegido a las condiciones anteriores al evento no deseado, la prima implementada, que la cubre debe ser suficiente, para lo cual la conducta de riesgo asumido el caso de UCEM-CEM-PG es la de prevención que lo disminuya.

“La disminución del riesgo, motiva una reducción en las prima” (Antonio Guardiola Lozano, 2001)

La Cía. UCEM-CEM-PG, siguiendo con su costumbre histórica; mediante convocatoria a concurso, hace periódicamente un llamado a las compañías interesadas en realizar la contratación de seguro, para que cumplan con los términos referenciales de los ramos a contratar, entre ellos se encuentra el de Equipo y Maquinaria Contratista.

Estas compañías, proponen porcentajes de tasas, basados análisis estadísticos, de los riesgos por ocurrencia a nivel general, cuyos valores están determinados en el mercado sin considerar específicamente las acciones que se han tomado para reducir los riesgos.

Es de esta manera que proponen alternativas de cobertura, antes que evaluar el riesgo del patrimonio que se requiere asegurar, como en el caso de la póliza de equipo y maquinaria, cuya tasa ofertada por varios períodos de negociación fue del 1.3% (fuente UCEM-CEM-PG).

Por definición prima es el producto del valor asegurado por la tasa, razón suficiente para calcular la prima de la póliza Equipo y Maquinaria Contratista, en función de la siguiente fórmula.

$$\text{Pr} = \text{Valor riesgo} \times \text{Tasa \%} \quad (9)$$

Para justificar los factores de la fórmula de prima (Pr) es necesario indicar que el valor asegurado se lo obtiene de la suma de todos los precios actuales de los equipos, como se puede observar en la ilustración # 41, mientras tanto el porcentaje o tasa de la

prima es generalmente impuesta por el mercado y acatado por las compañías aseguradoras como se indica en la ilustración que a continuación se expone.

UCEM-CEM-PG CUADRO DE COSTOS				
Vigencia:		27/06/2015	27/06/2016	366,00
RAMO	PROPIEDAD ASEGURADA	VALOR ASEGURADO	TASA	PRIMA NETA
EQUIPO Y MAQUINARIA				
SEGÚN LISTADO	EQUIPO CAMINERO	8.565.000,00	1,30%	111.650,05
		8.565.000,00		111.650,05

TASA ACTUAL EN EL MERCADO PARA ESTE RAMO DE SEGUROS

Ilustración # 49: Condiciones actuales de los valores asegurados y de las primas propuestas por las compañías de seguros

Enfocados en disminuir los costos de la contratación de las pólizas de seguros en especial en el ramo de Equipo y Maquinaria Contratista, se propone realizarlo mediante los siguientes pasos:

Paso 1. Asumir los valores actuales de aseguramiento analizados anteriormente en la ilustración # 46, bajo la modalidad “*valor acordado*” utilizando la misma tasa comercializada en el ámbito de seguros como se indica a continuación.

UCEM-CEM-PG				
CUADRO DE COSTOS				
Vigencia:		27/06/2015	27/06/2016	366,00
RAMO	PROPIEDAD ASEGURADA	VALOR ASEGURADO	TASA	PRIMA NETA
EQUIPO Y MAQUINARIA				
SEGÚN LISTADO	EQUIPO CAMINERO	5.455.120,00	1,30%	71.110,85
		5.455.120,00		71.110,85

TASA ACTUAL EN EL MERCADO PARA ESTE RAMO DE SEGUROS

Ilustración # 50: Condiciones propuestas de los valores de los equipos mineros de UCEM-CEM-PG.

Paso 2. Determinar el riesgo del valor asegurado desde su contexto operacional, tarea que generalmente lo realiza la compañía aseguradora que determinó la probabilidad global de riesgo en 2% (fuente UCEM-CEM-PG) según la póliza contratada en años anteriores.

Por lo tanto:

$$r = \frac{P \times I}{S} \quad (4)$$

Valor de la excavadora X20 CAT 330 como ejemplo llevado a valor actual:

\$ 238.507.

$$r = \frac{0.02 \times (\$ 238507)}{S} = \frac{\$ 4770.14}{S} =$$

Paso 3: Comparar los coeficientes de seguridad. El coeficiente de seguridad es un factor que pretende reducir el índice (r), mediante la consideración de las medidas de

protección, para minimizar las consecuencias de un evento no deseado, entre las medidas de protección se encuentran las descritas en la ilustración # 27 correspondiente a la políticas de trabajo empresarial sumada a estos factores los coeficientes de clase mundial RAM, que se calcularon para un equipo como prototipo.

$$\frac{S(t) = \sum_{i=0}^n}{n} \quad (5)$$

Sustituyendo los valores de RAM obtenidos en la sección 6.1, en el desarrollo de la formula (5) del coeficiente de seguridad (S) se obtiene:

$$S(t) = \frac{5.6+R+A+M}{9}$$

$$\frac{S(t) = 5.6 + (2.5086E-08) + 0.96 + 0.99}{9} = 0.83$$

$$r = \frac{0.02 \times (\$ 238507)}{0.83} = \$ 5747.15$$

Entonces: Considerando el porcentaje (1.3%) de comercialización actual de las primas indicado en la ilustración # 49.

$$Pr = \text{Valor riesgo} \times \text{Tasa \%}. \quad (9)$$

$$Pr = \$ 5747.15 \times 1.3 = \$ 7471.29$$

Paso 4: Recrear la probabilidad disminuir el riesgo del 0.02 valor que analizan las empresas aseguradoras, restando el valor incluido dentro del 2% correspondiente a la no confiabilidad $1/MTBF = 0.00633$, supuesto ocurrirá si se trata de reducir o hasta eliminar la perdida de confiabilidad mediante el uso de las tareas señaladas en el modelo de gestión propuesto, y contrario a esta acción la confiabilidad se eleva en la misma proporción, acercándose al valor 1, en términos numéricos resulta.

$$P-P1 = 0.02 - 0.00633 = 0.0136$$

Este resultado proyectado a un valor de riesgo se obtiene:

$$r1 = \frac{0.0136 \times (\$ 238507)}{S1} =$$

En el procedimiento para determinar el coeficiente de seguridad en el capítulo # 2

$$S(1) = \frac{5.6 + R + A + M}{9}$$

$$S1 = \frac{5.6 + 1 + 0.96 + 0.99}{9} = 0.95$$

$$r1 = \frac{0.0136 \times (\$ 238507)}{0.95} = \$3414.41$$

$$Pr1 = \$ 3414.41 \times 1.3 = \$ 4438.74$$

Luego

$$Pr - Pr1 = \text{Ahorro} \tag{18}$$

\$ 7471.29 - \$ 4438.74 = \$ 3032.55 equivalente al 40%, este porcentaje tiende a variar en función de la implementación y cumplimiento del RAM.

Esta cifra aplicada al resto de equipos, presentan ahorros interesantes que incentiva una nueva forma de mirar el mantenimiento.

A continuación se analiza el valor de las primas en los dos escenarios, el primero asegurar a valor a nuevo y el segundo caso a valor acordado, siendo la administración quien decida cuál de estas es conveniente en función de sus políticas.

RAMO	PROPIEDAD ASEGURADA	VALOR ASEGURADO	TASA	PRIMA	% AHORRO	PRIMA RAMS
<u>EQUIPO Y MAQUINARIA</u>						
PRIMA HISTORICA	EQUIPO CAMINERO	\$8.497.581,00	1,30%	\$110.771,21	40,00%	\$44.308,48
PRIMA VALOR ACTUAL	EQUIPO CAMINERO	\$5.455.120,00	1,30%	\$71.110,85	40,00%	\$28.444,34

Ilustración # 51: Cuadro comparativo del valor de la contratación de seguros, aplicando el modelo de gestión de Mantenimiento Planteado.

LQQD= Lo que queda demostrado

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES:

En definitiva, las actividades actuales de mantenimiento en el equipo minero de UCEM-CEM-PG, obedecen a una filosofía enrumada por conceptos férreos, pertenecientes a una primera generación, por lo que requieren un cambio, basado en un modelo de gestión, cuyo enfoque promulgue una visión futurista respecto a los beneficios que pueden obtenerse, al realizar mantenimiento apropiado de los equipos, con la frecuencia y en el tiempo preciso.

Si bien existe el estudio de los diferentes factores de riesgo dentro de las instalaciones de UCEM-CEM-PG, y la manera de combatirlos, no se evidencia un análisis de fallas de los equipos mineros, que son fuente de riesgo real.

Es necesario, determinar parámetros técnicos dentro de las variables consideradas para la contratación de seguros, a manera de indicadores, estos actúan como atenuantes del riesgo, influyendo en la valoración de activos expuestos, al tener un grado de confianza, en función de una mantenibilidad. Consecuentemente es importante valorar los bienes que van asegurar, y el análisis de su inclusión dentro de las pólizas precisas, ya que pueden ser objeto de gastos infructuoso.

Buscando algunas desviaciones que pueden ser objeto de mejoras dentro de la UCEM-CEM-PG, y como resultado de una auditoría de mantenimiento, se encuentra las no conformidades que son puntos escuálidos, como la falta de comunicación y la formación del personal, situaciones que a nivel organizativo se puede superar con las decisiones administrativas adecuadas, por otro lado la falta de un estudio de fallas

consiente y la inobservancia de métodos de trabajo, hacen que el mantenimiento no tenga un horizonte y su gestión llegar a ser estresante.

La aplicación de un modelo de gestión en UCEM-CEM-PG basado en las técnicas de última generación, (RAM) diseñado a las exigencias y necesidades del equipo de mantenimiento, permitirán obtener ahorros significativos en varios campos, independientemente de las consideraciones realizadas para la contratación de seguros, esto en función de las acciones tomadas para evitar y disminuir los impactos por paradas de los equipos mineros.

Al ser el mantenimiento el área donde los costos pueden ser controlables dentro del sistema productivo, su tratamiento para crear confiabilidad en su operación, se vuelve indispensable para su sostenibilidad.

La implementación de este modelo de gestión implica la participación y el compromiso de todos los niveles de la organización, a fin de cumplir con los objetivos planteados que es la disminución de los valores de la contratación de seguros, siendo necesario delegar a personal capacitado y con los conocimientos en las ramas.

Además, el nivel de aporte que un modelo de gestión de mantenimiento, como el planteado en este trabajo tenga efecto, dependerá de los intereses de la organización y su política gerencial.

7.2 RECOMENDACIONES

Una vez definidas las características de cada etapa evolucionaria del mantenimiento y haber convalidado con las técnicas aplicadas en el área funcional encargada de esta actividad en la Cía. UCEM-CEM-PG, se crea la necesidad, en función de su posicionamiento, elevar los objetivos mediante la aplicación de nuevas metodología personalizadas a su contexto operacional, en procura de mejorar el tipo de tareas que brinden seguridad al funcionamiento de los activos relacionados con la actividad minera de la institución, de manera que se consiga escalar al siguiente nivel generacional.

Definir una política de contratación de seguros, en el cual se mencione un análisis del infra seguro de los equipos mineros, con la finalidad de determinar que el valor a asegurar este en función de la siniestralidad y de los objetivos planteados en la política.

El hecho de haber instrumentado las variables de mantenimiento de los equipos críticos propuestas en este trabajo, no es suficiente, es necesario realizar un banco de datos de las fallas que permita solucionar prácticamente tanto las fallas como los errores que se presente, en otras palabras definir un plan de contingencia con los parámetros conocidos, para hacer frente a los eventos no deseados.

Según el diagnóstico realizado en este trabajo, el mantenimiento del equipo minero de UCEM-CEM-PG requiere de un cambio de actitud del personal y la implementación de un modelo de gestión que procure conseguir los requisitos necesarios, con la intención de ubicarse en un nivel generacional superior hasta llegar a ser una Cía. de última generación.

Incluir dentro del CMMS, el cálculo directo de los indicadores RAM, para el análisis del comportamiento de los equipos, con el propósito de prevenir las fallas y

llevar un registro real de los posibles eventos que puedan provocar siniestros por su causa.

En cada una de las actividades relacionadas tanto en mantenimiento como en sus riesgos, procurar que su tratamiento sea en base a normas específicas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tendencias Actuales del Mantenimiento Industrial, Ing. MSc. Oliverio García Palencia CMRP. Consultor en Gestión de Activos y Excelencia Operacional. oligar52@yahoo.com
- [2] Amendola. L, (2011). Libro de Gestión Integral de Activos Físicos, ISBN: 978-84-935668-8-3, Editorial PMM Institute for Learning. Valencia, España.
- [3] González Francisco Javier (2004). Auditoría de mantenimiento e indicadores de gestión, ISBN 84-96169-36-7. Editorial Fundación CONFEMETAL, España.
- [4] Amendola L, Global (ASSET MANAGERMENT) – www.pmmwaring.com
- [5] Gestión integral del Mantenimiento de Activos como Estrategia de Negocios (Assessment, PAS 55 – ISO 55000) Autor; Ph.D in Engineering Management por Europa y USA, Chairman de PMM Institute for Learning. Académico, Universidad Politécnica de Valencia, España, Calle Lepanto, 27, 4, Alboraya - 46120 Valencia, luidi@pmmlearning.com, luiam@dpi.upv.es; Web: www.pmmlearning.com.
- [6] Varela Rodrigo. Evaluación Económica de Inversiones. ISBN958-04-0867-X. Editorial NORMA S.A Bogotá – Colombia.
- [7] Luis Felipe Sexto (M.Sc. Ing.), lsexto@radical-management.com, <http://se-gestiona.radical-management.com>, Mantenimiento, Confiabilidad Operacional y Sostenibilidad Empresarial, – Normativa Internacional y sus Desafíos
- [8] Desarrollo Sostenible del Activo con PAS 55 Asset Management. Copyright 2004 – 2010, The Woodhouse Partnership Ltd, www.twpl.com, MSc. Luis Sojos, E-mail: luis.sojo@twpl.com

[9] Artículo de la Semana: Asset Management - Semana 28-08-2012 metodología de diagnóstico en la gestión integral de activos físicos en la industria. Caso: industria eléctrica www.pmmlearning.com Página 1 de 14

[10] Metodología de Diagnóstico en la Gestión Integral de activos físicos en la industria. Caso: Industria Eléctrica Luis Amendola., Ph.D Tibaire Depool., Ph.D Miguel Ángel Artacho, Ph.D Contacto: Amendola. Luis – Depool Tibaire e-mail: luigi@pmmlearning.com / tibaire@pmmlearning.com PMM Institute for Learning – España

[11] ISO 9001:2008, Sistemas de gestión de calidad — Requisitos

[12] ISO 55000: Sistemas de gestión de activos — Requisitos (borrador)

[13] ISO 50000: Sistemas de gestión de energía – Requisitos

[14] IAM (The Institute of Asset Management). PAS 55:2008. Gestión de Activos. Parte 1. Publicación avalada por el BSI. ISBN: 978-0-9563934-0-1.

[15] Mora Luis Alberto.2009. Mantenimiento, Planeación, ejecución y control. ISBN 978-958-682-769-0.Editorial Alfaomega. México.

[16] Antonio Guardiola Lozano, Manual de introducción al seguro, FUNDACION MAPFRE, segunda edición: 2001, ISBN 84-7100-785-1, Madrid.

[17] Isabel Casares San Jose, Proceso de gestión de riesgos y seguros de la empresa, CASARES, Asesoría actuarial y de riesgos SL Depósito legal M-23318-2013, Madrid

[18] John Moubray, 2004. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, ISBN09539603-2-3, Publicad por Aladon LLC

- [19] Oliverio García Palencia, 2013, Confiabilidad Humana , ISBN 978-958-46-2234-1, Ediciones Legis, Colombia.
- [20] Ciro Martínez Bencardino, 1996, Estadística Comercial, ISBN 958-04-1527-7, Editorial Norma, Bogotá – Colombia.
- [21] Seiichi Nakajima, 1984, Introducción al TPM, ISBN 84-87022-10-3, Tercera edición, Tecnología de Gerencias y Producciones S.A, Madrid.
- [22] Kunio Shirose. 1992, TPM Para Operarios, ISBN 84-87022-12-X, Edición en español TGP Hoshim, Madrid España.
- [23] (Antonio Guardiola Lozano, 2001) Manual de Introducción al Seguro, ISBN 84-7100-785-1 Editorial MAFRE S.A, Madrid.
- [24] Barbara Wheat, 2003, Seis Sigma, ISBN 954-04-7814-7, Editorial Norma. Colombia.
- [25] L.C. Morrow, 1985, Manual de Mantenimiento Industrial, Editorial Continental, México
- [26]. Michael Hammer & James Champy, 1996, Reingeniería, ISBN 958-04-2650-3, Editorial Norma, Colombia.

ANEXOS

ANEXO A: AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO MINERO UCEM-CEM-PG

ANEXO B: MATRIZ DE RIESGOS DE UCEM-CEM-PG

ANEXO C: PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO

ANEXO D: CRITICIDAD DE EQUIPOS

ANEXO E: PROCESO DE OPERACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

ANEXO F: PROCESO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

ANEXO G: ANÁLISIS FMECA DE EXCAVADORA

ANEXO H: MANTENIMIENTO AUTONOMO DE TRITURADOR

ANEXO I: VALOR ACTUAL DE LOS EQUIPOS

ANEXO J: ANÁLISIS CONFIABILIDAD DE TRACTOR