

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN
MÁQUINAS PERFORADORAS EN LA EMPRESA CONSORCIO JM
SAC. SEDE TANTAHUATAY**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

GIANMARCO AGUSTIN CASTAÑEDA PRETEL

ASESOR

ALEXANDER QUEREVALÚ MORANTE

<https://orcid.org/0000-0001-5672-6829>

Chiclayo, 2021

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO EN MÁQUINAS PERFORADORAS EN
LA EMPRESA CONSORCIO JM SAC. SEDE
TANTAHUATAY**

**PRESENTADA POR
GIANMARCO AGUSTIN CASTAÑEDA PRETEL**

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Lucio Antonio Llontop Mendoza
PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzales Bazan
SECRETARIO

Alexander Querevalú Morante
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi Familia que están apoyándome con mis estudios, mis objetivos y mis metas. A mis hijos y a mi esposa que son la razón de mi ser y por los cuales me esfuerzo día a día.

AGRADECIMIENTO

A **SEGUNDO CORREA CABANILLAS**. Por haberme abierto las puertas de su representada y darme la oportunidad de desarrollar esta tesis.

A todo el personal administrativo y operativo de **CONSORCIO JM SAC.**, por brindarme su amistad, apoyo y conocimientos.

A **ING. ALEXANDER QUEREVALÚ MORANTE**, asesor y supervisor, quien me brindo su tiempo y conocimientos para poder sacar a flote toda esta tesis.

Mis profesores, quienes en el transcurso de mi formación profesional fueron brindándome un granito de su conocimiento.

ÍNDICE

RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
2.1 Realidad problemática	14
2.2 Formulación del problema	16
2.3 Delimitación de la investigación.....	16
2.4 Justificación e importancia de la investigación.....	16
2.5 Limitaciones de la investigación.....	17
2.6 Objetivos de la investigación	17
III. MARCO TEÓRICO	18
3.1 Antecedentes del estudio.....	18
3.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado	20
IV. MARCO METODOLÓGICO.....	56
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	56
<i>Gráfico 1</i>	56
4.2 Población y Muestra.....	57
4.3 Formulación de la hipótesis	57
4.4 Variables – Operacionalización	57
4.5 Métodos y Técnicas de Investigación.....	59
4.6 Descripción de los instrumentos utilizados	59
4.7 Análisis estadístico e interpretación de datos.....	60
V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	61
5.1 Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento de las máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tintahutay.....	61
5.2 Determinar las herramientas para optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras.....	82
5.3 Implementar la optimización de la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras	96
5.4 Evaluar los resultados de optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras.....	117
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
6.1 Conclusiones	120
6.2 Recomendaciones	120
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

Bibliografía	122
VIII. ANEXOS	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para evaluar los valores de criticidad	53
Tabla 2: Patrones Estándar para establecer el Índice de Criticidad.....	53
Tabla 3: Operacionalización de las Variables	58
Tabla 4: Disponibilidad de Equipos de Perforación.....	66
Tabla 5: Disponibilidad de Equipos de Perforación (Oct 2017 hasta Set 2018)	77
Tabla 6: Parámetros de Mantenimiento.....	79
Tabla 7: Tiempo de Operación Óptimo de las Máquinas Perforadoras.....	80
Tabla 8: Costo en Alquiler de Equipos por Paradas de las Máquinas	81
Tabla 9: Criterios para realizar el Análisis de Criticidad	98
Tabla 10: Resultados del Análisis de Criticidad a la Operación de las Máquinas Perforadoras.	99
Tabla 11: Resumen del Análisis de Criticidad a los Sistemas de la Máquina Perforadora	100
Tabla 12: Modelos de Falla en Máquina Perforadora	102
Tabla 13: Fallas en el Sistema Motor.....	103
Tabla 14: Falla en el Sistema Hidráulico	104
Tabla 15: Falla en el Sistema Motriz.....	105
Tabla 16: Falla en el Sistema Control	105
Tabla 17: Falla en el Sistema Eléctrico	106
Tabla 18: Falla en el Sistema Estructural.....	107
Tabla 19: Programa de Mantenimiento UDR - 650	108
Tabla 20: Programa de Mantenimiento DE-740	110
Tabla 21: Programa de Mantenimiento DE-710	112
Tabla 22: Inversión para incluir el Área de Mantenimiento en el Organigrama de la empresa	115
Tabla 23: Presupuesto para implementar el Taller	116
Tabla 24: Presupuesto del Plan de Mantenimiento	117
Tabla 25: Resumen de la Inversión para implementar y poner en funcionamiento el Plan de Mantenimiento	117
Tabla 26: Evaluación Económica.....	118
Tabla 27: Disponibilidad Final.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conceptos de Mantenimiento	21
Figura 2: Tipos de Mantenimiento	22
Figura 3: Mantenimiento Correctivo	23
Figura 4 Tipos de Mantenimiento Preventivo	25
Figura 5: Costo Integral de Mantenimiento	27
Figura 6: Diagrama ISHIKAWA	36
Figura 7: Equipo de Perforación UDR 60 JM 01	38
Figura 8: Cabezal de Rotación	39
Figura 9: Partes de la Torre de Perforación.....	40
Figura 10: Escariador o Reaming Shell.....	40
Figura 11 Barras de Perforación.....	42
Figura 12: Bomba 435.....	42
Figura 13: Bentonita.....	43
Figura 14: Hydraulic Mud Mixer	43
Figura 15: EZ-MUD.....	44
Figura 17: Disposición de Casing	44
Figura 18: Brocas Diamantadas	45
Figura 19: Selección de Coronas.....	46
Figura 20: Broca y Zapata de Descarga Lateral	47
Figura 21: Broca y Zapata de Descarga Frontal.....	47
Figura 22: Broca Deep y Zapata de Descarga Frontal	47
Figura 23: Otros Tipos de Brocas	48
Figura 24: Descripción de Códigos de una Broca.....	48
Figura 25: Testigos de Perforación	49
Figura 26: Accesorios de Tubo Interior	50
Figura 27: Ware Line Over Shot Ezy Lock.....	51
Figura 28: Organigrama Institucional Consorcio JM SAC	62
Figura 29: Principales Clientes de CONSORCIO CJM SAC	64
Figura 30: Organigrama del Área de Mantenimiento.....	65
Figura 31: Equipo De Perforación Típico De 650 Mk2 Montado En Un Camión Con Compresor Montado A La Bandeja	67
Figura 32: Máquina Perforadora SANDVICK DE 710 – DE 740	73
Figura 33: Disponibilidad de Equipos de Perforación (Oct 2017 hasta Set 2018).....	78
Figura 34: Actividades del Mantenimiento Planificado.....	84
Figura 35: Pasos de un Mantenimiento Planificado	85
Figura 36: Sistemas de las máquinas perforadoras.....	97
Figura 37: Variables que intervienen en los sistemas de las máquinas perforadoras	97
Figura 38: Diagrama Ishikawa de Calidad Deficiente de PMs	101

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1	56
-----------------	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de Grado tiene como propósito optimizar la Gestión del Mantenimiento con el propósito de mejorar la Disponibilidad de las Máquinas Perforadoras del Consorcio JM SAC - Sede Tantahuatay.

La empresa Consorcio JM SAC se ha especializado en la ejecución de proyectos de exploración minera aplicando métodos de perforación diamantina y perforación con circulación reversa. Tiene 06 Máquinas Perforadoras marca SANDVIK, cuyos años de fabricación están entre el año 2010 y 2015 y actualmente su Disponibilidad está entre 68,18% y 95, 45%, tienen un total de 6610 horas paradas al año, lo que origina a la empresa un costo real por alquiler de maquinaria de S/. 844650,00 al año para suplir a las maquinas paradas.

Para optimizar la gestión del mantenimiento de las Máquinas Perforadoras se ha optado por implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad en concordancia con el Mantenimiento Productivo Total, la inversión a realizar es de S/. 402831,00, tiene un Valor Actual Neto de S/. 1617273,61 y una Tasa de Interés Retorno de 177%, además la Disponibilidad de las máquinas aumente a un 90%.

PALABRAS CLAVES:

Optimización, Gestión del Mantenimiento, Máquinas Perforadoras

ABSTRACT

The purpose of this Degree research work is the Maintenance Management with the purpose of improving the Availability of Drilling Machines of the JM SAC Consortium - Tantahuatay Headquarters.

Consorcio JM SAC has specialized in the execution of mining exploration projects using diamond drilling and reverse circulation drilling methods. It has 06 SANDVIK Drilling Machines, our manufacturing years are between 2010 and 2015 and currently its availability is between 68.18% and 95.45%, they have a total of 6610 hours stopped per year, which originates the company a real cost for rental of machinery of S /. 844650.00 per year to replace the stopped machines.

In order to optimize the maintenance management of the Drilling Machines, it was decided to implement the Reliability Based Maintenance in accordance with the Total Productive Maintenance, the investment to be made is S/. 402831.00, has a Net Present Value of S /. 1617273.61 and a Return Interest Rate of 177%, in addition to the Availability of the machines increase by 90%.

Keywords:

Optimization, Maintenance Management, Drilling Machines

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día en las industrias de procesos y en la minería, uno de sus primordiales y principal objetivo económico se basa en disminuir los costos de mantenimiento y operación. en muchas empresas estos conceptos son analizados por separado, sin darse cuenta de que ambos parámetros se entrelazan mutuamente para poder lograr dicho objetivo.

Y aún es mucho más relevante esta relación si se tiene en cuenta, como un costo más, aquellos que son relacionados con el tema de seguridad tanto en los trabajadores y con el cuidado al medio ambiente. Sabiendo que, si el mantenimiento se realiza de manera defectuosa, estos costos pueden elevarse a unos niveles intolerantes e incluso trágicos para la empresa.

Es por eso que el presente trabajo, tiene como finalidad realizar la optimización del mantenimiento, aplicado a las perforadoras diamantinas SANVICK DE 710, DE 740 y UDR 650 de la empresa Consorcio JM SAC, el cual está siendo planteado como un método estratégico y de gestión. El mantenimiento como se sabe siempre ha cumplido un papel relevante para la conservación y la prolongación de la vida útil de todos los mecanismos que una máquina o equipo cuenta.

En este trabajo, se deberán tener en cuenta, no solo los aspectos técnicos, sino también los relacionados a la gestión y organización. Por otra parte, por medio de este trabajo, se busca mejorar la disponibilidad de la perforadora realizando una toma de muestra de datos antes del desarrollo del plan de mantenimiento y después de haber implementado dicho plan.

La empresa **Consorcio JM SAC** como muchas otras en el Perú no cuenta con un departamento de mantenimiento adecuado para llevar a cabo el mantenimiento de sus equipos. Es más común en nuestro país el uso de mantenimiento correctivo y mantenimiento programado, con la necesidad de ser una empresa competitiva en el mercado se hace necesario recurrir a planes de mantenimiento más modernos y confiables como lo es el mantenimiento preventivo.

El presente trabajo de investigación está estructurado por seis (6) capítulos:

Capítulo I Introducción, comprende un pequeño resumen de lo que tratara el trabajo en sí.

Capítulo II Problema de Investigación, comprende la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación e importancia del estudio, hipótesis y objetivos.

Capítulo III Marco Teórico, en dicho capítulo, se hablará sobre los antecedentes del trabajo nivel internacional, nacional y local.

También comprende el desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado, un enfoque del trabajo que realiza la empresa y el tipo de máquina y accesorios utilizados.

Capítulo IV Marco Metodológico.

Capítulo V Análisis e Interpretación de Resultados

Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones, que se basan en los objetivos propuestos y resultados obtenidos al aplicar el instrumento y verificar la viabilidad de aplicación de este en el trabajo de investigación.

Las Referencias y los Anexos, de la que se seleccionó información de fuentes confiables como sustento indispensable de la investigación y en los anexos que se encuentran las evidencias de la investigación.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Realidad problemática

Realidad Problemática Nacional

En el Perú parte de su desarrollo en obras de ingeniería, se emplea la intervención equipos pesado para la realización de sus proyectos tanto en minería como obras civiles.

Muchas empresas dentro del rubro Minería y movimiento de tierra con equipos pesado, en su etapa inicial y desarrollo como empresa no toman en consideración la Fiabilidad, operatividad y disponibilidad de sus equipos como parte fundamental para un servicio de calidad, toman confianza en que dichos equipos por ser nuevos o seminuevos aún no necesitan de una atención adecuada para un respaldo de Fiabilidad ya que estos tienen un periodo de garantía por parte del fabricante el cual tiene un concepto erróneo al respecto.

Actualmente, las empresas industriales comprendieron que una gestión adecuada de mantenimiento de sus activos y/o instalaciones ha resultado en un arma importante de competitividad de sus servicios contribuyendo a procesos de producción de alta calidad, obteniendo una alta fiabilidad y disponibilidad de sus equipos, en tal efecto se reducen las paradas de planta, que causan daño económico a las empresas. El certero mantenimiento reduce las fallas en equipos, para ello las herramientas y técnicas que se utilicen juegan un papel importante para anteceder o atenuar dichas fallas. [1]

A lo extenso de la vida de un sistema y/o equipo se implantan indicadores de funcionamiento a equipos designados como equipos críticos, los cuales pueden ser medidos bajo conceptos de mantenibilidad, disponibilidad y fiabilidad, aplicando al plano real los modelos matemáticos para perfeccionar la gestión de Fiabilidad de equipos y lograr el Mejoramiento Continuo (tercer nivel de la Pirámide de Excelencia). [2]

Sometido a la presión de la competencia, en la actualidad las industrias se ven obligadas a conseguir altos valores de producción con exigentes niveles de calidad y plazos de entrega.

Radica aquí la relevancia del mantenimiento para conservar la producción y servicios funcionando con el alto nivel de Fiabilidad permitido, minimizar la gravedad y frecuencia de las fallas, empleando normas de seguridad e higiene laboral, reducir el impacto medio ambiental, controlar, y restar los costos al mínimo. [3]

Realidad Problemática Regional

En el departamento de Cajamarca existen múltiples empresas dedicadas a prestaciones de servicio en construcción y movimientos de tierras empleando en su mayoría equipo pesado para la realización de sus proyectos.

Gran parte de las empresas presentan deficiencias en la fiabilidad y operatividad de sus equipos producto de la ausencia del área de soporte de equipos para el respaldo de una prestación segura y continua dentro del desempeño y rendimiento de dichos equipos.

El área de mantenimiento es la delegada de asegurar que los activos de la empresa estén operativos a través de ciertas actividades de mantenimiento y que están enfocados a conservar el mayor tiempo posible en operación conocido como (disponibilidad de meca) por lo que se ejecutara estudios probabilísticos para experimentar de qué manera se podrá reducir las fallas catastróficas [4]

Realidad Problemática Local

La empresa Consorcio JM SAC, presenta dificultades respecto al tema de la fiabilidad y disponibilidad óptima de sus equipos para efectuar perforaciones, debido a la falta de inspección, desgaste prematuro en partes rotativas, no se tiene un programa de mantenimiento preventivo, historial de mantenimiento pobre, no se capacita a operadores para un mejor desempeño del equipo, incumplimientos a las normas de seguridad y medio ambiente, sistema de rodamiento sin inspección que es parte importante dentro de un equipo pesado por su gran costo de reparación y sustitución, los mantenimientos preventivos no se rigen a una plantilla de mantenimiento específico.

A raíz de estos problemas como respuesta se obtiene mantenimientos correctivos no programados, inoperatividad y tiempo perdido convirtiéndose en equipos pocos Fiables.

Se incorporan equipos alquilados para satisfacer la demanda requerida por el cliente u obra para lo cual no hay una evaluación técnica antes de que el equipo sea puesto en obra, por lo general se confía en que la subcontratista entrega el equipo en óptimas condiciones de operación y cumple con todos los estándares de seguridad y medio ambiente que se rigen a las normas nacionales e internacional hoy en día todo proyecto.

2.2 Formulación del problema

¿Cómo mejorar la disponibilidad de las máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantauatay?

2.3 Delimitación de la investigación

La presente investigación se basará en optimizar la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantauatay.

2.4 Justificación e importancia de la investigación

a) Justificación Técnica:

El proyecto de investigación se justifica en la necesidad de optimizar la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa Consorcio JM SAC Sede Tantauatay.

b) Justificación Económica:

Debido a que, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo para ninguno de sus equipos, se realiza plenamente un plan de mantenimiento correctivo. Cuando se producen paradas inesperadas o por la astucia de sus operadores, los cuales ya conocen algunos problemas típicos que suceden en los equipos. Siendo esta la razón primordial para poder llevar a cabo la gestión del mantenimiento en dicha empresa, con lo cual se eliminarán las paradas imprevistas, que originan pérdidas económicas a la empresa.

c) Impacto Social:

El optimizar la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa Consorcio JM SAC Sede Tantauatay, permitirá que no existan horas sin trabajar por inoperatividad de las máquinas, originando que los operadores dejen de percibir sus honorarios por operar este tipo de máquinas.

d) Impacto Ambiental:

Es muy importante implementar formas limpias y eficientes de generación eléctrica, con menores impactos ambientales, y esto pasa por la no dependencia de los combustibles fósiles: petróleo, gasolina, gas, carbón, etc.

2.5 Limitaciones de la investigación

Para la presente investigación se ha tenido como limitantes que la empresa no cuenta con un registro e inventario de los diferentes equipos que funcionan dentro del proceso productivo.

2.6 Objetivos de la investigación**Objetivo General:**

- Optimizar la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tintahutay.

Objetivo Específicos:

- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de las máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tintahutay.
- Determinar las herramientas para optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras.
- Implementar la optimización de la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras.
- Evaluar los resultados de optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes del estudio

Internacional

E. Becerra y M. Serrano en su Trabajo de Investigación “Estrategia de Mantenimiento para la Flota de Tractores Camiones de la empresa de Transportes Líquidos de Colombia SA”, manifiesta que en la actualidad la empresa Transportes Líquidos Colombia S.A no tiene una táctica de sostenimiento para sus furgones. Es por este intelecto que se quiere proyectar una táctica que le permita controlar los daños que puede ocurrir en la agrupación y por lo tanto fallos imprevistos que implicar a confusión de saldo. Menciona que sus equipos en su empresa han tenido un aumento significativo de fallas en mantenimiento lo que ha ocasionado paradas imprevistas no programadas, grandes pérdidas económicas y que no son muy confiables, lo que suplica acciones de conservación que permitan un aumento en la confiabilidad de los equipos a través diagnósticos de averías en el sistema ocasionado y revisar cuales están operativos e inoperativos según tipos de mantenimiento todo esto con el fin de mejorar en factor más importante que es la confiabilidad y rentabilidad al proceso de producción de dichos equipos. [5]

J. Martínez en su trabajo de investigación: “Propuesta para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos basado en un análisis de causa raíz”, menciona que sus equipos en su empresa han tenido un aumento significativo de fallas en mantenimiento lo que ha ocasionado paradas imprevistas no programadas, grandes pérdidas económicas y que no son muy confiables, lo que suplica acciones de conservación que permitan un aumento en la confiabilidad de los equipos intervenir diagnósticos de averías en el sistema ocasionado y revisar cuales están operativos e inoperativos según tipos de mantenimiento todo esto con el fin de mejorar en factor más importante que es la confiabilidad y rentabilidad al proceso de producción de dichos equipos. [6]

S. Valera en su estudio “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Retesa S.A.”, nos dice que tiene como objetivo desplegar un proyecto de conservación precautorio para aumentar la eficacia del rendimiento, evitando las pausas imprevistas de los grupos y fallas menores en los sistemas del equipo, también la compañía quiere optimizar sus costos ya que se pueden ser

localizadas a momento. [7]

Nacional

G. Costta y J. Guevara en su trabajo de investigación “Elaboración de un Plan de Mejora para el Mantenimiento Preventivo en los Sistemas de Aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa - Pareto”, nos expresa que tiene como finalidad proyectar un Plan de mejora para el sostenimiento Preventivo del Sistema de Aire Acondicionado en la Red de Telefónica de Perú Zona Norte, aplicando la Metodología de gestión de calidad Ishikawa - Pareto. [8]

N. Calderón en su estudio “Aumento de duración de operatividad de camiones volquetes en proyectos de sostenimiento vial, empleando teoría de confiabilidad en un procedimiento real”, nos dice que tiene como objetivo mejorar el tiempo de operatividad demostrar en la confiabilidad de la escuadra de camiones volquetes de un proyecto de mantenimiento vial con el fin de otorgar flexibilidad y mejoras en los equipos. [9]

Local

M. Tello en su estudio “Propuesta de aumento en el proceso de sostenimiento Preventivo y Correctivo del procedimiento electrificante de los camiones gigantes CAT”, tiene como finalidad en el área de operaciones minera Yanacocha realizar un estudio de marcha de sostenimiento preventivo y correctivo del procedimiento electrógeno con el termino de disminuir pausas no planificadas, así alcanzar una superior productividad de disponibilidad de equipos, fabricación de dinero. [10]

M. Rodríguez en su estudio “Proposición de incremento de la misión de conservación basado en la mantenibilidad de equipos de traslado de una compañía minera de Cajamarca”, cuyo destino general es manifestar la factibilidad técnica y saldo de la proposición de aumento de trámite de sostenimiento basado en la mantenibilidad del grupo de transporte de una compañía minera de Cajamarca para ampliar la disponibilidad utilizada en los equipos con disminución de precios. Así mismo, analiza el choque analista que producir en aumento en la misión de

sostenimiento basado en la mantenibilidad de los equipos de transporte de una compañía minera en Cajamarca. Las tácticas han ido cambiando desde la más sencilla actividad de corregir y restaurar los equipos para manifestar la elaboración (DITRACCION), con marchas de prevenir, modificar e inspeccionar los equipos al término de mejorar el valor completo. [11]

3.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

3.2.1. Mantenimiento

Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento. [12]

Conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida. Estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas administrativas y de gestión. [13]

“El mantenimiento es un conjunto de acciones que llevan a conseguir prolongar el funcionamiento continuo de los equipos, reducir los costes en la producción, alargar la vida útil de los equipos, evitar pérdidas por paros inesperados de los equipos, producción con mayor calidad”. [14]

Figura 1: Conceptos de Mantenimiento



Fuente: Pastor Tejedo, 1997

3.2.2. Objetivos del mantenimiento

“El mantenimiento tiene como objetivo principal garantizar la producción necesaria en el momento oportuno y con el mínimo costo integral”. [14]

- a. Producir al máximo contando la disponibilidad necesaria de los equipos para cumplir con las aspiraciones propuestas.
- b. Reducir al máximo las averías para obtener un mínimo costo generado en las actividades de mantenimiento.
- c. Conservar la energía mediante el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas y elementos de las máquinas.
- d. Conservar el medio ambiente asegurado la estanqueidad de los diferentes sistemas.
- e. Asegurar que los sistemas de protección funcionen correctamente para salvaguardar la integridad de las personas y el buen estado de los equipos.

3.2.3. Tipos de mantenimiento

Al mantenimiento para su estudio se ha dividido en tres grandes grupos que se detalla a continuación:

Figura 2: Tipos de Mantenimiento

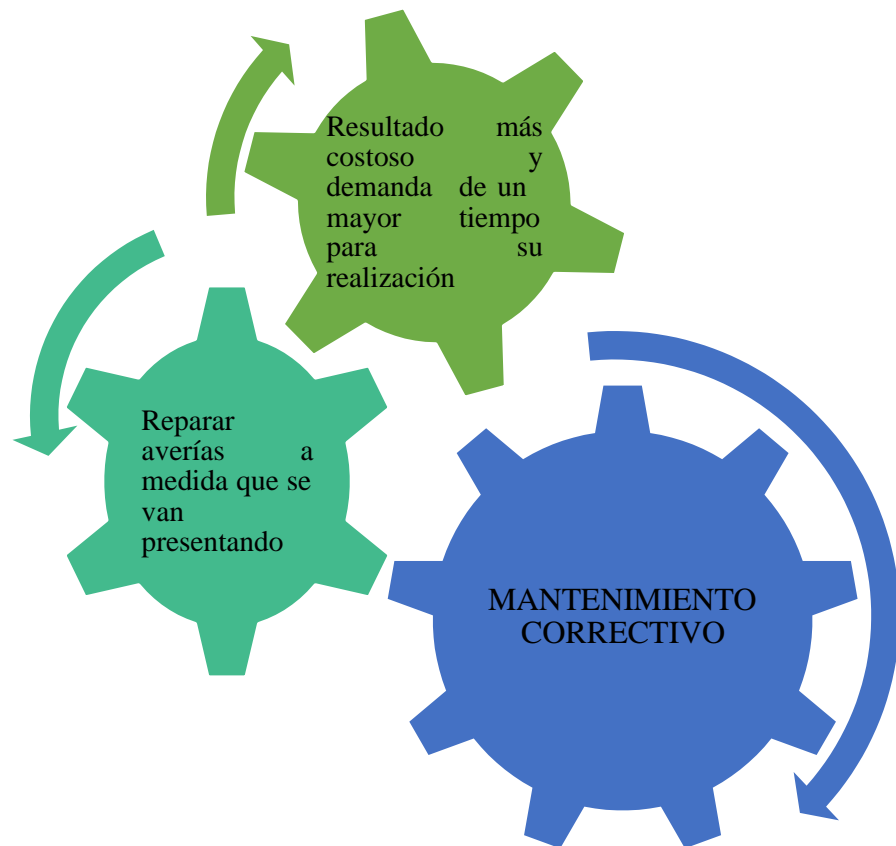


Fuente: Perez,2007

A. Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos. [15]

Figura 3: Mantenimiento Correctivo



Fuente: A.C. Pastor Tejedor, "Gestión Integral de Mantenimiento", Editorial MARCOMBO, Barcelona, 1997

Ventajas de un Mantenimiento Correctivo

No se requiere de una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas.

Desventajas de un Mantenimiento Correctivo

Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción.

Riesgos de fallos de elementos difíciles de conseguir.

Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

B. Mantenimiento Preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema. [15]

a) Ventajas del Mantenimiento Preventivo

Disminuir el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de la máquina.

Aprovechar el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar el mantenimiento

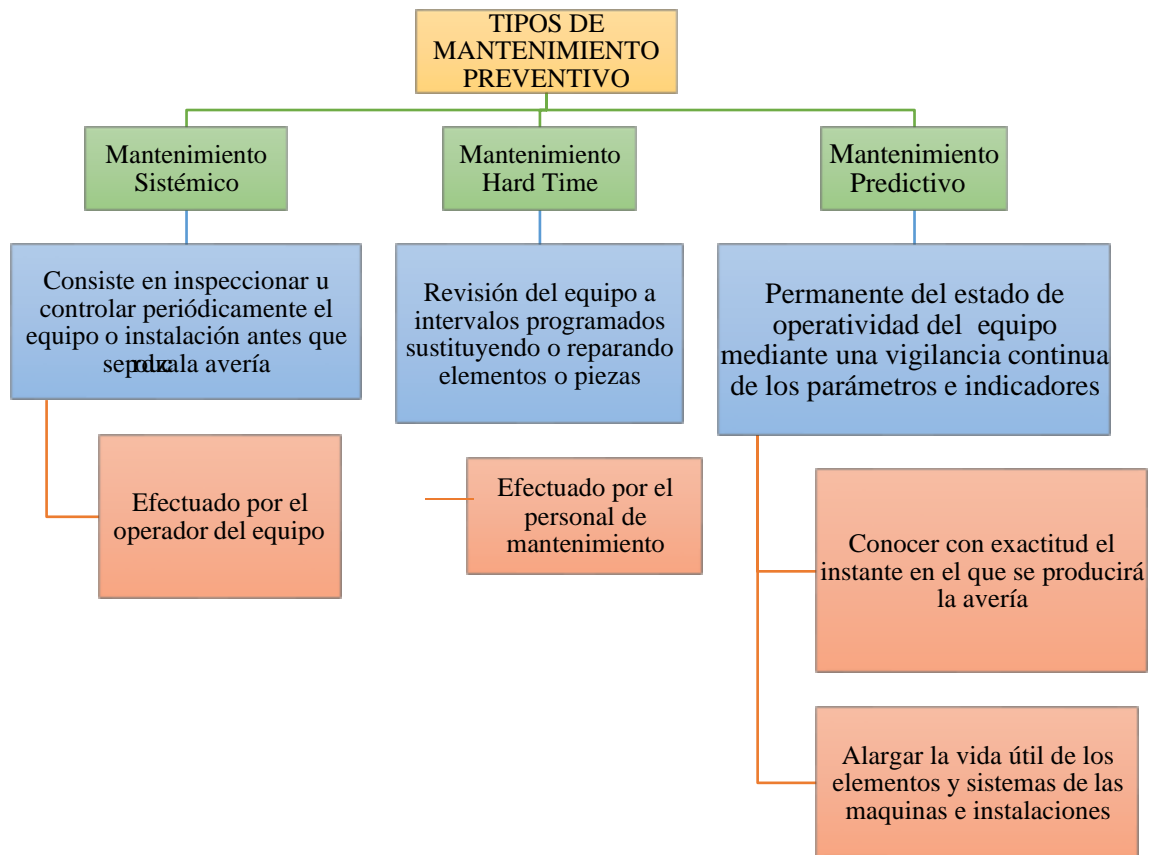
Reparar implementos y repuestos disminuyendo la indisponibilidad de la máquina.

Evitar averías mayores producidas por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo.

b) Tipos de mantenimiento Preventivo

En la siguiente figura se podrá apreciar los tipos de mantenimiento preventivo.

Figura 4 Tipos de Mantenimiento Preventivo



Fuente: Maldonado Villavicencio & Sigüenza, 2012

C. Mantenimiento Predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. [14]

Ventajas del Mantenimiento Predictivo

Más confiabilidad, al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.

Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.

Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

Desventajas del mantenimiento Predictivo

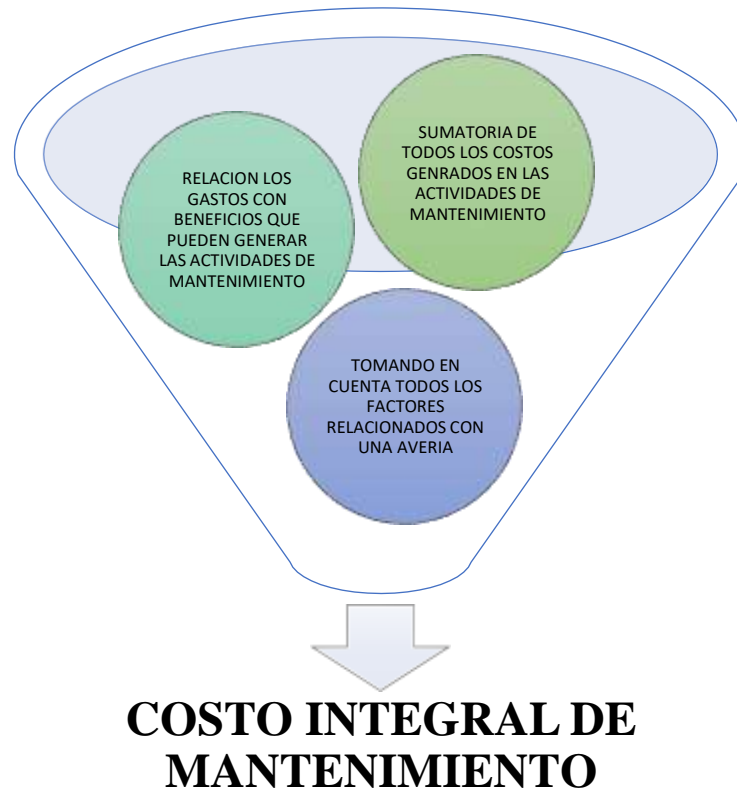
Siempre hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programación.

Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirlos.

Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, este debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.

Cotosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

Figura 5: Costo Integral de Mantenimiento



Fuente: A.C. Pastor Tejedor, "Gestión Integral de Mantenimiento"
 Editorial MARCOMBO, Barcelona, 1997.

3.2.4. Gestión

Es el conjunto de trámites que se llevan a cabo para resolver un asunto.

Dirección administrativa de una empresa, negocio, etc.

A. Gestión de la producción

Podemos decir que la gestión de producción es el conjunto de herramientas administrativas, que va a maximizar los niveles de la productividad de una empresa, por lo tanto, la gestión de producción se centra en la planificación, demostración, ejecución y control de diferentes maneras, para así obtener un producto de calidad. [16]

En este caso de propuesta de gestión al mantenimiento, está directamente relacionado con la producción, es decir el avance físico de obra.

B. Gestión del mantenimiento

La concepción de mantenimiento se manifiesta como un conjunto de acciones necesarias para desarrollar las políticas específicas de mantenimiento en una organización de producción, lo que hace ser de manifiesto tener un objetivo.

Es la personalización de la forma como la organización piensa sobre el papel (función a cumplir) del mantenimiento, vista como una función operativa. Así, la concepción de mantenimiento se traduce en un conjunto de varias formas de intervenciones de mantenimiento (correctiva, preventiva, sintomática, etc.) y de la estructura general, en las cuales esas intervenciones serán realizadas

Actualmente debido a las exigencias del mercado, se encuentra en un estado de cambio en el que el producto debe ser trabajado con excelencia, por ello no se permite que el mantenimiento no tuviera dichas exigencias siendo una función de apoyo tan importante para el área de Producción. Es un reto para las empresas de hoy mejorar sus actividades de Gestión del Mantenimiento para ser sostenibles en el tiempo. [17]

C. Indicadores de gestión para mantenimiento

Considerando que el primer objetivo del trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción. Para poder establecer estos factores de efectividad de mantenimiento, deberá ir acompañado de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. Los

indicadores, nos permitirá medir de forma técnica, y mediante costos, la efectividad del mantenimiento

a. Disponibilidad

Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo y tiempo logístico.

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad

La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación. Esta puede ser además usada como un parámetro para el diseño

Disponibilidad:

$$D = \frac{H \text{ PROGRAMADA} - H \text{ PARADA}}{H \text{ PROGRAMADA}} 100\%$$

b. Tipos de Disponibilidad

Existen tres tipos de disponibilidad:

Disponibilidad Inherente (Ai)

Es el nivel esperado de disponibilidad debido al comportamiento del mantenimiento correctivo únicamente. Está determinada por el diseño del equipo. Asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso alguno.

Disponibilidad Alcanzable (Aa)

Es el nivel esperado de disponibilidad debido al comportamiento del mantenimiento correctivo y preventivo. Depende del diseño del equipo y de la planta. También asume que los repuestos y personal están 100 por ciento disponibles sin retraso alguno.

Disponibilidad Operacional (Ao)

Es el fundamento de la disponibilidad. Este es el valor real de la disponibilidad obtenido en la operación diaria de la planta. Este valor refleja el nivel de recursos del mantenimiento de la planta, así como la efectividad organizacional.

c. Fiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para lo que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas (TPEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina. El tiempo promedio entre falla mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio.

$$F = \frac{H \text{ PROGRAMADA} - H \text{ PARADA POR MNTTO NO PROGRAMADO}}{H \text{ PROGRAMADA}}$$

d. Tiempo Medio Entre Pargas (TMEP)

Es el tiempo medio que ha transcurrido entre dos paradas de mantenimiento, y se requiere para su cálculo en el numerador las horas totales del periodo, y en denominador, el número de paradas:

$$TMEP = \frac{H \text{ PROGRAMADA}}{\text{NUMERO DE PARADAS}}$$

e. **Tiempo Medio Hasta Puesta En Marcha (TMPM)**

Representa el tiempo medio de duración de las diversas paradas ocurridas en el periodo e ítem analizado:

$$TMPM = \frac{HTOTALES DE PARADA}{NUMERO DE PARADAS}$$

3.2.5. **Actividades de Mantenimiento**

Mantenimiento Rutinario.

Comprende las actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración y otras. Su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales.

Generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los equipos y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de los mismos evitando su desgaste.

Mantenimiento Programado.

Toma como base las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas; para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para elementos más importantes de un equipo

Su frecuencia de ejecución cubre desde quince días hasta generalmente periodos de un año.

Mantenimiento por Avería o Reparación.

Se define como la atención de un equipo cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos equipos, minimizando sus tiempos de parada.

Es ejecutado por personal de la organización de mantenimiento.

La atención de dichas fallas debe ser atendida de manera inmediata y por lo tanto no da tiempo a ser programada, pues implica el aumento en costos de paradas innecesarias de personal y equipo.

Mantenimiento Correctivo.

Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar las necesidades de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo.

Las acciones más comunes que se realizan son:

Modificaciones de alternativas en el proceso

Modificaciones de elementos de máquina.

Cambios de especificaciones

Revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación.

Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costo.

Su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

Mantenimiento Circunstancial.

Es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina, pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna.

Se ejecutan tareas que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio.

La atención de los equipos bajo este tipo de mantenimiento depende no de la organización del mantenimiento que tiene a dichos equipos dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización, los cuales sugieren aumento en la capacidad de producción, cambios de procesos, disminución de ventas, reducción de personal y/o turnos de trabajo.

Mantenimiento Preventivo.

El estudio de fallas de un equipo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los equipos mediante Mantenimiento Correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameriten su prevención.

El Mantenimiento Preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas.

El Mantenimiento Preventivo es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado independientemente de la aparición de las fallas.

Este tipo de mantenimiento busca garantizar que las condiciones normales de operación de un equipo o sistema sean respetadas es decir que el equipo esté libre de polvo, sus lubricantes conserven sus características y sus elementos consumibles tales como filtros, mangueras, correas etc. Sean sustituidas dentro de su vida útil.

El Mantenimiento Preventivo clásico prevé fallas a través de sus cuatro áreas básicas.

a) Limpieza: las máquinas limpias son más fáciles de mantener operan mejor y reducen la contaminación. La limpieza constituye la actividad más sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas.

b) Inspección: se realizan para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y equipo. EL personal de mantenimiento deberá reconocer la importancia de una inspección objetiva para determinar las condiciones del equipo. Con las informaciones obtenidas por medio de las inspecciones, se toman las decisiones a fin de llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.

c) Lubricación: un lubricante es toda sustancia que, al ser introducida entre dos partes móviles, reduce el frotamiento calentamiento y desgaste, debido a la formación de una capa resbalante entre ellas. La lubricación es la acción realizada por el lubricante.

Aunque esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante, la ubicación física y geográfica del equipo y maquinaria; además de la experiencia, puede alterar las recomendaciones.

d) *Ajuste*: Es una consecuencia directa de la inspección; ya que es a través de ellas que se detectan las condiciones inadecuadas de los equipos y maquinarias, evitándose así posibles fallas

3.2.6. Optimización

Búsqueda de la mejor manera de realizar una actividad.

La optimización de recursos no se refiere ahorrar o suprimir, se define como la mejor forma de realizar una actividad.

En el mundo empresarial la optimización de los recursos tiene que ver con la eficiencia (que utilicemos los recursos de la mejor forma posible, obteniendo los mayores beneficios con los mínimos costes).

La eficiencia tiene una estrecha relación con la eficacia (ya que esta hace énfasis en los resultados, lograr objetivos, crear valores) para optimizar recursos no tendría que ser solo eficiente, sino que también ser eficaz.

3.2.7. Calidad de Mantenimiento

Cuando hablamos de Calidad o de Excelencia en mantenimiento, es conveniente definir con exactitud a que nos estamos refiriendo. Por Calidad en Mantenimiento debemos entender lo siguiente: MAXIMA DISPONIBILIDAD AL MÍNIMO COSTE

Si desmenuzamos este ambicioso objetivo en pequeñas metas menores, nos encontramos que Máxima Disponibilidad al Mínimo Coste significa, entre otras cosas:

- ✓ Que dispongamos de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- ✓ Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo.
- ✓ Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible.
- ✓ Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender.
- ✓ Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
- ✓ Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible.

- ✓ Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.
- ✓ Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.
- ✓ Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción, y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- ✓ Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

3.2.8. Auditoria de Mantenimiento

Realizar una Auditoría de Mantenimiento no es otra cosa que comprobar CÓMO se gestiona cada uno de los 10 puntos indicados anteriormente. El objetivo que se persigue al realizar una Auditoría no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, no es crucificarle: es saber en qué situación se encuentra un departamento de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarias para mejorar los resultados.

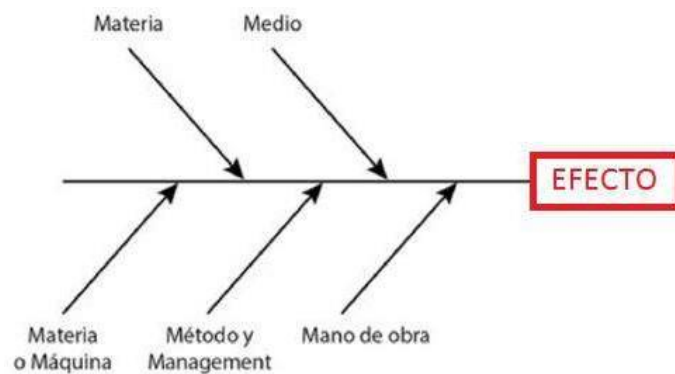
Claro está que hay que diferenciar entre Auditorías Técnicas y Auditorías de Gestión.

Las primeras tratan de determinar el estado de una instalación. Las segundas, objeto de este artículo, tratan de determinar el grado de excelencia de un departamento de mantenimiento y de su forma de gestionar. [18]

3.2.9. Diagrama Causa Efecto

El diagrama de causa-efecto o “Diagrama de Ishikawa” es una herramienta gráfica, utilizada en empresas, que ofrece una visión global de las causas que han generado un problema y los efectos correspondientes. Como las causas están jerarquizadas, es posible identificar de manera concreta las fuentes del problema. [8]

Figura 6: Diagrama ISHIKAWA



Fuente: Elaboración Propia

3.2.10. Método de las 5M

Todo proceso productivo es susceptible a mejoras, para reducir los costes de producción y aumentar la eficiencia en la producción de bienes ofrecidos por la organización.

Unos de los métodos empleados más completos para la consecución de la solución de problema, en los procesos y la mejora de estos, es el llamado método de las 5 M. Siendo una de las herramientas más interesantes y de alta importancia de los sistemas de Calidad Total y Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Este método es un sistema de análisis estructurado que se fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema.

Estas cinco “M” son las siguientes:

- Máquina (Machine).
- Método (Method).
- Mano de Obra (Manpower).
- Material (Material).
- Medio Ambiente (Middle).

Seguir esta metodología de análisis estructurado, permite ir acotando áreas concretas para detectar la causa raíz de un problema, para plantear la solución. Esta técnica es recomendable con el diagrama de Ishikawa (causa efecto), del cual ya se ha presentado previamente.

Las 5 M suelen ser generalmente un punto de referencia, que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto. [19]

3.2.11. Perforación Diamantina

La perforación diamantina es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de esta, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos (Coreshak). Para la perforación se usa brocas diamantadas pues el diamante es el material existente con mayor dureza y conductividad térmica sobre el planeta, lo cual le permite actuar como herramienta de corte con gran efectividad para cortar la roca que se requiere y extraer convenientemente las muestras o testigos del yacimiento mineralizado.

La perforación diamantina puede ser usada en una etapa muy temprana (proyecto Green Field) para delinear cuerpos mineralizados, determinar si la mineralización profundiza, verificar las leyes y determinar recursos mineralizados dentro de un yacimiento o proyecto minero. De igual forma puede usarse también en una etapa posterior (Brown Field) para ampliar las reservas existentes o puede tratarse de perforaciones en mina que sirven como perforaciones de control (para producción) o perforaciones confirmatorias en profundización de interior mina para ubicar nuevas reservas minerales. [20] En CONSORCIO JM SAC se cuenta con moderna maquinaria de perforación en superficie e interior mina que pueden llegar hasta 3,000 metros de profundidad a momento de la perforación. Además, el personal con el que cuenta la empresa está debidamente capacitada y posee la experiencia necesaria que le permite llegar a altos rendimientos de perforación en el mercado, optimizando de este modo el servicio y brindando ahorros para el CLIENTE.

A. Equipo de perforación diamantina

El equipo de perforación está conformado por una máquina perforadora, que consiste en un motor que acciona un sistema de transmisión de rotación al cabezal de la máquina; y este, a su vez, a la tubería de perforación, a cuyo extremo se ubica la corona diamantina. [21]

Figura 7: Equipo de Perforación UDR 60 JM 01

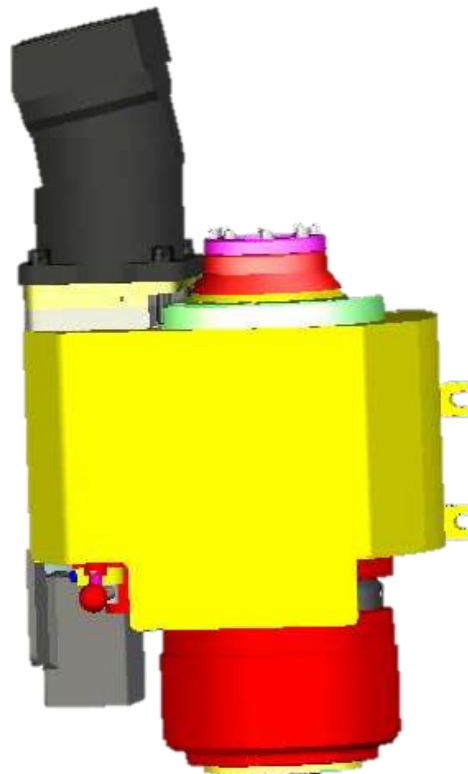


Fuente: Elaboración Propia

B. Cabezal de rotación

El cabezal tiene autonomía de rotación de 360° en un plano vertical, que permite efectuar perforaciones con la inclinación que se elija. El avance es activado por un sistema hidráulico, mediante pistones que se ubican en el cabezal de la máquina, con carreras de 0.60 m, generalmente. [22]

Figura 8: Cabezal de Rotación

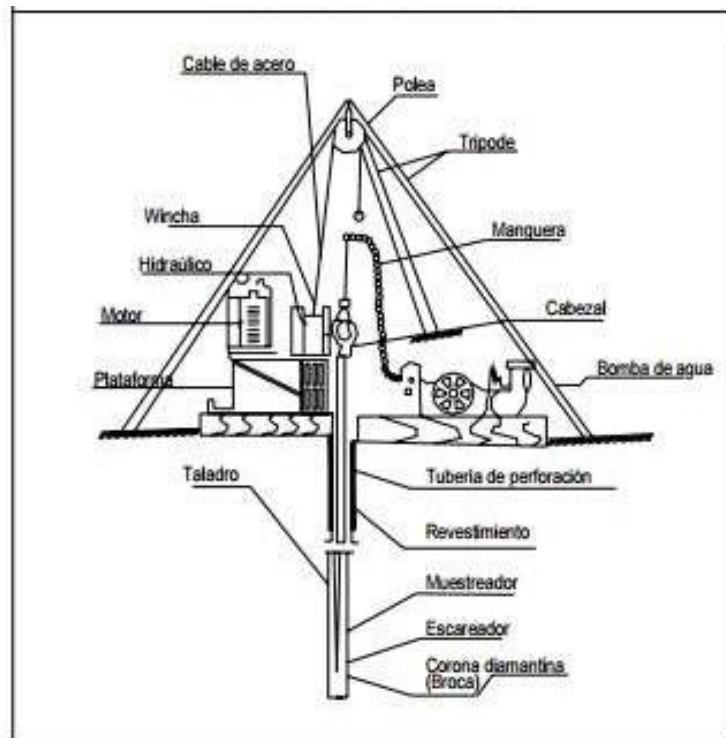


Fuente: 7701000 S CABEZAL - DICIEMBRE 2017 SOLIDO

C. Accesorios de una torre de perforación

Los principales accesorios del equipo de perforación lo conforman un trípode que sostiene una polea, por donde se hace pasar un cable de acero, de unos 30 m de longitud, que va enrollado a un winche, que por lo general está integrado a la máquina perforadora; todo este sistema facilita las maniobras al introducir o retirar del taladro las tuberías de perforación y revestimientos. [21]

Figura 9: Partes de la Torre de Perforación



Fuente: Manual de Perforación Boart Longyear

D. Escariadores

Los escariadores o también llamados rimadores permiten el asentado del diámetro del pozo de perforación, por tal motivo resultan de vital importancia evitar la pérdida de diámetro en el pozo. De tener un desgaste excesivo del escariador, se afectará al diámetro externo de la broca. [23]

Figura 10: Escariador o Reaming Shell



Fuente: Catalogo Boyles Bros

E. Barras de perforación

Todos los productos de barra de perforación se fabrican de Cold Drawn, al carbono alto tubos de acero que es igual o exceda la mínima fuerza extensible requerida por los estándares de DCDMA.

El uso de este acero de alta calidad asegura que el producto resista la perforación y conduciendo en las condiciones más severas. Hay un 100% inspección de todas las roscas durante la fabricación de la barra de perforación y la barra de perforación acoplamiento.

Como requisito, las especificaciones de todas las roscas en barra de perforación y barra de perforación acoplamiento cumplen con los estándares establecidos por DCDMA y por lo tanto son intercambiables con los productos fabricados por otros miembros del DCDMA.

Barra de perforación acoplamiento están hechos de acero AISI 4140 de aleación y son tratadas térmicamente para asegurar durabilidad. Barra de perforación pueden comprarse en tamaños en de 5 pies o 10 pies. Muchas otras longitudes están disponibles para satisfacer las necesidades específicas de perforación.

Tipos de Barras de Perforación:

- Series "W"
- Series "J"
- Alámbrica H.T.
- Alámbrica de Pared Delgada H.T.
- API-Pozo de Agua
- Estándar y Métricos Disponibles

En este tipo de perforación se utilizan las barras de perforación SERIE W en diferentes medidas. [24]

Figura 11 Barras de Perforación

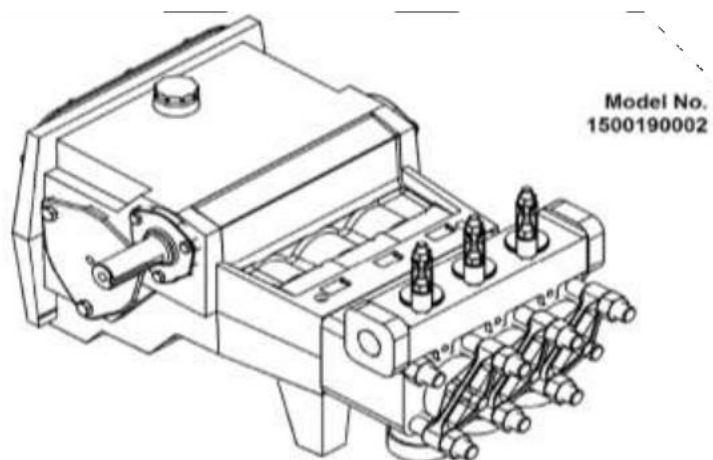


Fuente: Catalogo Boyles Bros

F. Sistema de lubricación

Para la refrigeración de la broca y la remoción de los detritus producto de la perforación, se introduce agua al taladro por el interior de la tubería de perforación (circulación normal), impulsada por una bomba. El agua que se emplee deberá ser limpia, sin sólidos en suspensión, con la finalidad de evitar la contaminación del relleno de las fracturas; y más aún cuando se tengan que realizar pruebas de absorción de agua, puesto que el taponamiento de las fracturas por los finos en suspensión conducirá a resultados erróneos. Es recomendable que la bomba para el suministro de agua tenga una capacidad de no menos de 100 le/min a una presión de 35 kg/cm². [23]

Figura 12: Bomba 435



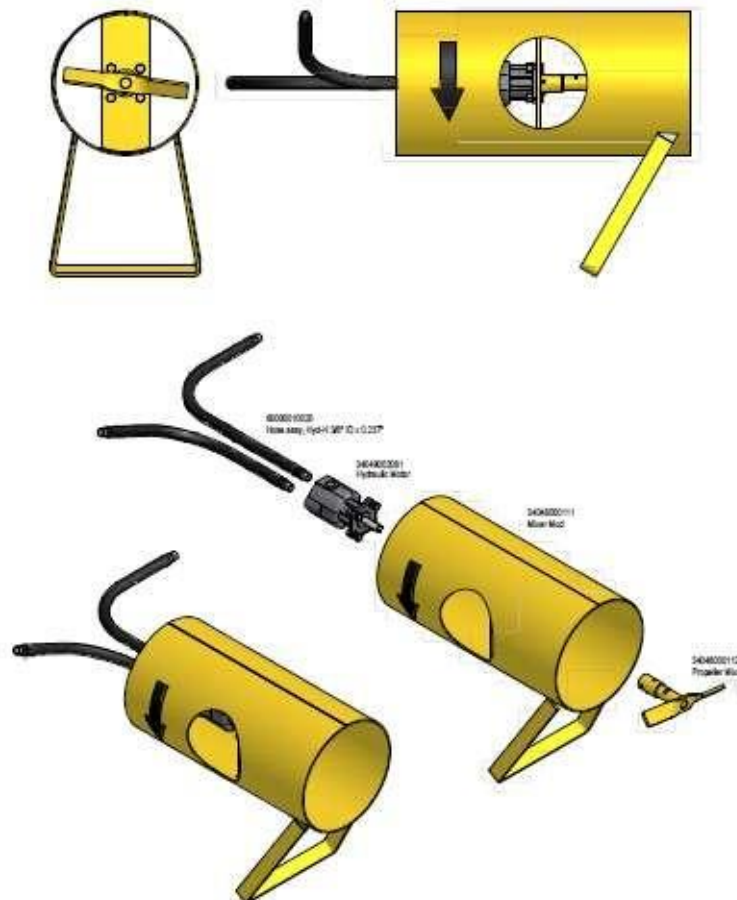
Fuente: Boyles Bros

Figura 13: Bentonita



Fuente: Atlantic Drilling Supply

Figura 14: Hydraulic Mud Mixer



Fuente: Catálogo Boyles Brass

G. Sistema de contención de paredes

En macizos intensamente fracturados y/o meteorizados se hace necesario el empleo de fundas metálicas o revestimientos, que se introducen en el taladro para controlar derrumbes en las paredes. [22]

Figura 15: EZ-MUD

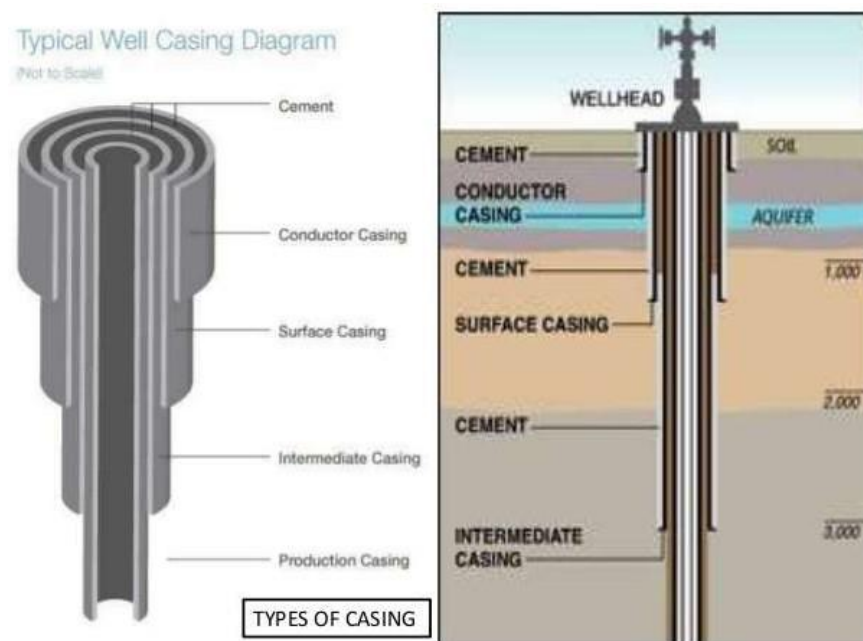


Figura 16: Bentonita 3/8



Fuente: Atlantic Drilling Supply

Figura 17: Disposición de Casing



Fuente: <https://www.slideshare.net/DeepakChandak1/ongc-drilling-services-introduction>

Los diámetros de éstas están íntimamente relacionados con los de las brocas.

H. Broca o corona diamantada y muestreadores

Las coronas diamantadas y los muestreados son de primera importancia en la perforación diamantina.

Figura 18: Brocas Diamantadas



Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

a. Broca o corona diamantada

Las coronas diamantadas son brocas de sección anular, de manera que conforme avanza la perforación se talla una muestra de forma cilíndrica que se aloja en un muestreador (o porta testigo), inmediatamente detrás de la corona. Los diamantes que se emplean en la fabricación de las coronas varían en calidad y tamaño, y la matriz que la sustenta es fabricada con durezas diferentes. La elección de un tipo de broca determinado estará en función de la dureza, abrasividad, grado de fracturamiento y tipo de roca a ser perforado. [25]

Figura 19: Selección de Coronas

Roca		Marga	Caliza	Dolomita	Pizarra	Esquisto	Arenisca Calcárea	Arenisca Cuarcítica	Mármol	Gneis	Cuarcita	Granito	
		Recomendaciones para diamantes y matrices	Calidad de Diamante	Extra						æ		æ	æ
Primera					æ	æ	æ	æ		æ			
Segunda	æ			æ									
Tamaño de los diamantes (pedras/quilate)	10-15		æ	æ						æ			
	15-20			æ		æ		æ					
	20-30				æ		æ	æ	æ	æ	æ		
	30-40								æ		æ	æ	æ
	40-60										æ	æ	æ
Matriz	Normal		æ	æ	æ	æ				æ			
	Dura						æ	æ					
	Extradura								æ		æ	æ	æ

Fuente: Campos Sigüenza & Vasquez Huamani

Las coronas son fabricadas con diámetros diferentes, que permiten la perforación de taladros escalonados, con la finalidad de reducir la vibración de la tubería de perforación, y en rocas fracturadas, evitar el estrangulamiento de la línea de perforación por el agotamiento del revestimiento, a causa del rozamiento con las paredes del taladro. [25]

b. Tipos De Brocas

Figura 20: Broca y Zapata de Descarga Lateral



BROCA DE DESCARGA LATERAL = DL
ZAPATA DE DESCARGA LATERAL = ZDL

Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

Figura 21: Broca y Zapata de Descarga Frontal



BROCA DE DESCARGA FRONTAL = DF
ZAPATA DE DESCARGA FRONTAL = ZDF

Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

Figura 22: Broca Deep y Zapata de Descarga Frontal



BROCA DEEP WATER WAY = DWW
ZAPATA DE DESCARGA FRONTAL = ZDF

Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

Figura 23: Otros Tipos de Brocas



BROCA DOUBLE BIT

Broca de 20mm de altura de impregnación que comercializa Boyles Bros Diamantina, recomendada para terrenos duros y compactos



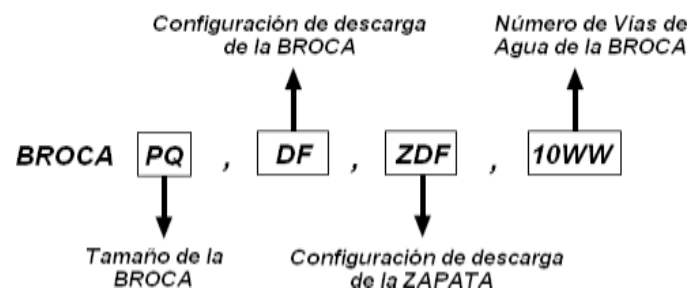
BROCA TURBO WIDE

Broca con menor área de corona que requiere menor carga para cortar, recomendada para terrenos duros y compactos

Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

Figura 24: Descripción de Códigos de una Broca

ESTRUCTURA DE LA DESCRIPCIÓN DE UNA BROCA IMPREGNADA BBD



Fuente: Lista De Diamantinos Boyles Bros Diamantina

c. Muestreadores

También conocido como EL CORE BARREL, es el conjunto de accesorios empleados para obtener una muestra de roca durante el proceso de perforación diamantina.

Los muestreadores son barriletes de acero que se ubican entre la corona diamantina y la tubería de perforación. Sus longitudes generalmente varían de 0.60 m a 3.00 m y los diámetros se corresponden con los de las coronas a ser empleadas.

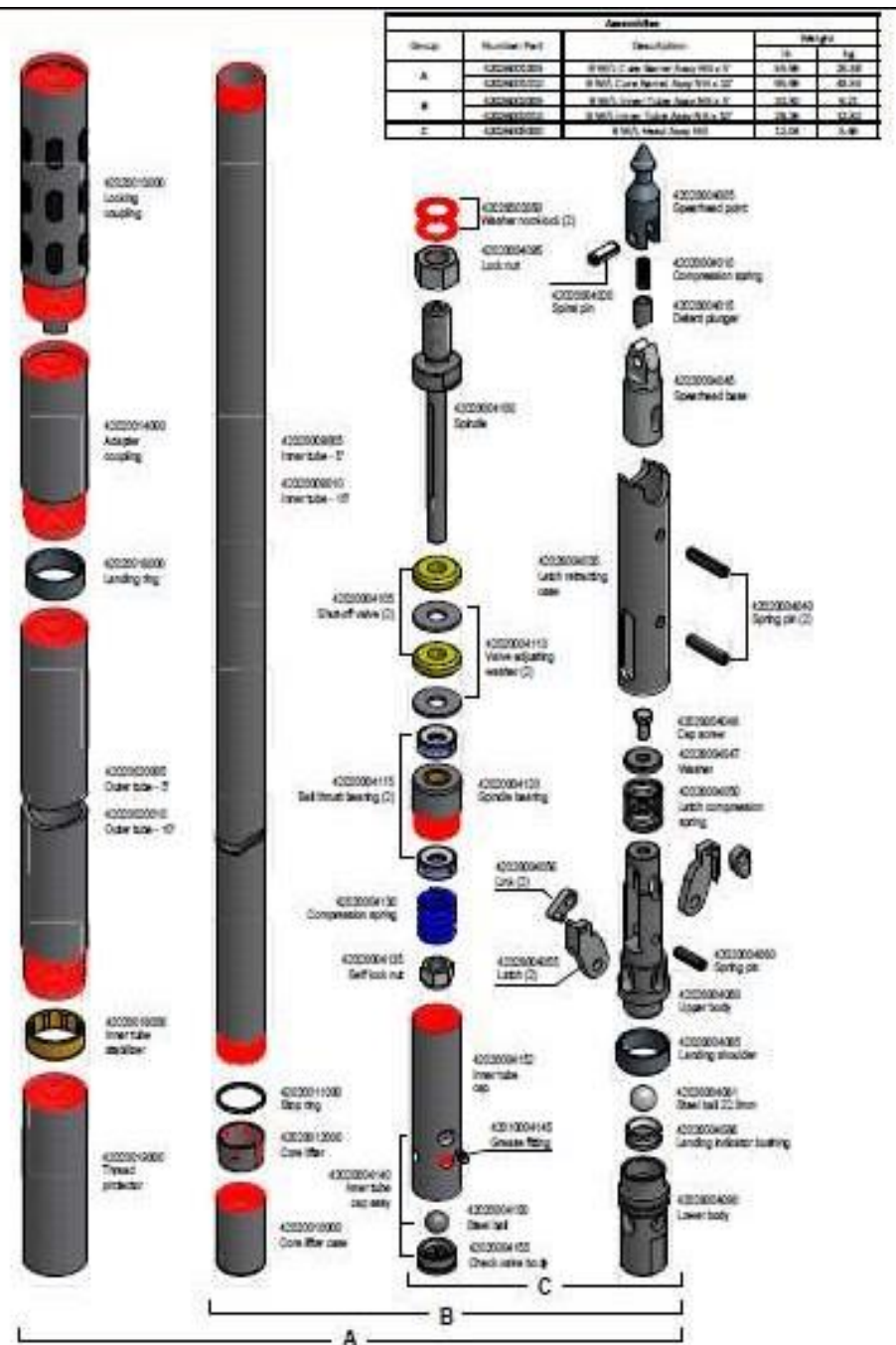
La particularidad de este accesorio, aloja a las muestras para su recuperación, son: Consiste en un tubo interior y otro exterior, concéntricos, con un espacio entre ellos que permite el paso del agua de circulación, de manera que la muestra sea preservada de humedecimiento continuo y erosión; cuenta con un sistema de rodamientos que permite la rotación del tubo exterior, mientras que el interior permanece estático, evitando la rotura de la muestra por torsión. [23]

Figura 25: Testigos de Perforación



Fuente Elaboración Propia

Figura 26: Accesorios de Tubo Interior



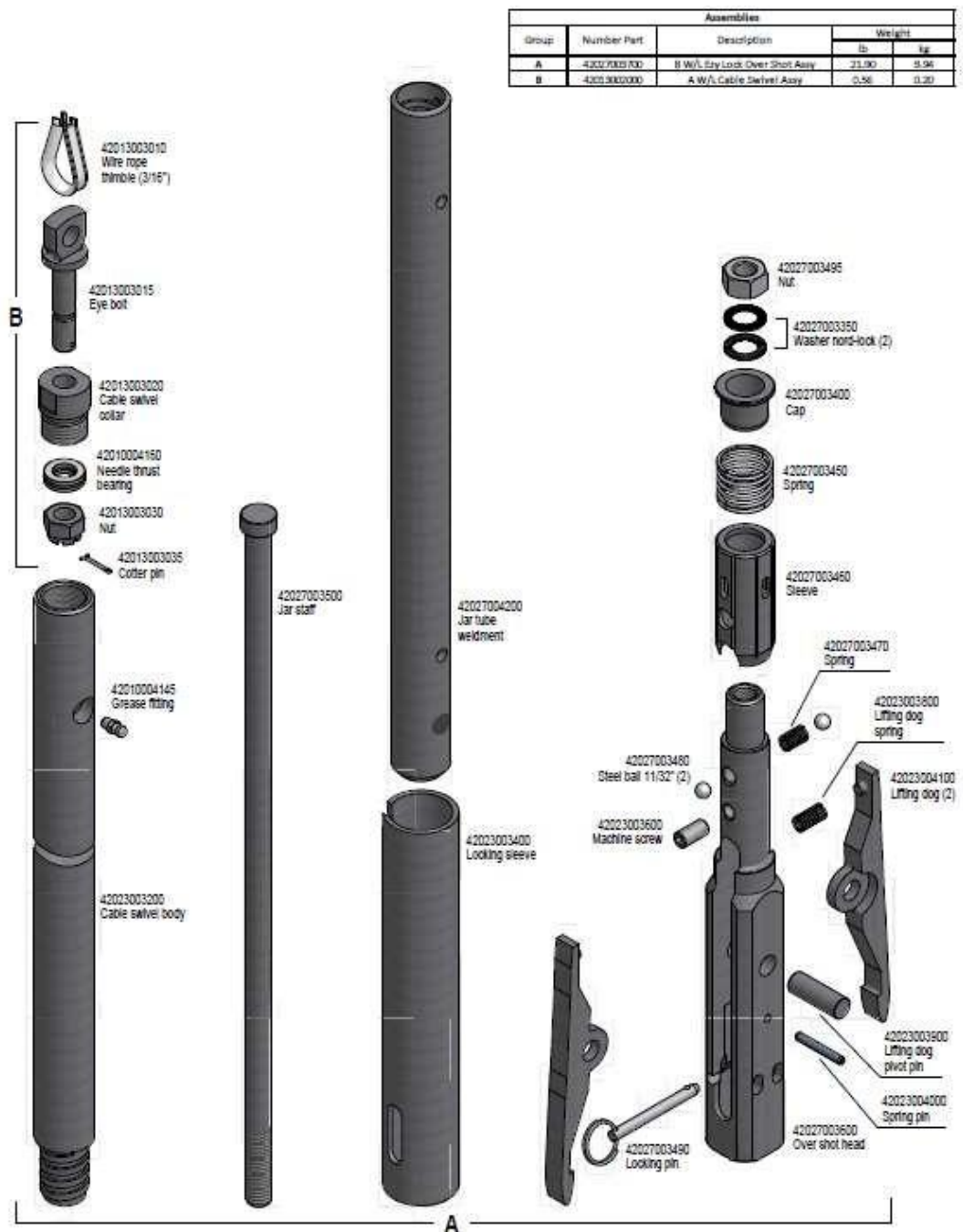
Fuente: Catalogo Boyles Bros

Los muestreadores del sistema estándar pueden ser de diferente serie, y la elección de una de éstas estará en concordancia con el tipo de broca a ser empleado, conforme a las características de la roca a ser perforada.

Para permitir la extracción del tubo interior con la muestra desde el fondo del taladro hasta la superficie y viceversa, se realiza

mediante un pescador unido a un cable de acero, sin necesidad de extraer la tubería de perforación, con la consiguiente economía de tiempo y esfuerzo. [23]

Figura 27: Ware Line Over Shot Ezy Lock



Group	Number Part	Description	Assemblies	
			Weight	
			Lb	Kg
A	42027003700	B W/L Ezy Lock Over Shot Assy	21.90	9.94
B	42023003000	A W/L Cable Swivel Assy	0.56	0.25

Fuente: Catálogo Boyles Bros

3.2.12. Jerarquización de equipos mediante el análisis de criticidad

Para realizar el análisis de criticidad se deben establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para la selección de los que son objeto del análisis.

Para el estudio se seleccionó una metodología, en la cual son evaluadas los resultados de las causas como: confianza y centro del entorno, sostenimiento, elaboración y clase, estos métodos se vinculan con una ecuación exacta que genera valores componente evaluado.

Seguidamente explicamos los procedimientos para determinar la criticidad de cada uno de los grupos que forman parte del aprendizaje, conjuntamente siguiendo las mismas tácticas utilizadas por la compañía.

El inicial paso para la estimación de criticidad es determinar los antecedentes de averías de los grupos colaborador en el estudio.

Seguidamente el segundo paso es conocer la lista de estimación (dependiendo del procedimiento del origen, hay listas más minuciosas que otras) con las normas a determinar. En la Tabla 1 se muestran estas normas con su correspondiente criterio.

El tercer paso consta en determinar el registro de criticidad de cada uno de los grupos del área de acabado por medio de una ecuación matemática.

Finalmente, el último paso, es la ejecución de la matriz de criticidad, donde se determina cada uno de los conjuntos del área de acabado de acuerdo con las reglas establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros para evaluar los valores de criticidad

Fuente: www.confiabledadoperacional.com	Frecuencia de fallas:	Coste de Mantenimiento:
	Parámetro mayor a 4 fallas/año.....4 Promedio de 2-4 fallas/año.....3 Promedio entre 1-2 fallas/año.....2 Menores a 1 falla/año.....1	Mayor o igual de 20.000\$.....2 Inferior a 20.000\$.....1
	Impacto operacional:	Impacto en Seguridad Ambiente Higiene
Parada inmediata de toda la planta.....10 Parada del sector y tiene repercusión en otros sectores de la planta.....6 Impacta en niveles de producción y calidad.....4 Repercute en costos operacionales adicionales asociados a disponibilidad.....2 No genera efecto significativo sobre Operaciones y producción.....1	Afecta la seguridad humana.....8 Daña o afecta el ambiente.....6 Afecta las instalaciones causando Daños severos.....4 Provoca daños menores (Accidentes e incidentes) personal propio.....2 Provoca un impacto ambiental Que no viola las normas ambientales.....1 No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente.....0	
Flexibilidad operacional		
No existe opción de producción y no Existe función de repuesto4 Hay opción de repuesto compartido.....2 Función de repuesto disponible.....1		

Por eso decimos que para calcular la criticidad se aplicó la siguiente ecuación:

- Riesgo = Frecuencia x Consecuencia
- Frecuencia = # de fallas en un tiempo determinado
- Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costes Mntto. + Impacto SAH)

Tabla 2: Patrones Estándar para establecer el Índice de Criticidad

Fuente: www.confiabledadoperacional.com	$C \geq 120$	$40 \leq C < 120$	$C < 40$
	si	si	si
	CRÍTICO	SEMI-CRÍTICO	NO CRÍTICO

3.2.13. Métodos de Evaluación Económica

Existen muchos métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración el valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del proyecto

a. Valor Actual Neto (VAN)

El valor Actual Neto (VAN) llamado también Valor Presente Neto, es una técnica que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{Ci}}{(1+D)^i}$$

Donde:

K_0 : Inversión o capital inicial.

F_{Ci} : Flujo de caja en el año i .

D : Tasa de Descuento.

n : número de periodos.

Si el resultado de la evaluación:

$VAN > 0$; el proyecto es aceptado

$VAN < 0$; el proyecto es rechazado

b. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de descuento para la cual el Valor Actual Neto resulte ser igual a cero, es decir, es aquella tasa de retorno donde los costos igualan a los beneficios y por lo tanto representa el tipo de interés o rendimiento que los beneficios que se van obteniendo de haber realizado la inversión del proyecto, solamente cubren dicha inversión y por lo tanto no se obtiene ninguna utilidad.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i}$$

Como se puede observar, esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR. En nuestro caso se utilizará el paquete informático Excel.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

TIR > i, realizar el proyecto

TIR < i, no realizar el proyecto

TIR = i, el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

c. Relación Beneficio / Costo (B/C)

La relación Beneficio / Costo (B/C), es el cociente del valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos (ambos a una misma tasa de descuento) generados por el proyecto o a lo largo de su horizonte. Se ecuación es la siguiente:

$$B/C = \frac{VPNB}{VPNC}$$

Donde:

VPNB: Valor Presente Netos de los Beneficios.

VPNC: Valor Presente Netos de los Costos.

Si el resultado de la evaluación:

B/C > 1; el proyecto es rentable

B/C < 1; el proyecto no es rentable

IV. MARCO METODOLÓGICO

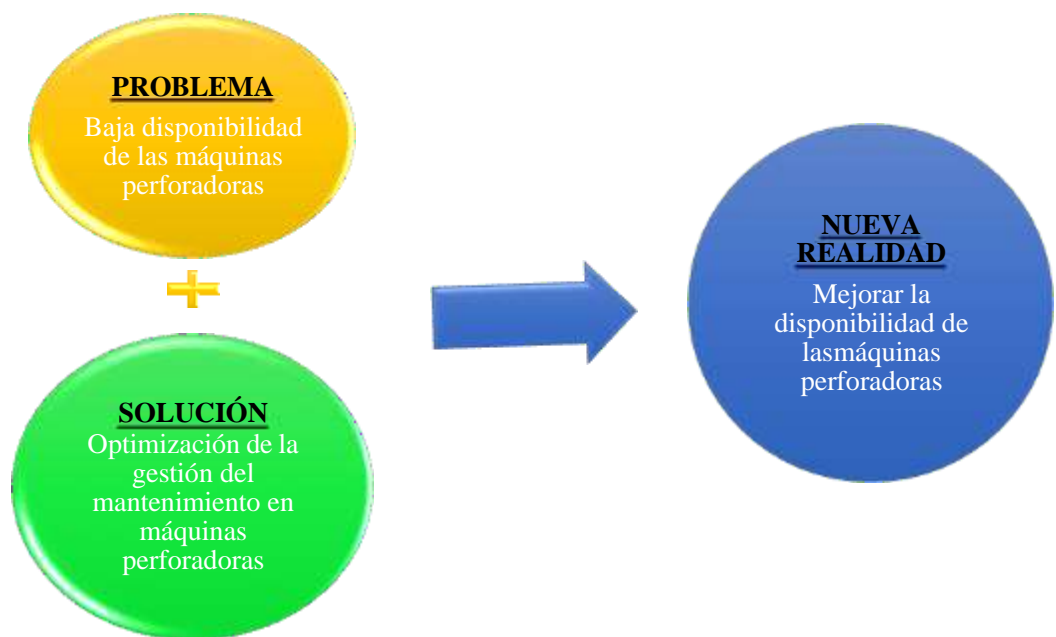
4.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación a realizar es del Tipo No-Experimental, Prospectivo y Transversal

- Es No Experimental, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos. Lo que se busca es mejorar la disponibilidad de las máquinas a través de un Plan de Mantenimiento.
- Así mismo es Prospectivo, porque intenta predecir un posible escenario futuro, que es mejorar la disponibilidad de las máquinas perforadoras.
- Transversal, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo que es antes de implementar el Plan de Mantenimiento.

El diseño de la investigación lo apreciamos en el siguiente gráfico.

Gráfico 1: Diseño de la Investigación



Fuente: Elaboración Propia

4.2 Población y Muestra

La población es el conjunto de las 06 máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantahuatay. La muestra, es igual a la Población es decir las 06 máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantahuatay.

4.3 Formulación de la hipótesis

Mediante la optimización de la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantahuatay, se mejorará la disponibilidad de dichas máquinas

4.4 Variables – Operacionalización

Variable Única:

Optimización de la Gestión del Mantenimiento

Operacionalización de las Variables

Tabla 3: Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUBINDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Única: OPTIMIZACION DE LA GESTION DEL MANTENIMIEN TO	Operatividad de las máquinas	Disponibilidad	(H Programada-H Parada) / H Programada)	%	Análisis documental	Registros de la empresa	Ficha de recolección de datos
		Tiempo de Parada	Tiempo de Parada	Horas	Análisis documental	Registros de la empresa	Ficha de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Métodos y Técnicas de Investigación

El Método a emplear es el método Descriptivo Analítico Cuantitativo

La metodología cuantitativa es el procedimiento de decisión que pretende señalar, entre ciertas alternativas, usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística. Por eso la investigación cuantitativa se produce por la causa y efecto de las cosas. Por ejemplo, si tienes una unidad monetaria y compras un chicle ya no tendrás esa unidad monetaria.

Para que exista metodología cuantitativa se requiere que entre los elementos del problema de investigación exista una relación cuya naturaleza sea representable por algún modelo numérico ya sea lineal, exponencial o similar. Es decir, que haya claridad entre los elementos de investigación que conforman el problema, que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente dónde se inicia el problema, en qué dirección va y qué tipo existe entre elementos:

Su naturaleza es descriptiva.

Permite al investigador "predecir" el comportamiento del consumidor.

Los métodos de investigación incluyen experimentos y encuestas.

Los resultados son descriptivos y pueden ser generalizados.

Las Técnicas a utilizar en la presente investigación son:

- a. Registros de la empresa.
- b. Catálogos del Fabricante

4.6 Descripción de los instrumentos utilizados

Los Instrumentos a utilizar son:

- a. Ficha de Revisión de los Registros de la empresa: Esta ficha tiene el propósito de recopilar información de los Registros de las Máquinas Perforadoras de la empresa.
- b. Ficha de Revisión de los Catálogos del Fabricante: Esta ficha permitirá recopilar información de las condiciones que el fabricante propone para cada una de las Máquinas Perforadoras.

4.7 Análisis estadístico e interpretación de datos

Para el análisis de los diferentes datos obtenidos se utilizó la estadística descriptiva, la cual sirve para analizar el comportamiento de una variable en el Sistema; donde se aplicará: La media, el promedio, valores máximos y mínimos, etc. Por ejemplo, esto se realizó con la finalidad de determinar la máxima demanda, el factor de potencia mínimo registrado en el periodo analizado y otros valores más.

Por ejemplo la utilización del software Microsoft office Excel, el cual se utilizó para el análisis de los diferentes datos que se evaluarán, para el presente estudio que se pretende realizar.

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual del mantenimiento de las máquinas perforadoras en la empresa CONSORCIO JM SAC - Sede Tantahutay

5.1.1. La Empresa

La empresa Consorcio JM SAC. Se ha especializado en la ejecución de proyectos de exploración minera aplicando métodos de perforación diamantina y perforación con circulación reversa. Así misma desarrolla trabajos de estudio geotécnicos.

A. Actividad Principal

Su actividad principal es concursar en licitaciones y ejecutar todo tipo de proyectos de exploración en el ámbito minero. Principalmente con empresas privadas, entidades estatales y municipalidades.

B. Visión

Ser la empresa más eficiente y competitiva en perforación diamantina en Perú, realizando cada vez un mejor servicio, aplicando estándares internacionales de gestión empresarial seguridad y cuidado del medio ambiente.

C. Misión

Desarrollar servicios de perforación diamantina, perforación con circulación reversa y trabajos afines de manera eficiente y logrando la satisfacción de nuestros clientes en un entorno laboral adecuado e incrementando el valor de la empresa bajo una política de responsabilidad con la sociedad y el medio ambiente.

D. Organigrama

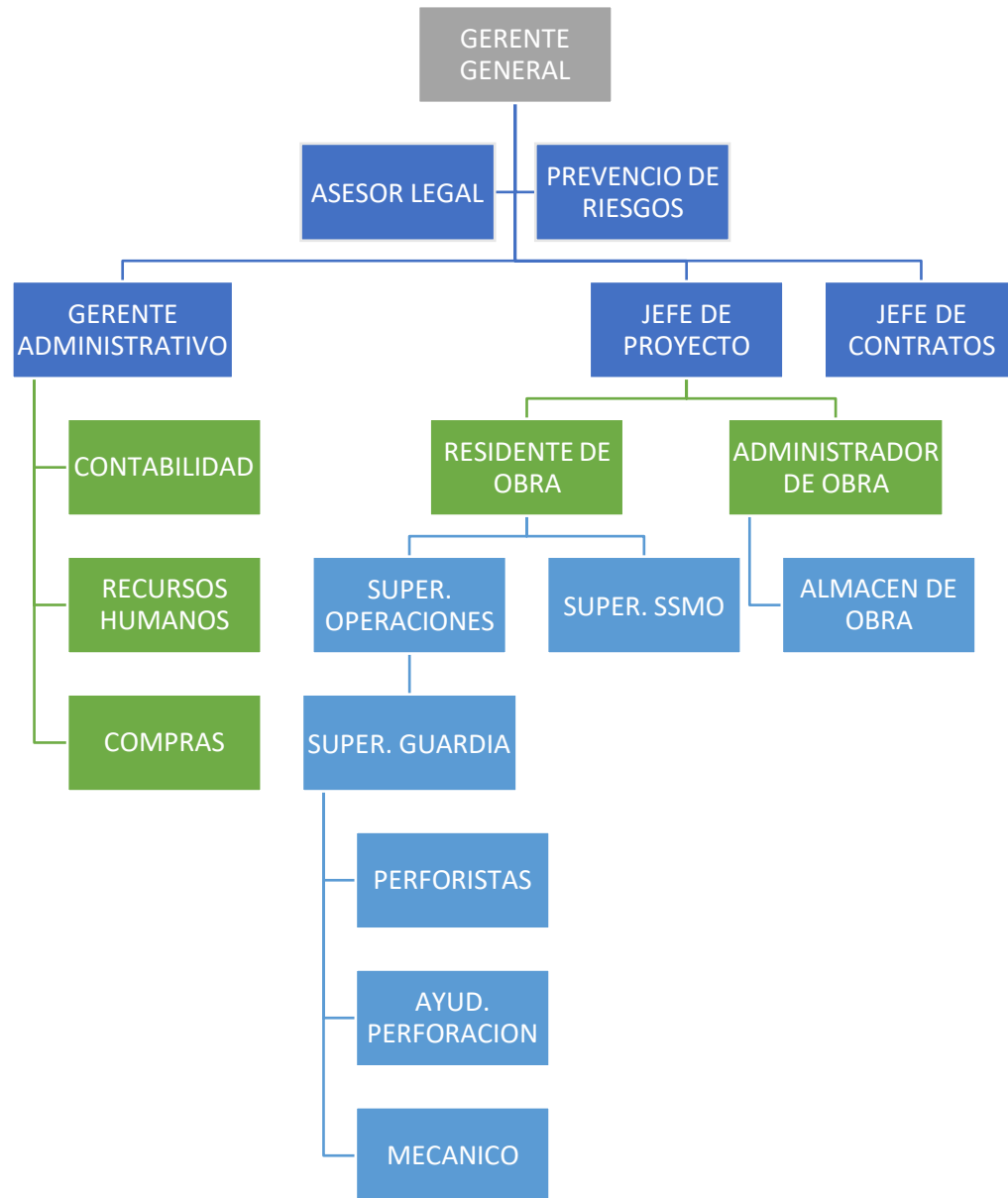
A continuación, se presenta el organigrama actual de la empresa.

El área para analizar es MECÁNICO, pues actualmente es el encargado de llevar el control del mantenimiento de todos los equipos de perforación en dicha empresa.

Esta información ha sido obtenida directamente de la empresa y se identificaron los procedimientos actuales con los que se están llevando a cabo los mantenimientos.

No se cuenta con un organigrama formal propuesto por la empresa, sin embargo se presenta el organigrama de trabajo actual con el que se llevan las riendas de la empresa.

Figura 28: Organigrama Institucional Consorcio JM SAC



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la imagen, se tiene un organigrama de forma vertical donde el área a analizar se encuentra representada por el

MECANICO, pues regularmente este es el encargado de llevar las riendas del mantenimiento de las perforadoras.

Cabe mencionar que el JEFE DE PROYECTO es el máximo representante en cada obra, es decir esta área representa cada una de las obras que ejecuta la empresa en simultáneo. Donde el mecánico es uno solo para cada proyecto.

Se puede evidenciar entonces que por la cantidad de equipos que tiene la empresa requiere un control y una gestión con mayor énfasis en la productividad y eficiencia, para no solo así obtener mayor desempeño económico sino también para evitar incurrir en costos como mantenimientos correctivos innecesarios, retrasos de obra, alquiler de equipos innecesarios y mano de obra.

E. Principales Productos y/o Servicios

En lo que se refiere a producto o servicio que presta la empresa CONSORCIO JM SAC. Se muestra líneas abajo.

- ✓ Perforación Diamantina con línea de perforación que van desde PW hasta BQ
- ✓ Perforación con Circulación Reversa
- ✓ Perforación y Ensayos Geotécnicos.

F. Principales clientes

La empresa CONSORCIO JM SAC trabaja directamente con empresas privadas dedicadas al rubro minero tanto en temas de exploración y explotación de sustancias minerales.

Figura 19: Principales Clientes de CONSORCIO CJM SAC



Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Área de Mantenimiento

La empresa por el momento no cuenta con un área de mantenimiento de jerárquicamente establecida, ni un buen registro sobre los mantenimientos realizados en los diversos equipos, cabe resaltar que cada operador controla y conoce mejor sobre el mantenimiento de su equipo.

La propuesta de gestión de mantenimiento básicamente mejorara el proceso productivo de cierto tipo de proyectos, donde la ejecución depende mayormente de los Equipos.

El proceso productivo de los proyectos en mención, inician con el trazado del punto de perforación, luego de esto se inicia la perforación propiamente dicha con una barra de perforación y una broca diamantada hasta la profundidad establecida por el cliente. El avance de obra depende directamente del metraje que se obtenga de dicha perforación.

Es por ello la importancia de gestionar el área de mantenimiento de todos los equipos, para que estén operativos en todo momento y no incurrir en retrasos de obra.

A. Organigrama

La empresa tiene un área de mantenimiento implícita, la cual parte directamente por el Gerente General de la Empresa, coordinando con el jefe de Proyecto, para la asistencia del MECANICO según corresponda.

Figure 30: Organigrama del Área de Mantenimiento



Fuente Elaboración Propia

El jefe de Proyecto es el encargado de proveer y/o coordinar los insumos para el mantenimiento preventivo y en el caso de correctivos se suele subcontratar electricistas, mecánicos especialistas de SANDVIK, etc.

B. Procedimientos

La empresa no cuenta con un procedimiento específico establecido para llevar a cabo el mantenimiento de las perforadoras, pues no existe manual de procedimientos, diagramas de operaciones, diagramas analíticos de procesos, etc.

A pesar de no contar con lo anteriormente mencionado, la empresa actualmente trabaja de la siguiente manera:

- a. El equipo requiere avería/servicio, entonces el perforista reporta al Supervisor y este al jefe de Proyecto.
- b. El jefe de Proyecto se contacta con el MECANICO de la empresa para identificar la falla.
- c. El jefe de Proyecto provee de insumos y/o contacta a subcontratistas para solucionar la falla.
- d. El Equipo o Perforadora queda Operativa.

5.1.3. Máquinas Perforadoras

La empresa trabaja con diferentes marcas en sus equipos de perforación, pero en este proyecto en especial todos sus equipos son de la misma marca SANDVIK, cambiando solo el modelo y características dentro de ellos:

Tabla 4: Disponibilidad de Equipos de Perforación

MARCA	EQUIPOS	AÑO DE FABRICACIÓN
SANDVICK	UDR 650 JM 01	2010
SANDVICK	UDR 650 JM 02	2010
SANDVICK	DE 710 JM 04	2012
SANDVICK	DE 710 JM 07	2014
SANDVICK	DE 710 JM 11	2015
SANDVICK	DE 740 JM 05	2012

Fuente Elaboración Propia

A. Máquina Perforadora SANDVICK UDR 650

El equipo de perforación UDR 650 Mk2 normalmente se monta en camión con opciones para operaciones independientes seguimiento de la unidad. Está específicamente diseñado para núcleo de diamante y alta presión en el agujero martillo y taladro rotativo sin núcleo hasta las especificaciones nominales.

El mástil de perforación de 9,2 metros de largo tiene una capacidad de ángulo de perforación entre la posición vertical y 45°. Se baja a la posición horizontal para el transporte. El diseño permite tirar y funcionamiento de varillas y tripas en longitudes de 6 metros. El mástil se descarga hidráulicamente y es equipado con una pluma hidráulica de manipulación de varillas.

Los seis (6) circuitos hidráulicos de la plataforma funcionan con el motor diésel Caterpillar 3056 DITA.

Este motor produce alrededor de 116kW (155HP) a 2200 rpm.

Figura 21: Equipo De Perforación Típico De 650 Mk2 Montado En Un Camión Con Compresor Montado A La Bandeja



Fuente: UDR 650-105 MK2 DRILL RIG OPERATORS MANUAL 2002

Especificaciones Detalladas

Modelo

Taladro UDR 650.

Tipo

Taladro hidrostático de accionamiento de cabeza superior diseñado específicamente para perforación con núcleo de diamante y para alta presión por el orificio del martillo y perforación rotatoria sin núcleo hasta el valor nominal especificaciones.

Perforador

80 kN (18000 lbf) 9.2 metros (30 pies 2 pulgadas) de largo. Diseñado para perforar ángulos entre vertical y 45°. El diseño permite tirar y correr de varillas y carcasa en 6 longitudes de metro. El mástil tiene las siguientes características:

- Está equipado con un cilindro de descarga de mástil de 720 mm de carrera, que descarga el mástil nivel del suelo a un ángulo de perforación del mástil de 60 grados.
- Está equipado con un brazo de tubería operado hidráulicamente para el manejo de la barra.
- Está equipado con un conjunto de doble polea en la parte superior del mástil para la línea de alambre cuerda del cabrestante. Este marco de polea permitirá un tubo interno de 6 metros y un sobrepaso a ser usado.
- Está equipado con puntos de pivote cerca de la base del mástil, que permiten barras de estabilización del mástil para conectarse al mástil y la bandeja para estabilizar el mástil cuando se perfora en ángulo.

Motor Diésel

Caterpillar 3056 DITA produciendo 116kW (155 CV) a 2200 rpm.

Tipo De Cabezal De Rotación

- Impulsión de la cabeza superior directamente acoplada,
- Cambio de marcha manual alto-bajo,
- Engranajes helicoidales de alta precisión, caja endurecida y rectificada,
- Control de velocidad sin escalones 5-380 rpm en marcha baja y 380-1700 rpm en marcha alta.
- Par de salida al 100% de eficiencia:
5095 Nm (3,755 pies lbf) 5-100 rpm
475 Nm (350 pies lbf) 1000 rpm
278 Nm (205 pies lbf) 1700 rpm

- Control de velocidad de torsión totalmente automático para perforación diamantina que ejecuta la broca siempre a rpm máximas posibles usando la potencia máxima disponible.
- 48 mm (1 7/8 in) I.D. husillo hueco, flotante 50 mm (2 in) opcional 68mm id Husillo disponible.
- Engranajes y cojinetes lubricados por chorro. Enfriador de aceite lubricante tipo aire a aceite instalado.
- Filtración de aceite lubricante de flujo completo hasta 25 micras.
- Al utilizar los cabrestantes principales o de cable, el cabezal de rotación se desliza hacia la derecha.

Lado del mástil en un sistema de estante de cabeza.

- Como parte integral del cabezal de rotación, pero con servicio por separado es un giratorio.

Adecuado para aire a alta presión, lodo rotativo o fluidos de perforación de diamante y velocidades.

Sistema de travesía de cabeza

El cabezal de rotación recorre una distancia de 6.6 metros, lo que permite un uso seguro de 6 metros tubo de perforación y carcasa.

Las fuerzas hidráulicas de extracción (cables) y extracción (cadenas) se aplican al cabezal de rotación por medio de un solo cilindro hidráulico en una relación 2: 1 y produciendo

Capacidades finamente controladas de:

Tire hacia abajo de 0 a 45 kN (10,000 lbf)

Saque de 0 a 75 kN (16,800 lbf)

Las velocidades de desplazamiento son totalmente controlables con micro alimentación, desplazamiento de la cabeza y desplazamiento impulsar funciones. Las velocidades máximas de desplazamiento son:

- 41.9 m / min arriba con la cabeza de rotación activada (solo la cabeza transversal activada)
- 29 m / min hacia abajo con el cabezal de rotación activado (solo el recorrido del cabezal activado)

Sistema de recorrido del cabezal

El cabezal de rotación recorre una distancia de 6.6 metros, lo que permite un uso seguro de 6 metros tubo de perforación y carcasa.

Las fuerzas hidráulicas de extracción (cables) y extracción (cadenas) se aplican al cabezal de rotación por medio de un solo cilindro hidráulico en una relación 2: 1 y produciendo Capacidades finamente controladas de:

Tire hacia abajo de 0 a 45 kN (10,000 lbf)

Saque de 0 a 75 kN (16,800 lbf)

Las velocidades de desplazamiento son totalmente controlables con micro alimentación, desplazamiento de la cabeza y desplazamiento impulsor funciones. Las velocidades máximas de desplazamiento son

- 41.9 m / min arriba con la cabeza de rotación activada (solo la cabeza transversal activada)
- 29 m / min hacia abajo con el cabezal de rotación activado (solo el recorrido del cabezal activado)

Cabrestante principal

El cabrestante principal está montado en la parte superior del mástil de perforación, que tiene varias ventajas. Estos son:

- (a) Cuando se aplica carga al mástil, solo se aplica la carga total de tracción real en lugar de en el caso de cabrestantes montados en la plataforma cuando el doble de la carga ser aplicado a la estructura del mástil.
- (b) La eliminación de las poleas viajeras de una cuerda más larga y una rueda de corona.
- (c) Se elimina la mayor vida útil de la cuerda del polipasto como dispositivo de carrete.
- (d) Seguridad para el operador, ya que no se requiere polea, cadena o eslabón móvil.

El polipasto principal tiene velocidades infinitamente variables de 0 a 90 metros (295 pies) por minuto en cualquier dirección. El tirón máximo del cabrestante es de 64.9 kN (14,600 lbf). Esto es todo logrado mediante un tirón de una sola línea, utilizando una cuerda de elevación de alta resistencia y sin giro. Completamente control automático de la velocidad de tracción tirando de la cuerda de la barra siempre a la velocidad máxima usando Máxima potencia disponible.

Se incorpora un freno en el conjunto de accionamiento del polipasto principal, que está acoplado por resorte presión hidráulica desacoplada.

La capacidad de tracción de la barra del cabrestante principal es de 6 metros (20 pies).

El eslabón giratorio de elevación estándar (suministrado con el equipo) tiene una conexión de caja de varilla NW y tiene una capacidad de 25,000 lbs.

Cabrestante de cable

El cabrestante de cable contiene 1,000 m de cable de 5 mm. Las velocidades son infinitamente variables. De 0 a 300 metros por minuto. La tracción máxima de la línea en un tambor desnudo es de 7.8 kN.

El cabrestante de cable está montado en la bandeja directamente detrás del motor diésel.

Bomba de agua

La bomba de agua es un sistema hidráulico F.M.C. Bomba BCD W1122. Esta bomba produce 140 litros por minuto a presiones de hasta 7,000 kPa (1000PSI).

El caudal de la bomba de agua es infinitamente variable desde el armario de control.

También se proporcionan una válvula de alivio, una manguera de purga y una salida de lavado auxiliar.

Se utiliza principalmente para la perforación del núcleo de diamante y como bomba de inyección de niebla y para máquinas rotativas y

Perforación RC donde se utiliza aire comprimido.

Bombas de agua opcionales están disponibles.

Rodaje de varilla

La máquina está equipada con una llave de tubo hidráulica de 48 ", que es

Se utiliza como herramienta para romper y hacer varillas.

- Par de compensación de 4750 Nm (3500 pies lb)
- Par de ruptura de 5400 Nm (4000 pies lb)

Tabla de abrazaderas y deslizantes

Abrazadera de varilla accionada hidráulicamente y autoactivada. Las abrazaderas de mandíbula suministradas son para tamaños B +, N + H +, así como insertos de deslizamiento para 89 mm (3,5 ") de diámetro exterior. Tubo de perforación rotativo. UN

Se encuentra disponible una gama de tamaños opcionales.

La abrazadera de la barra tiene una apertura máxima de 224 mm (8 3/4 ").

La abertura inferior del mástil tiene una abertura máxima de 320 mm (12 5/8”).

Aceite de línea

Se instala una línea de engrasador con una capacidad de 20 litros de aceite lubricante. El engrasador es operado hidráulicamente y se utiliza para lubricar el martillo de fondo en la perforación de aire operaciones

Bandeja de varilla

Bandeja de varilla para tubos de perforación de 6 m (20 pies) de largo situada en el lado derecho del taladro bandeja. La capacidad normal es de 20 x 6 m (20 pies) de longitud de tubería de 89 mm (3 1/2 in).

Pluma de tubo

Operado hidráulicamente, adecuado para cargar y descargar tubos de perforación desde la bandeja de la barra de perforación o vehículo de apoyo.

B. Máquina Perforadora SANDVICK DE 710 – DE 740

La perforadora DE740 de Sandvik es una compacta perforadora tipo diamantina. Debido al compacto tamaño la DE740 se puede configurar para adaptar a las siguientes aplicaciones de transporte; montada en camiones 6x4 (poderosa por el sistema hidráulica del equipo), Rampa de descarga o alza de gata y montada en un tráiler.

La torre de la perforadora tiene 11 metros de longitud y tiene una capacidad de ángulo de perforación entre posición vertical y 45°. La torre descendida cerca de la posición horizontal y telescopio más corto de 1.8 metros para transportación. El diseño permitido para la tracción y funcionamiento de barras y cubiertas de 9 metros de longitud.

La torre tiene un sistema hidráulico de descarga, que permite que la altura de la torre pueda estar lo más bajo posible a nivel del suelo, para facilitar la operación del perforador y del offsider.

El equipo tiene cinco (5) circuitos hidráulicos que funcionan con un motor diésel Cummins 6CTA8.3

Figura 32: Máquina Perforadora SANDVICK DE 710 – DE 740



Fuente: Catálogo SANDVICK DE 710 – DE 740

Tipo

- Unidad de conducción superior todas hidráulicas

Torre de Perforación

- 9m (30) Capacidad de fuerza de las barras, 11m (36) long.
- Diseñado para ángulos entre vertical y 45°, 1067mm (3'5'') descarga de la torre hidráulica.
- La torre puede alcanzar a nivel del suelo entre 45° and 90° ángulo de perforación.

Motor Diésel

- Cummins 6CTA 8.3, 194 kW (260hp) de 2200 rpm, índice intermitente.

Cabezal de Rotación

- Unidad de Conducción SANDVIK HWT
- Cabezal de rotación lateral hidráulico, mueve a la izquierda a la torre, permite la operación de los

Winches: principal y wire line

- Caja de Cambio Manual Alto - Bajo
- Control de velocidad paso lento 10 - 1,500 rpm
- Bajo engranaje 10 - 200 rpm, Alto engranaje 200 - 1500 rpm
- 3500 Nm @ below 560 rpm en alto engranaje.
- 1208Nm @ 1000 rpm
- 805 Nm @ 1500 rpm

- Aire para el refrigerante del aceite lubricante fijado

Cabezal Lateral

- Cilindro hidráulico directamente acoplado al transporte de Cabezal de

Rotación

- 3.54 m (11ft 3 inches) traverse
- Máxima velocidad de 30 m/min arriba o abajo
- Fuerza de empuje 67kN (15,000 lbf)
- Fuerza de Tracción 142.3kN (32,000 lbf)

Capacidad Empuje de Barra

- 9m (30)

Grúa Principal

- 125kN (28,080 lbf) tiro máximo, 70m (230 ft) velocidad máxima por minuto
- Parte superior de la Torre montada, tiro de una sola línea
- Control de velocidad de tiro completamente automático, tirando la cadena de la barra siempre a la máxima velocidad posible usando la potencia máxima disponible.
- Mecanismo de freno a prueba de fallos (spring applied, liberación hidráulica)

Bomba de Agua

- Bean W1122BCD - 140 L/min at 7000 kPa (37 gpm US at 1000 psi)

Corte de Barra

- Hydraulic 48'' Rigid Stillsons.
- 7500 Nm (5528ft lbf) entrada de torque a 12000 kPa (1740 psi)
- 7500 Nm (5528ft lbf) salida de torque a 8000 kPa (1160 psi)
- Usando Cabezal de rotación
- Máximo de torque en Bajo engranaje 6000 Nm (4425 lbf)
- Máximo de torque en Alto engranaje 2061 Nm (1520 lbf)
- Rendimiento de torque al 100% de eficiencia

Abrazadera de Barra & Tabla de deslizamiento

- B+, N+ and H+ abrazadera de mandíbulas, operadas hidráulicamente y energizadas por sí mismas
- Rango opcional de mandíbulas disponibles desde 44.5 mm (1-3/4'') to 177.8 mm (7'') 320mm (12-5/8'')

Torre inferior abierta.

- 224mm (8-3/4'') abriendo cuerpo de abrazadera de barras
- NOTE: + refers to "O", "Q" & "T" o sistema similar de wireline.

Wireline Winch

- 1800m (5905ft) of 6.5mm (1/4'') c a b l e
- Velocidad tambor lleno: 430 m/min (1411 ft/min)
- Tiro Tambor vacío l: 21.4kN (4800 lbf)

Hydraulics

- Alta calidad de los pistones radiales y axiales de las bombas y motores usados en cinco circuitos abiertos
- Flujo total de 10 micrón Beta nominal de filtración de aceite
- Mangueras y válvulas de control más grande que el promedio usadas para lograr la mayor eficiencia posible del circuito
- La confiabilidad probada en miles de horas puede ser demostrada

Tipo

- Unidad de conducción superior todas hidráulicas

Torre de Perforación

- 9m (30) Capacidad de fuerza de las barras, 11m (36) long.
- Diseñado para ángulos entre vertical y 45°, 1067mm (3'5'') descarga de la torre hidráulica.
- La torre puede alcanzar a nivel del suelo entre 45° and 90° ángulo de perforación.

Motor Diésel

- Cummins 6CTA 8.3, 194 kW (260hp) de 2200 rpm, índice intermitente.

Cabezal de Rotación

- Unidad de Conducción SANDVIK HWT
- Cabezal de rotación lateral hidráulico, mueve a la izquierda a la torre, permite la operación de los winches: principal y wire line
- Caja de Cambio Manual Alto - Bajo
- Control de velocidad paso lento 10 - 1,500 rpm
- Bajo engranaje 10 - 200 rpm, Alto engranaje 200 - 1500 rpm
- 3500 Nm @ below 560 rpm en alto engranaje.
- 1208Nm @ 1000 rpm
- 805 Nm @ 1500 rpm
- Aire para el refrigerante del aceite lubricante fijado

Cabezal Lateral

- Cilindro hidráulico directamente acoplado al transporte de Cabezal de Rotación.
- 3.54 m (11ft 3 inches) traverse
- Máxima velocidad de 30 m/min arriba o abajo
- Fuerza de empuje 67kN (15,000 lbf)
- Fuerza de Tracción 142.3kN (32,000 lbf)

Capacidad Empuje de Barra

- 9m (30) capacidad de empuje de barra

Grúa Principal

- 125kN (28,080 lbf) tiro máximo, 70m (230 ft) velocidad máxima por minuto
- Parte superior de la Torre montada, tiro de una sola línea
- Control de velocidad de tiro completamente automático, tirando la cadena de la barra siempre a la máxima velocidad posible usando la potencia máxima disponible.
- Mecanismo de freno a prueba de fallos (spring applied, liberación hidráulica)

Bomba de Agua

- Bean W1122BCD - 140 L/min at 7000 kPa (37 gpm US at 1000 psi)

Corte de Barra

- Hydraulic 48'' Rigid Stillsons.
- 7500 Nm (5528ft lbf) entrada de torque a 12000 kPa (1740 psi)
- 7500 Nm (5528ft lbf) salida de torque a 8000 kPa (1160 psi)
- Usando Cabezal de rotación
- Máximo de torque en Bajo engranaje 6000 Nm (4425 lbf)
- Máximo de torque en Alto engranaje 2061 Nm (1520 lbf)
- Rendimiento de torque al 100% de eficiencia

5.1.4. Disponibilidad de las Máquinas Perforadoras

Como resultado del análisis de Disponibilidad de los Equipos de Perforación que hemos agrupado en la Tabla 6 se obtiene un promedio de 83.82%, la cual es una cifra para algunas empresas aceptable, pero en este caso la empresa no se encuentra satisfecha con dicho resultado ya que estos equipos representan una gran cuota en el desarrollo de los proyectos.

La gestión de su disponibilidad podría reducir costos de una manera positiva en todo tipo de ejecución de proyectos.

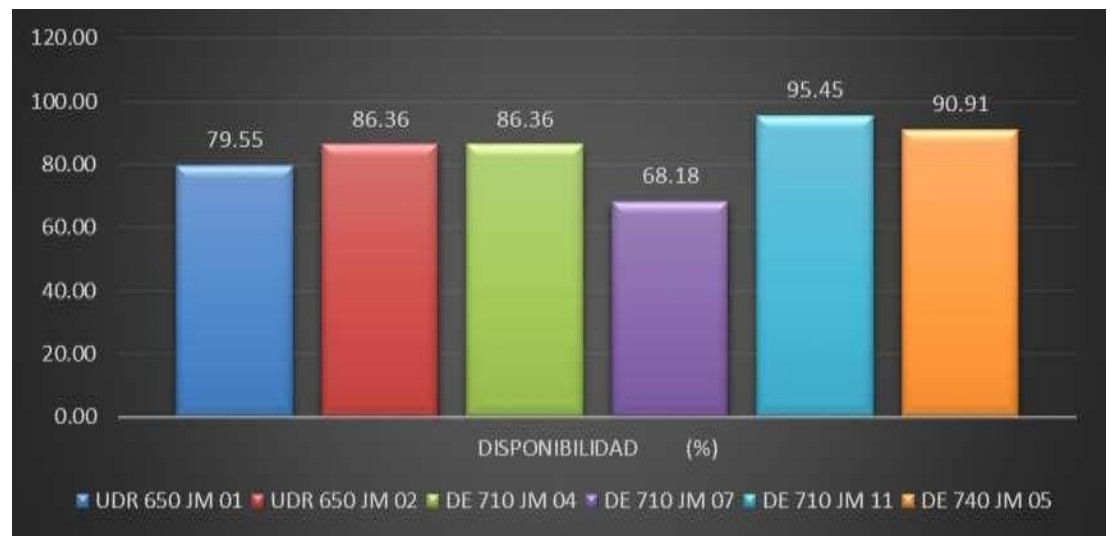
Tabla 5: Disponibilidad de Equipos de Perforación (Oct 2017 hasta Set 2018)

MARCA	EQUIPOS	AÑO	TIEMPO PROGR.	TIEMPO REAL	TIEMPO PARADA	DISPONIBILIDAD (%)
SANDVICK	UDR 650 JM 01	2010	8030	6387.5	1642.5	79.55
SANDVICK	UDR 650 JM 02	2010	8030	6935	1095	86.36
SANDVICK	DE 710 JM 04	2012	6050	5225	825	86.36
SANDVICK	DE 710 JM 07	2014	6710	4575	2135	68.18
SANDVICK	DE 710 JM 11	2015	4015	3832.5	182.5	95.45
SANDVICK	DE 740 JM 05	2012	8030	7300	730	90.91
TOTAL			40865	34255	6610	83.82

Fuente Elaboración Propia

En la Tabla anterior se observa que los equipos con menor antigüedad son los que presentan mayor disponibilidad, esto se debe a que presentan menos fallas al momento de realizar su trabajo por ser relativamente nuevos, y que conforme van pasando los años y las horas de servicio, las paradas correctivas disminuyen cada vez más la disponibilidad de estos.

Figura 33: Disponibilidad de Equipos de Perforación (Oct 2017 hasta Set 2018)



Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la figura los equipos con mayor disponibilidad son los que la empresa adquirió últimamente, o los equipos más nuevos. Teniendo como punto máximo a la Perforadora marca SANDVIK modelo DE 710 JM 11 con 95,45% de disponibilidad y la menor disponibilidad se encuentra representada por la Perforadora marca SANDVIK modelo DE 710 JM 07 con 68,18%.

También podemos darnos cuenta de que las Perforadoras UDR 650 JM 01 y la UDR 650 JM 02, a pesar de ser las más antiguas con las que cuenta la empresa tiene una disponibilidad relativamente aceptable ya que para enviarlas a este proyecto fueron repotenciadas y muchas de sus partes como el cabezal de perforación fueron totalmente nuevos.

5.1.5. Cálculo de Parámetros de Mantenimiento.

En la siguiente tabla presentamos los parámetros de mantenimiento, en las condiciones actuales:

Tabla 6: Parámetros de Mantenimiento

MARCA	EQUIPOS	AÑO	T. PROG. (h/año)	T. REAL (h/año)	T. OPTIMO 90% (h/año)	ALQUILER DE HORAS PARADAS (h/año)	NUMERO DE PARADAS	CALCULO TMEP	CALCULO TMPM	FIABILIDAD
SANDVIK	UDR 650 JM 01	2010	8030	6387.5	7227.0	839.5	163.0	39.2	5.2	89.5
SANDVIK	UDR 650 JM 02	2010	8030	6935.0	7227.0	292.0	57.0	121.7	5.1	96.4
SANDVIK	DE 710 JM 04	2012	6050	5225.0	5445.0	220.0	42.0	124.4	5.2	96.4
SANDVIK	DE 710 JM 07	2014	6710	4575.0	6039.0	1464.0	223.0	20.5	6.6	78.2
SANDVIK	DE 710 JM 11	2015	4015	3832.5	3613.5	0.0	0.0			100.0
SANDVIK	DE 740 JM 05	2012	8030	7300.0	7227.0	0.0	0.0			100.0

Fuente: Elaboración Propia

5.1.6. Gastos incurridos por las horas de máquina paradas.

Mediante la determinación de la diferencia que existe actualmente entre la disponibilidad real y el 90% esperado, se hallara la cantidad de HORAS QUE EL EQUIPO ESTUVO PARADO INNECESARIAMENTE, estas horas representan un valor de dinero pues se necesitará reemplazar un porcentaje de estas horas perdidas, con el alquiler de un EQUIPO ALTERNATIVO para evitar retrasar el proyecto.

Se dice que solo un porcentaje de estas horas serán reemplazadas con el alquiler de los equipos alternativos, pues el resto influyen directamente en la pérdida de productividad por mano de obra, pues muchas veces serán destinados a realizar otras tareas, estos costos serán evaluados por separado.

Tabla 7: Tiempo de Operación Óptimo de las Máquinas Perforadoras

MARCA	EQUIPOS	AÑO	REGISTRO					DISPONIBILIDAD IDEAL
			T. PROG. (h/año)	T. REAL (h/año)	T. PARADA (h/año)	T. OPTIMO 90% (h/año)	T. PREVENTIVO 10% (h/año)	
SANDVIK	UDR 650 JM 01	2010	8030	6387.5	1642.5	7227.0	803.0	90.00
SANDVIK	UDR 650 JM 02	2010	8030	6935.0	1095.0	7227.0	803.0	90.00
SANDVIK	DE 710 JM 04	2012	6050	5225.0	825.0	5445.0	605.0	90.00
SANDVIK	DE 710 JM 07	2014	6710	4575.0	2135.0	6039.0	671.0	90.00
SANDVIK	DE 710 JM 11	2015	4015	3832.5	182.5	3613.5	401.5	90.00
SANDVIK	DE 740 JM 05	2012	8030	7300.0	730.0	7227.0	803.0	90.00
TOTAL			40865	34255.0	6610.0	36778.5	4086.5	90.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Costo en Alquiler de Equipos por Paradas de las Máquinas

MARCA	EQUIPOS	AÑO	T. PROG. (h/año)	T. REAL (h/año)	T. OPTIMO 90% (h/año)	ALQUILER DE HORAS PARADAS (h/año)	COSTOS DE ALQUILER S/. h /equipo	GASTOS DE ALQUILER S/.	TOTAL COSTOS DE OPERACION H/MAQ. S/.	GASTOS DE OPERACION DE MAQ. S/.	COSTO REAL X ALQUILER DE MAQ. S/.
SANDVIK	UDR 650 JM 01	2010	8030	6387.5	7227.0	839.5	450.00	377775.0	150.0	125925	251850
SANDVIK	UDR 650 JM 02	2010	8030	6935.0	7227.0	292.0	450.00	131400.0	150.0	43800	87600
SANDVIK	DE 710 JM 04	2012	6050	5225.0	5445.0	220.0	450.00	99000.0	150.0	33000	66000
SANDVIK	DE 710 JM 07	2014	6710	4575.0	6039.0	1464.0	450.00	658800.0	150.0	219600	439200
SANDVIK	DE 710 JM 11	2015	4015	3832.5	3613.5	0.0	450.00	0.0	150.0	0	0
SANDVIK	DE 740 JM 05	2012	8030	7300.0	7227.0	0.0	450.00	0.0	150.0	0	0
TOTAL						2815.5		1266975.0		422325	844650

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Determinar las herramientas para optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras

5.2.1. Gestión de Proyectos

Una herramienta de gestión de proyectos nos facilita la ejecución de algunos o varios procesos o tareas dentro del contexto de una determinada organización y proyectos.

Una de las formas más rápidas y simples de mejorar la eficiencia y la eficacia de una organización en gestión de proyectos es mediante la introducción de una herramienta de gestión de proyectos apropiado.

5.2.2. Herramientas de Gestión

A. Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planificado o progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización.

Este pilar consiste en avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “CERO AVERIAS” dentro de un proceso.

a. Limitaciones del mantenimiento planificado

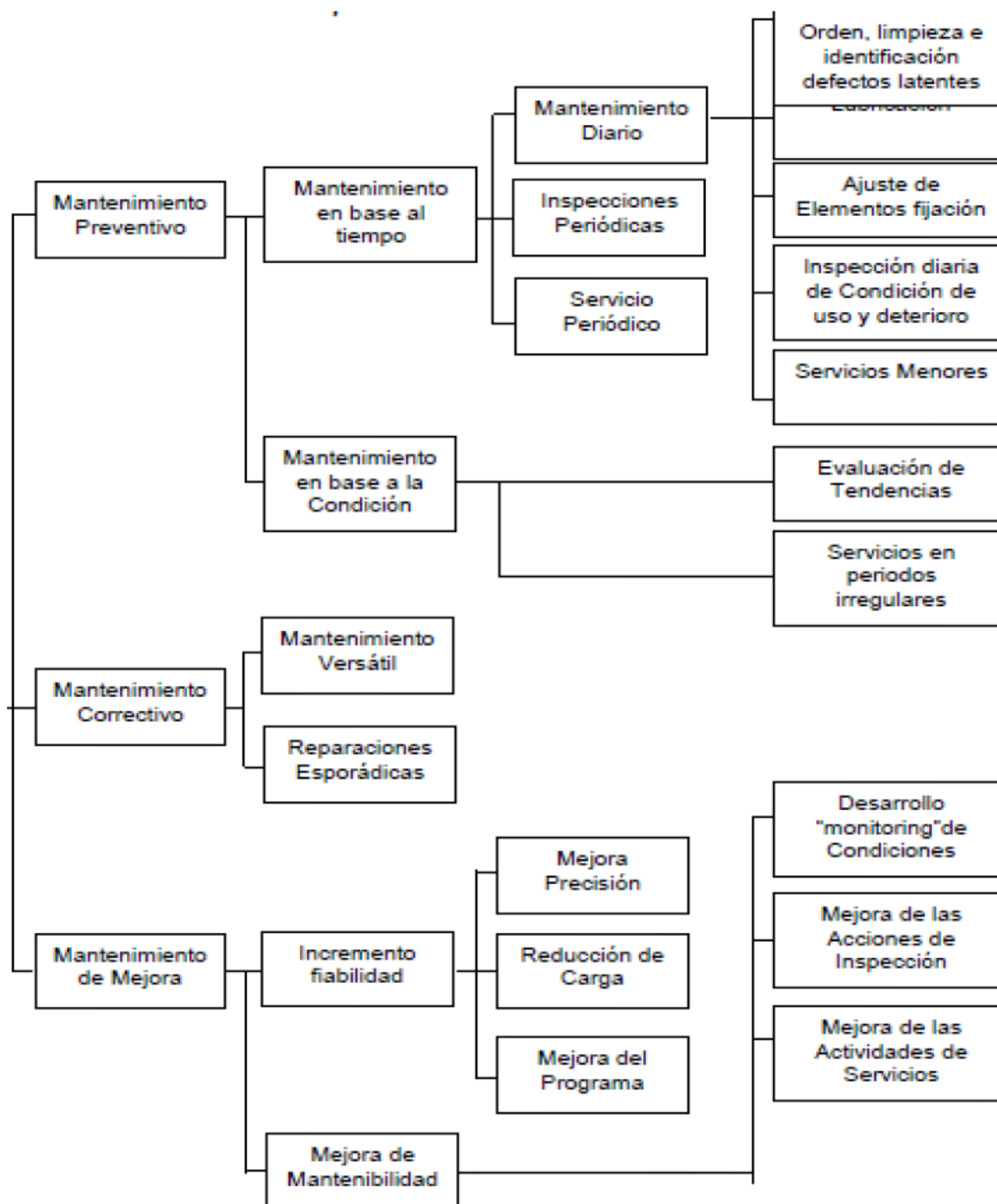
El mantenimiento planificado que se practica en numerosas empresas presenta, las siguientes limitaciones

- (1) No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo con la experiencia, recomendaciones del fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre comportamiento pasado del equipo.
- (2) Se aprovecha la parada de un equipo para hacer todo lo necesario en la máquina, ya que se tiene disponible.
- (3) Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado. Este deterioro afecta la dispersión de la distribución (estadística) de fallos, imposibilitando la identificación de un comportamiento regular de fallo y con el que se debería establecer el plan de mantenimiento preventivo.

- (4) A los equipos y sistemas, se les da un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de prevención, sin importar su criticidad.
- (5) Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para realizar su trabajo técnico. La práctica habitual consiste en imprimir la orden de trabajo con algunas asignaciones que no indican, en detalle, el tipo de acción a realizar. Por ejemplo “Inspeccionar Unidad de Rotación”. Este tipo de instrucción no indica que se va a inspeccionar en la unidad de rotación, el tipo de estándar a cumplir, forma, cuidados, características de calidad, registro de información, seguridad, tiempo, herramientas y otros elementos necesarios para realizar el trabajo.
- (6) El trabajo de mantenimiento planificado no incluye acciones KAIZEN (mejora continua) para la mejora de los métodos de trabajo. No se incluyen acciones que permitan mejorar la capacidad técnica ni mejorar la fiabilidad del trabajo de mantenimiento.

b. Actividades generales del mantenimiento planificado

Figura 34: Actividades del Mantenimiento Planificado

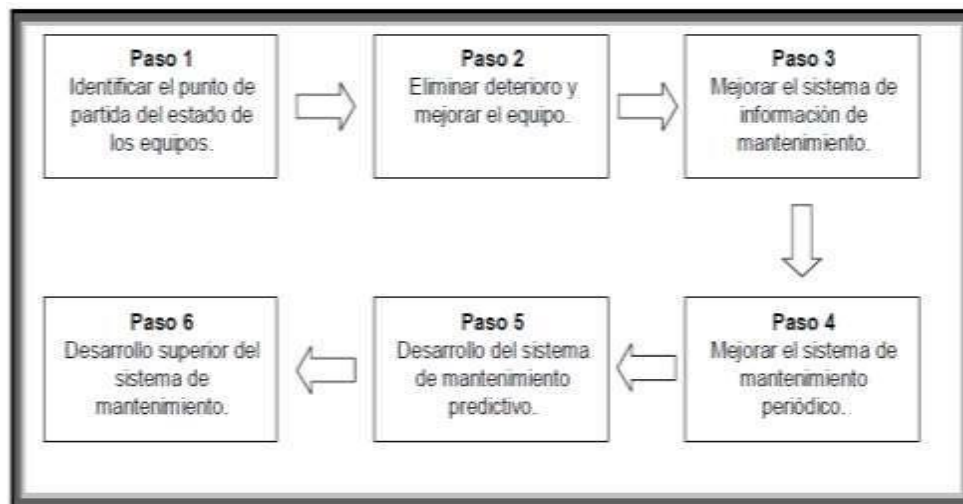


Fuente: Pilar Mantenimiento Progresivo o Planificado

c. Pasos para la implementación del mantenimiento planificado

La implementación de este mantenimiento se basa en 6 pasos:

Figura 35: Pasos de un Mantenimiento Planificado



Fuente: Pilar Mantenimiento Progresivo o Planificado

✓ **Paso 1: Identificar el punto de partida del estado de equipos**

El primer paso, está relacionado con la necesidad de mejorar la información disponible sobre el equipo. Esta información permite crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas del equipo. Algunas preguntas que se pueden realizar, para ver el grado de desarrollo son:

- ¿Se tiene la información necesaria sobre los equipos?
- ¿Se han identificado los criterios para calificar los equipos?
- ¿Se cuenta con un listado priorizado de los equipos?
- ¿Se han definido los tipos de fallos potenciales?
- ¿Se tienen datos históricos de averías e intervenciones?
- ¿Se cuenta con registros sobre MTBF para equipos y sistemas?
- ¿Se posee un sistema de costos de mantenimiento?
- ¿Qué problemas tiene la función de mantenimiento?
- ¿La calidad de servicio de mantenimiento es la adecuada?

✓ **Paso 2: Eliminar deterioro del equipamiento y mejorarlo**

El paso dos, busca eliminar los problemas del equipo y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallos similares en otros equipos idénticos.

Se prioriza lo siguiente:

- Eliminación de averías, en forma radical, aplicando métodos Kaizen.
- Eliminación de fallos en el proceso.
- Mejora en el manejo de la información estadística para el diagnóstico de fallos y averías.
- Implantación de acciones, para evitar la recurrencia de fallos.

✓ **Paso 3: Mejorar el sistema de información para la gestión**

Es frecuente entender que en este paso se debe introducir un programa informático o mejorar el actual. Sin embargo, en esta etapa, lo fundamental es crear modelos de información de fallos y averías, para su eliminación, antes de implantar un sistema de gestión de mantenimiento de equipos. En esta etapa se debe preguntar:

- El diseño de la base de datos de mantenimiento, ¿es el adecuado?
- ¿Se tiene información necesaria sobre fallos, averías, causas e intervenciones?
- El conocimiento en mantenimiento ¿se conserva?, ¿se distribuye?
- ¿Se tiene la información técnica del equipo?
- ¿Se cuenta con un sistema de información que apoye la gestión de mantenimiento?
- El sistema de gestión de mantenimiento, ¿permite controlar todos los recursos de la función: piezas, planos y recambios?

✓ **Paso 4: Mejorar el sistema de mantenimiento periódico**

El paso cuatro, está relacionado con el establecimiento de estándares de mantenimiento, realizar un trabajo de preparación para el mantenimiento periódico, crear flujos de trabajo, identificar equipos,

piezas, elementos, definir estrategias de mantenimiento y desarrollo de un sistema de gestión para las acciones de mantenimiento previsto.

- Diseño de estrategias de mantenimiento: criticidad, frecuencia, tipo de mantenimiento, empleo de tablas MTBF, etc.
- Preparación de estándares de mantenimiento: procedimientos, actividades, estándares, registro de información, etc.
- Gestión de información del mantenimiento programado.

✓ **Paso 5: Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo**

El paso cinco, busca introducir tecnologías de mantenimiento basado en la condición, y de carácter predictivo. Se diseñan los flujos de trabajo, selección de tecnología, formación y aplicación en la planta.

Sus etapas son:

- Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.
- Formación del personal, sobre esta clase de tecnologías.
- Preparar diagramas de flujo de procesos.
- Identificar equipos y elementos iniciales para aplicar progresivamente las tecnologías de mantenimiento predictivo.
- Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, teletransmisión y procesos vía Internet.

✓ **Paso 6: Desarrollar superior del sistema de mantenimiento**

El paso seis desarrolla procesos Kaizen para la mejora del sistema de mantenimiento periódico establecido, desde los puntos de vista técnico, humano y organizativo.

- Evaluar el progreso del MTBF y otros índices.
- Desarrollo de la tecnología de Ingeniería de Mantenimiento.
- Evaluar económicamente los beneficios del sistema de mantenimiento.
- Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico.
- Explorar el empleo de tecnologías emergentes. [15]

B. Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)

a. Origen del RCM

Es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

En 1960 el gobierno de los EEUU formó un grupo de trabajo que incluía representantes de la Agencia Federal de Aviación y de las aerolíneas, para investigar las capacidades del mantenimiento preventivo.

Esos primeros estudios, dirigidos por Stanley Nowlan y Howard Heap, originaron el RCM, de las palabras en inglés Reliability Centred Maintenance, traducido al español como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y fue el título del informe que presentaron sobre los procesos para preparar los programas de mantenimiento para aeronaves.

La aplicación de los criterios de RCM permitió bajar la incidencia en los noventa a razón de dos accidentes graves con fatalidades por cada millón de despegues. [16]

b. Las 7 Preguntas Básicas Del Proceso RCM

- 1) **¿Cuál es la función?**, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
- 2) **¿Cuál es la falla funcional?**, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
- 3) **¿Cuál es el modo de falla?**, Que pudo causar la falla funcional.
- 4) **¿Cuál es el efecto de la falla?**, Que ocurre cuando la falla se produce.
- 5) **¿Cuál es la consecuencia de la falla?**, Razones por las que importa que falle.
- 6) **¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?**
- 7) **¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?** [16]

c. **Ventajas del RCM**

La aplicación del R.C.M en la industria aporta una serie de ventajas y logros como:

- ✓ Mejora de las comunicacionales entre el diferente personal de la empresa.
- ✓ Aprovechamiento de la habilidad y el conocimiento de cada componente del grupo.
- ✓ Realización de un mejor análisis de cada uno de los componentes del equipo.
- ✓ Detección de fallas antes de que ocurran.
- ✓ Mayor seguridad y protección del entorno.
- ✓ Mejores rendimientos operativos.
- ✓ Mayor contención de los costes de mantenimiento.
- ✓ Una amplia base de datos de mantenimiento.
- ✓ Mayor motivación de las personas.
- ✓ Mejor trabajo de grupo (análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones). [17]

d. **Diagrama de decisiones, hojas de información y hoja de decisiones del RCM**

El diagrama de decisión es el encargado de relacionar la información recolectada y las tareas de mantenimiento que se aplicaran para reducir la probabilidad o evitar de las fallas funcionales.

La decisión tomada es elegida a través de una estructura lógica que se ajusta a las Normas SAE JA1011 y SAE JA1012.

Antes de tomarse una decisión, se valoran las consecuencias de cada modo de avería para elegir la más adecuada.

En el diagrama está formado por grupos de preguntas repartidas por las diferentes columnas:

- ✓ Columna H, S, E y O (clasifican según las consecuencias de cada modo de avería)
- ✓ Columnas H1, H2, H3; S1, S2, S3; E1, E2, E3; O1, O2, O3 (tareas preventivas y predictivas)

- ✓ Columnas H4, H5 y S4 (registran las tareas “a falta de”) [17]

La Hoja de información es la encargada de recoger las funciones, fallas funcionales, modos de avería y efectos de las averías.

La Hoja de Decisión es la encargada de la evaluación de las consecuencias de cada modo de avería y la selección de las tareas de mantenimiento más adecuadas.

C. **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

a. **Filosofía del TPM**

TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Esto supone:

- ✓ Cero averías
- ✓ Cero tiempos muertos
- ✓ Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos
- ✓ Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos al estado de los equipos

Se entiende entonces perfectamente el nombre: mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total.

b. **La eterna pelea entre mantenimiento y producción**

El mantenimiento ha sido visto tradicionalmente con una parte separada y externa al proceso productivo. TPM emergió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el de operación o producción para mejorar la productividad y la disponibilidad. En una empresa en la que TPM se ha implantado toda la organización trabaja en el mantenimiento y en la mejora de los equipos. Se basa en cinco principios fundamentales:

- ✓ Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.

- ✓ Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. Se busca la <eficacia global>.
- ✓ Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan.
- ✓ Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- ✓ Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

c. Las 6 Grandes Pérdidas

Desde la filosofía del TPM se considera que una máquina parada para efectuar un cambio, una máquina averiada, una máquina que no trabaja al 100% de su capacidad o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa.

La máquina debe considerarse improductiva en todos esos casos, y deben tomarse las acciones correspondientes tendentes a evitarlos en el futuro. TPM identifica seis fuentes de pérdidas (denominadas las <seis grandes pérdidas>) que reducen la efectividad por interferir con la producción:

- 1) Fallos del equipo, que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
- 2) Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos) que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o matriz, o al hacer un ajuste.
- 3) Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores) durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones, etc.

- 4) Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima), que produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
- 5) Defectos en el proceso, que producen pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.
- 6) Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha en vacío, periodo de prueba, etc.

El análisis cuidadoso de cada una de estas causas de baja productividad lleva a encontrar las soluciones para eliminarlas y los medios para implementar estas últimas. Es fundamental que el análisis sea hecho en conjunto por el personal de producción y el de mantenimiento, porque los problemas que causan la baja productividad son de ambos tipos y las soluciones deben ser adoptadas en forma integral para que tengan éxito.

d. Fases de la implementación del TPM en una empresa

El Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) desarrolló un método en siete pasos cuyo objetivo es lograr el cambio de actitud indispensable para el éxito del programa. Los pasos para desarrollar es cambio de actitud son los siguientes:

✓ **Fase 1. Aseo inicial**

En esta fase se busca limpiar la máquina de polvo y suciedad, a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles. Se implementa además un programa de lubricación, se ajustan sus componentes y se realiza una puesta a punto del equipo (se reparan todos los defectos conocidos)

✓ **Fase 2. Medidas para descubrir las causas de la suciedad, el polvo y las fallas**

Una vez limpia la máquina es indispensable que no vuelva a ensuciarse y a caer en el mismo estado. Se deben evitar las causas de la suciedad, el polvo y el funcionamiento irregular (fugas de aceite, por ejemplo), se mejora el acceso a los lugares difíciles de

limpiar y de lubricar y se busca reducir el tiempo que se necesita para estas dos funciones básicas (limpiar y lubricar).

✓ **Fase 3. Preparación de procedimientos de limpieza y lubricación**

En esta fase aparecen de nuevo las dos funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al personal de producción: Se preparan en esta fase procedimientos estándar con el objeto de que las actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores de los componentes se puedan realizar en tiempos cortos.

✓ **Fase 4. Inspecciones generales**

Conseguido que el personal se responsabilice de la limpieza, la lubricación y los ajustes menores, se entrena al personal de producción para que pueda inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallos menores y fallos en fase de gestación, y por supuesto, solucionarlos.

✓ **Fase 5. Inspecciones autónomas**

En esta quinta fase se preparan las gamas de mantenimiento autónomo, o mantenimiento operativo. Se preparan listas de chequeo (check list) de las máquinas realizadas por los propios operarios, y se ponen en práctica. Es en esta fase donde se produce la verdadera implantación del mantenimiento preventivo periódico realizado por el personal que opera la máquina.

✓ **Fase 6. Orden y Armonía en la distribución**

La estandarización y el proceso de actividades es una de las esencias de la Gestión de la Calidad Total (Total Quality Management, TQM), que es la filosofía que inspira el TPM. Se busca crear procedimientos y estándares para la limpieza, la inspección, la lubricación, el mantenimiento de registros en los que se reflejarán todas las actividades de mantenimiento y producción, la gestión de la herramienta y del repuesto, etc.

✓ **Fase 7. Optimización y autonomía en la actividad**

La última fase tiene como objetivo desarrollar una cultura hacia la mejora continua en toda la empresa: se registra sistemáticamente el tiempo entre fallos, se analizan éstos y se proponen soluciones.

Y todo ello, promovido y liderado por el propio equipo de producción. [18]

e. Desarrollo de la implementación del TPM en una empresa

Se suele desarrollar de la siguiente manera:

- i. La Gerencia da a conocer a toda la empresa su decisión de poner en práctica TPM. El éxito del programa depende del énfasis que ponga la Gerencia General en su anuncio a todo el personal.
- ii. Se realiza una campaña masiva de información y entrenamiento a todos los niveles de la empresa de tal manera que todo el mundo entienda claramente los conceptos de TPM. Se utilizan todos los medios posibles como charlas, posters, diario mural, etc., de tal manera que se cree una atmósfera favorable al inicio del programa.
- iii. Se crean organizaciones para promover TPM, como ser un Comité de Gerencia, Comités departamentales y Grupos de Tarea para analizar cada tema.
- iv. Se definen y emiten las políticas básicas y las metas que se fijarán al programa TPM. Con este objeto se realiza una encuesta a todas las operaciones de la empresa a fin de medir la efectividad real del equipo operativo y conocer la situación existente con relación a las “6 Grandes Pérdidas”. Como conclusión se fijan metas y se propone un programa para cumplirlas.
- v. Se define un plan maestro de desarrollo de TPM que se traduce en un programa de todas las actividades y etapas.
- vi. Una vez terminada la etapa preparatoria anterior se da la “partida oficial” al programa TPM con una ceremonia inicial con participación de las más altas autoridades de la empresa y con invitados de todas las áreas.
- vii. Se inicia el análisis y mejora de la efectividad de cada uno de los equipos de la planta. Se define y establece un sistema de información para registrar y analizar sus datos de fiabilidad y mantenibilidad.
- viii. Se define el sistema y se forman grupos autónomos de mantenimiento que inician sus actividades inmediatamente

después de la” partida oficial”. En este momento el departamento de mantenimiento verá aumentar su trabajo en forma considerable debido a los requerimientos generados por los grupos desde las áreas de producción.

- ix. Se implementa un sistema de mantenimiento programado en el departamento de mantenimiento.
- x. Se inicia el entrenamiento a operadores y mantenedores a fin de mejorar sus conocimientos y habilidades.
- xi. Se crea el sistema de mejoramiento de los equipos de la planta que permite llevar a la práctica las ideas de cambio y modificaciones en el diseño para mejorar la confiabilidad y mantenibilidad.
- xii. Se consolida por último la implantación total de TPM y se obtiene un alto nivel de efectividad del equipo. Con este objeto se deben crear estímulos a los logros internos del programa TPM en los diversos departamentos de la empresa.

f. Selección de Metodología

La metodología a utilizar en el siguiente proyecto será: *La metodología del TPM*

g. Razones para la selección de metodología

- Esta metodología apunta a la mejora continua de un proceso dentro de una empresa.
- Sus pilares apuntan a la seguridad laboral, la reducción de riesgos laborales, polución y contaminación al medio ambiente.
- Está en relación con los trabajadores, obteniendo lugares de trabajo más ordenados, limpios y ergonómicos.
- Busca constantemente el incremento de la rentabilidad de los procesos a corto plazo.

D. La curva de la Bañera o curva Bath- Tub

La curva Bath, más conocida como la curva de la bañera por su semejanza con la geometría interna de dicho accesorio sanitario, es ampliamente utilizada en la ingeniería de la fiabilidad. Su aplicación análoga en el análisis de fallas de

transformadores proporciona una visión directa que nos orienta hacia dónde dirigir los objetivos de un mantenimiento preventivo.

En la curva Bath, se gráfica y describe una forma particular de la función de riesgo, la cual comprende tres partes o etapas complementarias que abarcan desde el nacimiento del transformador, hasta la extinción de su vida útil: La primera parte de la curva, expresa una tasa de fracaso (fallo), en disminución, a partir del momento cero (puesta en marcha), conocida como la zona de fallos prematuros. La segunda parte de la curva es una tasa de fracaso (fallo) constante, conocida como zona de fallos aleatorios.

La tercera parte, es una tasa de fracaso cada vez mayor, conocida como fracasos “wear-out”, representando a aquellos años en que el producto excede su vida de diseño.



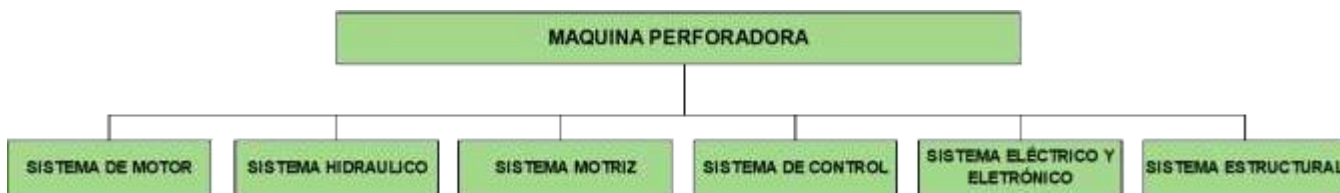
5.3 Implementar la optimización de la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras

Para mejorar la fiabilidad de las Máquinas de Perforación de CONSORCIO JM SAC, y considerando las averías hay que implementar un Plan de Mantenimiento.

Para implementar un Plan de Mantenimiento realizamos el análisis de criticidad a cada uno de los sistemas que conforman las Máquinas Perforadoras.

Las Máquinas Perforadoras están compuestas por los siguientes sistemas:

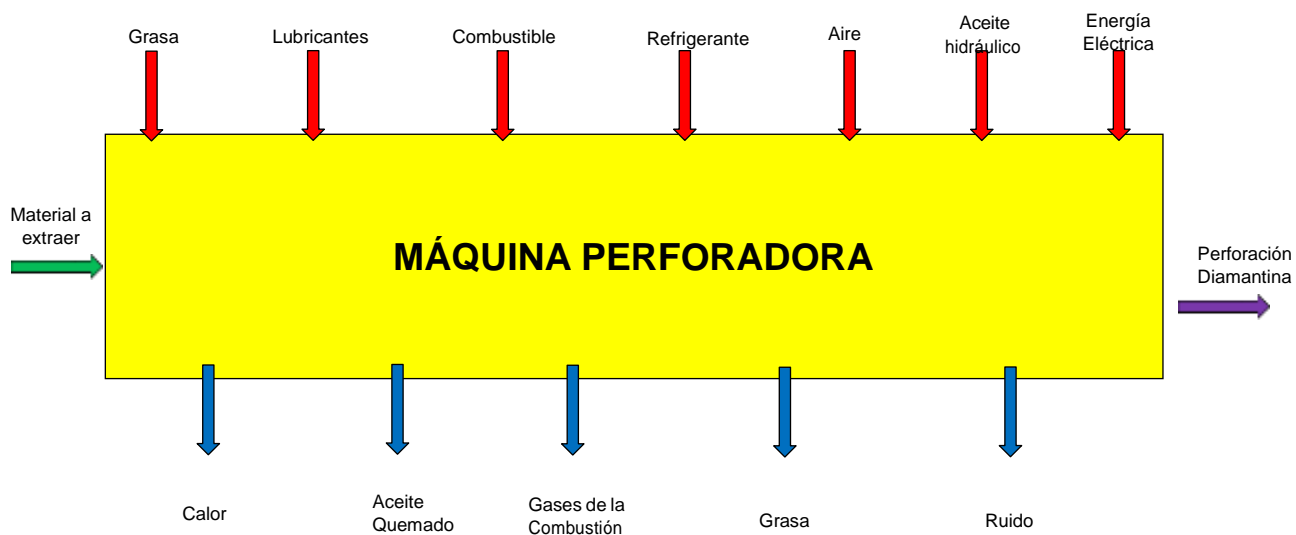
Figura 36: Sistemas de las máquinas perforadoras



Fuente: Catálogo del Fabricante

Las Variables de Entrada y de Salida que intervienen en los Sistemas de las Máquinas Perforadoras son:

Figura 37: Variables que intervienen en los sistemas de las máquinas perforadoras



Fuente: Catálogo del Fabricante

Luego aplicamos los siguientes criterios para realizar el Análisis de Criticidad:

Tabla 9: Criterios para realizar el Análisis de Criticidad

CRITERIOS CALCULO DE LA CRITICIDAD DE LA FALLA

ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
Efecto sobre el Servicio que proporciona				
1	Para		4	
	Reduce		2	
	No Para		0	
Valor Técnico - Económico				
2	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento	Alto	3	Más de US\$ 20 000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de US\$ 1 000
La Falla Afectada				
3	a.- Al Equipo en si	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b.- Al Servicio	Si	1	¿Origina problemas a otros equipos?
		No	0	
	c.- Al Operador	Riesgo	1	¿Probabilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d.- A la Seguridad en si	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù otros equipos cercanos.
		No	0	
Probabilidad de Falla (Confiabilidad)				
4	Alta		2	se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
	Baja		0	
Flexibilidad del Equipo en el Sistema				
5	Único		2	no existe otro igual o similar
	By Pass		1	el sistema puede seguir funcionando
	Stand By		0	existe otro igual o similar no instalado
Dependencia Logística				
6	Extranjero		2	repuestos se tienen que importar
	Local / Extranjero		1	algunos repuestos se compran localmente
	Local		0	repuestos se consiguen localmente
Dependencia de la Mano de Obra				
7	Terceros		2	el Mantenimiento requiere contratar a terceros
	Propia		0	El Mantenimiento se realiza con personal propio
Facilidad de Reparación (Mantenibilidad)				
8	Baja		1	Mantenimiento difícil
	Alta		0	mantenimiento fácil

ESCALA DE REFERENCIA

A	CRITICA	16 a 20	Asignar los valores de la ponderación calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable. Este paso requiere un buen conocimiento del equipo, su sistema, su operación, su valor y los daños que podría ocasionar una falla
B	IMPORTANTE	11 a 15	
C	REGULAR	06 a 10	
D	OPCIONAL	00 a 05	

Obtener el valor ponderado para cada equipo y agruparlas clasificándolas de acuerdo con la escala de referencia y buscando una distribución con sesgo izquierdo, como se muestra en la figura, a fin de acercarnos al costo mínimo de la actividad de mantenimiento

Aplicando los criterios antes mencionados a cada una de las Máquinas Perforadoras obtenemos:

Tabla 10: Resultados del Análisis de Criticidad a la Operación de las Máquinas Perforadoras

Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	PONDERACIÓN											TOTAL	ESCALA DE REFERENCIA
		1	2	3a	3b	3c	3d	4	5	6	7	8		
1000	Falla en el Motor	4	3	1	1	1	0	2	2	1	0	1	16	CRITICO
1200	Falla en el Sistema de Engrase	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	5	OPCIONAL
1300	Falla en Sistemas Hidráulicos	4	2	1	1	0	0	2	2	0	0	1	13	IMPORTANTE
1400	Falla en el Sistema de Frenos	4	2	1	1	0	0	0	2	1	0	0	11	REGULAR
1500	Falla en el Sistema de Dirección	4	2	1	1	0	0	0	2	0	0	0	10	REGULAR
1600	Falla en Mando Final	4	2	1	1	0	0	0	2	1	0	0	11	REGULAR
1700	Falla en Sistema Eléctrico/Electrónico	4	3	1	1	1	0	1	2	1	0	1	15	CRITICO
1800	Falla en la Estructura de Soporte	4	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	12	IMPORTANTE

ESCALA DE REFERENCIA		
A	CRITICA	16 a 20
B	IMPORTANTE	11 a 15
C	REGULAR	06 a 10
D	OPCIONAL	00 a 05

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 12 presentamos el Resumen del Análisis de Criticidad aplicado a los Sistemas de la Máquina Perforadora.

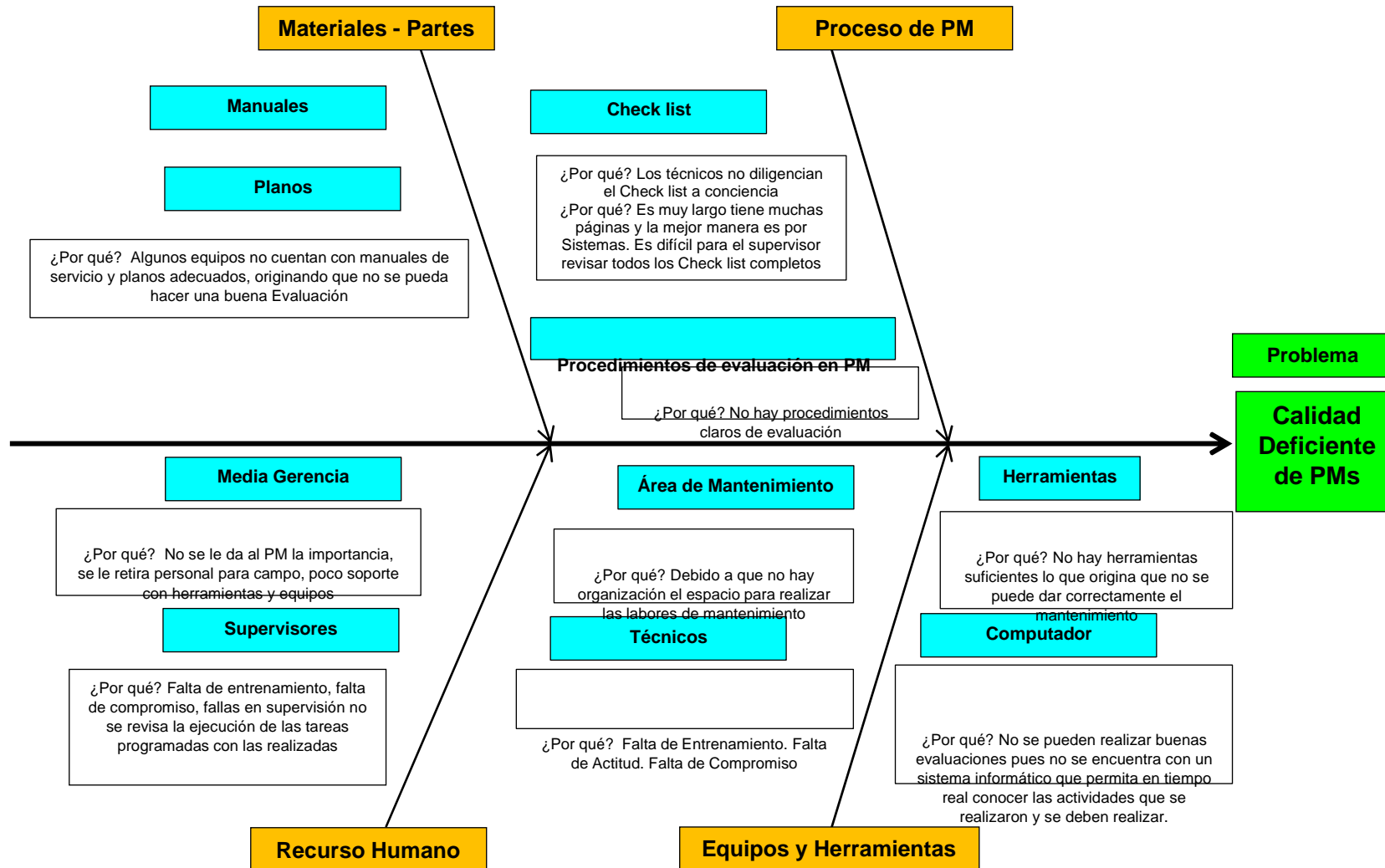
Tabla 11: Resumen del Análisis de Criticidad a los Sistemas de la Máquina Perforadora

MAQUINA PERFORADORA SANDVIK			
Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	TOTAL	ESCALA DE REFERENCIA
1000	Falla en el Motor	16	CRITICO
1200	Falla en el Sistema de Engrase	5	OPCIONAL
1300	Falla en Sistemas Hidráulicos	13	IMPORTANTE
1400	Falla en el Sistema de Frenos	11	REGULAR
1500	Falla en el Sistema de Dirección	10	REGULAR
1600	Falla en Mando Final	11	REGULAR
1700	Falla en Sistema Eléctrico/Electrónico	15	IMPORTANTE
1800	Falla en la Estructura de Soporte	12	IMPORTANTE
RESUMEN	ESCALA DE REFERENCIA		CANTIDAD
	CRITICA		16 a 20
	IMPORTANTE		11 a 15
	REGULAR		06 a 10
	OPCIONAL		00 a 05

Fuente: Elaboración Propia

Luego para implementar el Plan de Mantenimiento se ha seguido la metodología basada el RCM, la misma que parte de un análisis tipo FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), desarrollado el Diagrama Ishikawa:

Figura 38: Diagrama Ishikawa de Calidad Deficiente de PMs



A través de una secuencia lógica de análisis se obtiene el listado de las tareas de mantenimiento a desarrollar. Para cada Fallo de Función establecido en la Hoja de Información, se recorre el Diagrama de Decisión desde la parte superior izquierda hacia la parte derecha y hacia abajo respondiendo a las preguntas planteadas en dicho diagrama.

A continuación, presentamos los Modos de Fallo de cada una de las Máquinas Perforadoras:

Tabla 12: Modelos de Fallo en Máquina Perforadora

Cod. Func.	Función	Cod. FF	Descripción de Fallo Funcional	Cod. MF	Modo de Fallo NIVEL I
1	Operador Excava el Materia con una disponibilidad del mínima mensual del 90%	11	No puede perforar y la Disponibilidad del equipo cae por debajo del 90%	1000	Falla en el Motor
				1200	Falla en el Sistema de Engrase
				1300	Falla en Sistemas Hidráulicos y válvulas
				1400	Falla en el Sistema de Frenos
				1500	Falla en el Sistema de Dirección
				1600	Falla en todo el sistema de mando
				1700	Falla en Sistema Eléctrico/Electrónico
				1800	Falla en la Estructura de Soporte

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Fallas en el Sistema Motor

Cod. MF	Modo de Falta NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falta Nivel II	Descripción Electro
1000	Falta en el Motor	1001	Baja Potencia por Filtros de Aire Obstruidos	Las Velocidad del motor calado estan por debajo de 2200 rpm.
		1002	Baja Potencia por Filtros de Combustible Obstruido	
		1003	Baja Potencia por Presiones Obstruidos	
		1004	Baja Potencia por Baja Presion de Combustible / Aire en el combustible	
		1005	Baja Potencia por Falta Mecanica en Inyector/Resorte Partido	
		1006	Baja Potencia por Tanque de Combustible sucio	
		1007	Baja Potencia por Turbocargador con desgaste / fallado	
		1008	Baja Potencia por Fuga de Gases de Escape / Fuga de Admision	
		1009	Baja Potencia por Valvula de Admision / Escape partida	
		1010	Baja Potencia por Calibracion Erronea de Valvulas	
		1011	Baja Potencia por Falta en Lobulo de Arbol de levas	
		1012	Baja Potencia por Desgaste en Anillos y Camisas / Alto Blow by	
		1013	Alta temperatura por Radiador Obstruido Externamente	
		1014	Alta temperatura por Radiador Obstruido Internamente	
		1015	Alta temperatura por Filtros de Aire obstruidos	
		1016	Alta temperatura por Posenfriador obstruido / Roto	
		1017	Alta temperatura por Baja velocidad del Ventilador, causado por baja presión o problemas en el sistema hidráulico del ventilador	
		1018	Alta temperatura por Aire en el sistema de enfriamiento por un incorrecto procedimiento de llenado.	
		1019	Alta temperatura por Compresión al radiador.	
		1020	Alta temperatura por Vapor en el sistema de enfriamiento por que el motor esta sobrecalentado	
		1021	Alta temperatura por Termostatos pegados cerrados o abiertos	
		1022	Alta temperatura por El Impeler de la Bomba de Agua no gira	
		1023	Alta temperatura por Fugas Externas de Refrigerante	La presión de aceite cae por debajo de 20 psi, la alarma de baja presión de aceite aparece en el tablero y el operador para el equipo, si el equipo sigue operando con esta alarma puede causar daños severos en el motor
		1024	Alta temperatura por Enfriador de Aceite de Motor Obstruido	
		1025	Alta temperatura por Tubos de Escape obstruidos	
		1026	Baja Presion de Aceite de Motor por Bajo Nivel de Aceite de Motor por fuga o por consumo (Alto blowby)	
		1027	Baja Presion de Aceite de Motor por Filtros de Aceite Obstruidos	
		1028	Baja Presion de Aceite de Motor por Dilucion de Combustible en el Aceite de Motor	
		1029	Baja Presion de Aceite de Motor por Desgaste interno en la Bomba de Aceite	
		1030	Baja Presion de Aceite de Motor por Desgaste en los cojinetes del cigüeñal o del arbol de levas	
		1031	Baja Presion de Aceite de Motor por Degradacion del Aceite por altas horas	
		1032	Baja Presion de Aceite de Motor por Baja Viscosidad del aceite por alta temperatura	
		1033	Baja Presion de Aceite de Motor por Obstruccion interna en conductos de lubricacion	El Operador escucha ruido en el motor por los gases de escape, esta falla tambien puede coasinar baja potencia, El operador para el equipo
		1034	Fuga de Gases de Escape por Manifold de escape por instalacion incorrecta	
		1035	Fuga de Gases de Escape por Codos de Turbocargadores por instalacion incorrecta	Las Velocidad del motor calado estan por debajo de 2200 rpm. El operador para el equipo
		1036	Fuga de Gases de Escape por Exhausto Suelto por instalacion incorrecta o roto por desgaste	
		1037	Fuga de Combustible por lineas de combustible por roce - instalacion incorrecta	La fuga de refrigerante ocasiona que el equipo se quede sin refrigerante. La temperatura del motor sube por encima de 115 °C, aparece la alarma de alta temperatura de motor o de bajo nivel de refrigerante en el tablero
		1038	Fuga de Combustible por Tubos de combustible por roce - instalacion incorrecta	
		1039	Fuga de Combustible por testigo de Bomba de Transferencia por desgaste interno	
		1040	Fuga Externa de Refrigerante Por testigo de Bomba de Agua por desgaste interno - Instalacion incorrecta	
1041	Fuga Externa de Refrigerante por Enfriador de Motor - Instalacion incorrecta			
1042	Fuga Externa de Refrigerante por Caja de Termostatos - Instalacion incorrecta			
1043	Fuga Externa de Refrigerante por Tubos y Mangueras de Refrigerante-Instalacion incorrecta			
1044	Fuga Externa de Refrigerante por Turbocargadores-Instalacion incorrecta			
1045	Fuga Aceite de Motor por Filtros de Aceite de Motor - Instalacion incorrecta			
1046	Fuga Aceite de Motor por Enfriador de Motor - Instalacion incorrecta			
1047	Fuga Aceite de Motor por Drive de Bombas / Alternador - Instalacion incorrecta	La fuga de aceite hace que la presión de aceite cae por debajo de 20 psi, la alarma de baja presión de aceite aparece en el tablero y el operador para el equipo, si el equipo sigue operando con esta alarma puede causar daños severos en el motor		
1048	Fuga Aceite de Motor por Sello Frontal del Cigüeñal/Piñones Locos - Instalacion incorrecta			
1049	Fuga Aceite de Motor por Tapones de drenaje - Instalacion incorrecta			
1050	Fuga Aceite de Motor por sellos del carter - Instalacion incorrecta			
1051	Fuga Aceite de Motor por sellos de Distribucion Frontal/ Trasera - Instalacion incorrecta			
1052	Fuga Aceite de Motor por Tubos de Aceite de Motor- Instalacion incorrecta			
1053	Fuga de Aceite de Motor por rotura del carter por golpe (Accidente)			
1054	Analisis de Aceite Critico de Motor SOS por Silicio, entrada de tierra al motor - Instalacion incorrecta		Mantenimiento recibe los reportes de analisis de aceite y dependiendo de la criticidad solicita parar el equipo y llevarlo al taller para evaluacion	
1055	Analisis de Aceite Critico de Motor SOS por Agua, entrada de agua al motor - Instalacion incorrecta			
1056	Analisis de Aceite Critico de Motor SOS por Sodio, entrada de Refrigerante al motor		El control del lubricante y el sistema de lubricación depende basicamente del lubricante que recomienda el fabricante	
1057	Analisis de Aceite Critico de Motor SOS por Cobre, Bombas sueltas / Desgaste en Lifter Arbol Levas - Instalacion/ Calibracion incorrecta	Una mala calibración hace que el desgaste de las piezas mecanicas tiendan a aumentar el desgaste ya sea del arbol de levas, otros.		
1058	Analisis de Aceite Critico de Motor SOS por Hollin, Problemas de Inyeccion y Combustion	El uso del combustible que no es el adecuado causa un mayor desgastes en los inyectores.		
1059	Analisis de Aceite Critico de Motor por Hierro/Aluminio Desgaste interno en el motor			
1060	Analisis de Aceite Critico SOS por Plomo, Desgaste en casquetes de Cigüeñal	La presión de aceite cae por debajo de 20 psi, la alarma de baja presión del motor.		
1061	Contaminacion del Aceite de Motor con refrigerante / Enfriador de Aceite Roto			
1062	Contaminacion del Aceite de Motor con Combustible / Inyectores, Culata o Bomba de transferencia con fuga	La presión de aceite cae por debajo		
1063	Motor no gira por Problemas Mecanicos Bloqueo Hidraulico con Refrigerante o Combustible	El Motor no gira, se debe traer el equipo al taller para evaluacion		
1064	Motor no gira por Problemas Mecanicos Cigüeñal pegado por falta de lubricacion			
1065	Motor no gira por Problemas Mecanicos Cigüeñal pegado por falta de lubricacion			
1066	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecanicos Baja Presion de Combustible / Aire en el combustible	El Motor no trabaja correctamente el operador para el equipo por mal funcionamiento.		
1067	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecanicos Falta en Inyector /Solenoides del Inyector. Antes del Inyector			
1068	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecanicos Tanque de Combustible sucio			
1069	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Mecanicos Bajo Nivel de Combustible			
1070	Ruido en el Motor / Falta Interna de algun elemento de sujecion o engrajaje	El Motor presenta falla interna, se debe traer el equipo al taller para evaluacion		
1200	Falta en el Sistema de Engrase	1201	Lineas de Grasa Suetas o partidas	El equipo puede operar hasta que llegue a PM para relajar la reparacion
		1202	Puntos de Engrase taponados	El equipo puede operar hasta que llegue a PM para relajar la reparacion

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Falla en el Sistema Hidráulico

Cod. MF I	Modo de Falla NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Electós
1300	Falla en el Sistema Hidráulico	1301	No levanta los Implementos/Implementos Lentos Varillaje Suelto de palanca de levante	El Operador no puede operar correctamente el equipo y lo para
		1302	No levanta los Implementos/Implementos Lentos Baja Presion de Bomba por incorrecta calibracion de valvula de alivio	
		1303	No levanta los Implementos/Implementos Lentos Baja Presion de Bomba por desgaste interno	
		1304	No levanta los Implementos/Implementos Lentos por Tanque Hidraulico sin aceite por fuga	
		1305	No levanta los Implementos/Implementos Lentos por Partio el eje de la bomba / daño del drive del motor	
		1306	No levanta los Implementos/Implementos Lentos por Spool de Valvula de Levante atascada por particulas	
		1307	Implementos se caen Varillaje Suelto de palanca de levante	El Operador no puede operar correctamente el equipo y lo para
		1308	Implementos se caen Spool de Valvula de Levante atascada por particulas	
		1309	Implementos se caen Fuga Interna en cilindros	
		1310	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Bajo Nivel de Aceite Tanque Hidraulico	Aparece alarma de alta temperatura y en el indicador de temperatura en el tablero, el operador para el equipo
		1311	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Sobre Nivel de Aceite Tanque Hidraulico	
		1312	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Valvula de Alivio calbrada a presion muy baja o alta	
		1313	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Restriccion en el sistema hidraulico	
		1314	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Enfriador de aceite obstruido	
		1315	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Valvula de bypas no funciona correctamente	
		1316	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Baja Presion de Bomba por desgaste interno	
		1317	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Spool de Valvula de Levante atascada por particulas	
		1318	Alta temperatura de Aceite Hidraulico por Ventilador no gira o con baja velocidad	
		1319	Fuga por lineas de Hidraulicas por roce - instalacion incorrecta	
		1320	Fuga Hidraulica por Tubos de Hidraulicos por roce - instalacion incorrecta	
		1321	Fuga Hidraulica por tapa o carcasa de Filtros de Hidraulico instalacion incorrecta	
		1322	Fuga Hidraulica por Screen de Hidraulico - instalacion incorrecta	
		1323	Fuga Hidraulica por Bomba de Fan- instalacion incorrecta	
		1324	Fuga Hidraulica por Bomba de Implementos- instalacion incorrecta	
		1325	Fuga Hidraulica por Tanque de Hidraulico por grietas - instalacion incorrecta	
		1326	Fuga Hidraulica por Enfriador de Hidraulico- instalacion incorrecta	
		1327	Ventilador no gira o con baja velocidad Baja Presion de Bomba de fan por incorrecta calibracion de valvula de alivio	Aparece alarma de alta temperatura y en el indicador de temperatura en el tablero, el operador para el equipo
		1328	Ventilador no gira o con baja velocidad Baja Presion de Bomba de fan por desgaste interno	
		1329	Ventilador no gira o con baja velocidad Tanque Hidraulico sin aceite por fuga	
		1330	Ventilador no gira o con baja velocidad Partio el eje de la bomba / daño del drive del motor	
		1331	Ventilador no gira o con baja velocidad Motor del fan con desgaste interno	
		1332	Ventilador no gira o con baja velocidad Motor del fan con desgaste interno	
		1333	Ventilador no gira o con baja velocidad Partio tonillos de sujecion del ventilador / Instalacion incorrecta	
		1334	Aire en el sistema hidraulico	El Operador escucha el ruido en las bombas y para el equipo
		1335	Ruido en la Bomba Bomba con desgaste interno	
		1336	Ruido en la Bomba Implementos no inclinan Problema Mecanico Fuga Interna en Valvula dual	El Operador no puede operar correctamente el equipo y lo para
		1337	Ruido en la Bomba Implementos no inclinan Problema Mecanico Fuga interna en cilindro de inclinacion	
		1338	Analisis de Aceite Critico de Hidraulico SOS por Silicio, entrada de tierra al Sistema Hidraulico - Instalacion incorrecta	Mantenimiento recibe los reportes de análisis de aceite y dependiendo de la cantidad solicita parar el equipo y llevarlo al taller para evaluacion
		1339	Analisis de Aceite Critico de Hidraulico SOS por Agua, entrada de agua al Sistema Hidraulico- Instalacion incorrecta	
		1340	Analisis de Aceite Critico de Hidraulico SOS por Sodio, entrada de Refrigerante al Sistem Hidraulico	
		1341	Analisis de Aceite Critico de Hidraulico SOS por Cobre, Hierro, Aluminio Bombas con desgaste interno	
		1342	Contaminacion del Aceite de Hidraulico con refrigerante Enfriador de Hidraulico Roto se debe a la rotura de alguna brida.	El aceite hidraulico empieza a oler a quemado y a botar aceite hidraulico por la tapa del radiador, el equipo presenta alta temperatura y el operador para el equipo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Falla en el Sistema Motriz

Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
1400	Falla en el Sistema de Frenos	1401	Equipo Frenado / Equipo No frena por Varillaje Suelto de Frenos o Ajuste Incorrecto.	El Operador nos manifiesta la mala mecánica que tiene en el sistema motriz en la máquina.
		1402	Equipo Frenado / Equipo No frena por Valvula de control y direccion y frenos atascada o con fuga interna	
		1403	Equipo Frenado / Equipo No frena por Embragues de Direccion y frenos con fuga interna o con alto desgaste	
1500	Falla en el Sistema de Dirección	1501	Equipo no gira a la derecha o a la izquierda por Varillaje Suelto de Direccion o Ajuste Incorrecto	
		1502	Equipo no gira a la derecha o a la izquierda por Valvula de control y direccion y frenos atascada o con fuga interna	
		1503	Equipo no gira a la derecha o a la izquierda por Embragues de Direccion con fuga interna o con alto desgaste	
		1504	Equipo no gira en ninguna direccion por Varillaje Suelto de Direccion o Ajuste incorrecto	
		1505	Equipo no gira en ninguna direccion por Baja presion de aceite en la valvula de direccion y frenos	
		1506	Equipo no gira en ninguna direccion por La valvula de prioridad no maneja la presion correcta	
		1507	Equipo no gira en ninguna direccion por Fugas de aceite en mangueras o en la valvula de direccion y frenos	
		1508	Equipo no gira en ninguna direccion por Embragues de Direccion y frenos con fuga interna o con alto desgaste	
		1509	Direccion dura por Varillaje Suelto de Direccion o Ajuste incorrecto falta de lubricacion	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Falla en el Sistema Control

Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
1600	Falla en Mando Final	1601	Equipo no gira a la derecha Eje de Mando final Derecho Roto	El operador no puede trasladar la máquina a ningún lado ya que presenta fallas.
		1602	Equipo no gira a la izquierda Eje de Mando Final Izquierdo Roto	
		1603	Segmentos sueltos - Instalacion Incorrecta	
		1604	Carcaza Mando final Rota Engranajes internos del Mando partidos	
		1605	Análisis de Aceite Crítico de Mando Final / Desgaste entre el eje y la tapa del mando / Engranajes con desgaste	Mantenimiento recibe los reportes de análisis de aceite para llevarlo al laboratorio para su evaluación y dependiendo de la evaluación en el laboratorio se solicita que el equipo sea trasladado al taller para su evaluación y así alargar el tiempo de vida de la máquinas.
		1606	Aceite del Mando Final degradado por exceso de horas de trabajo que se le da a la máquina.	El equipo se queda sin aceite de los mandos y se dañan los engranajes de los mandos o el operador observa la fuga en la inspección preoperacional y para el equipo antes de que se quede sin aceite
		1607	Fuga de aceite por tapon de drenaje- Instalacion Incorrecta, o avería en la rosca del tapon, desgaste de tapon.	
		1608	Fuga de aceite por el tapon de llenado- Instalacion Incorrecta o filtración por desgaste.	
		1609	Fuga de Aceite por sello duo cone, por exceso de horas de trabajo de la maquinaria.	
		1610	Fuga de aceite por carcaza- Instalacion Incorrecta o sellos quemados por el tiempo de trabajo.	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Falla en el Sistema Eléctrico

Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos	
1700	Falla en el Sistema Eléctrico	1701	Bajo Voltaje El Voltaje de la Batería en mas de 32 voltios DC / Alternador no regula	Aparece alarma de alto voltaje en el tablero, el operador para el equipo	
		1702	Alto Voltaje El Voltaje de Las Baterías es menor que 9 Voltios DC/ Alternador no carga / Baterías no cargan	Las Velocidad del motor calado estan por debajo de 2200 rpm. El tractor no puede empujar la carga por baja potencia. El operador para el equipo	
		1703	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Falla en Inyector /Solenoides del Inyector/ Arnes del Inyector abierto o en corto		
		1704	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Switch de aceleracion no funciona / Arnes del Switch abierto o en corto		
		1705	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Sensor de posicion del desacelerador no funciona / Arnes del Sensor abierto o en corto		
		1706	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Sensor de Presion Atmosferica no funciona / Arnes del Sensor abierto o en corto		
		1707	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Sensor de Velocidad y tiempo no funciona / Arnes del Sensor Abierto o en Corto		
		1708	Baja Potencia por Problemas EléctricosArnes de Motor Abierto o en Corto		
		1709	Baja Potencia por Problemas Eléctricos Falla Interna del EMC		
		1710	Motor no gira por problemas Eléctricos Baterías descargadas		El Motor no gira, se debe traer el equipo al taller para evaluacion
		1711	Motor no gira por problemas Eléctricos Motores de Arranque Abierto en Corto		
		1712	Motor no gira por problemas Eléctricos Arnes de Motor Abierto o en Corto		
		1713	Motor no gira por problemas Eléctricos Arnes de Circuito de Arranque Abierto o en Corto		
		1714	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos Arnes de Motor Abierto o en Corto - Instalacion Incorrecta	El Motor no trabaja correctamente el operador para el equipo	
		1715	Inyector /Solenoides del Inyector/ Arnes del Inyector abierto o en corto		
		1716	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos Falla Interna del EMC		
		1717	Motor Gira pero no Arranca por Problemas Eléctricos Configuracion erronea del ECM	Aparece Alarma de temperatura en el tablero, el operador para el equipo	
		1718	Alta Temperatura de Motor / Transmision / Hidraulico por Problemas Eléctricos Sensor de Temperatura de dañado		
		1719	Problemas Eléctricos Arnes de Sensor Abierto o en Corto - Instalacion Incorrecta		
		1720	Alta Temperatura de Motor / Transmision / Hidraulico por Problemas Eléctricos Indicador de Temperatura Abierto o en Corto	Aparece la alma de indicador de Nivel de Combustible, el operador para el equipo	
		1721	Indicador de Nivel de combustible Abierto en corto		
		1722	Luces no Funcionan Arnes de Luces Abierto o en Corto / Daño en Lmparas / Daño en Switch	En turno nocturno el operador pierde visibilidad por la falta de luces y para el equipo	
		1723	Corto en la Fusiblera	El operador no observa ninguna señal de alarma en el tablero, para el equipo	
		1724	Pito No funciona Arnes de Pito Abierto o en Corto / Daño en Pito / Daño en Switch	El Operador No para le equipo, esto se reusa el PM	
		1725	Alarma de Retroceso no Funciona Arnes de Alarma Abierto o en Corto / Daño en Alarma / Daño en Switch	El operador no observa ninguna señal de alarma en el tablero, para el equipo	
		1726	Luces de Tablero - Alarmas No funcionan /Corto en el tablero Arnes de Tablero Abierto o en Corto / Daño en Luces de tablero		
		1727	Alarma de 5 voltios Arnes de Motor Abierto o en Corto - Instalacion Incorrecta	El Motor no trabaja correctamente el operador para el equipo	
		1728	Problema de Incliancion de la hoja topadora Arnes de Careta Abierto o en Corto - Instalacion Incorrecta	El operador no puede inclianr la hoja topadora y para ele quipo	
		1729	Impulsdricos Abierto o en Corto / Daño en Motores / Daño en Switch	En dias lluviosos el operador para el equipo al perder la visibilidadL	
		1730			

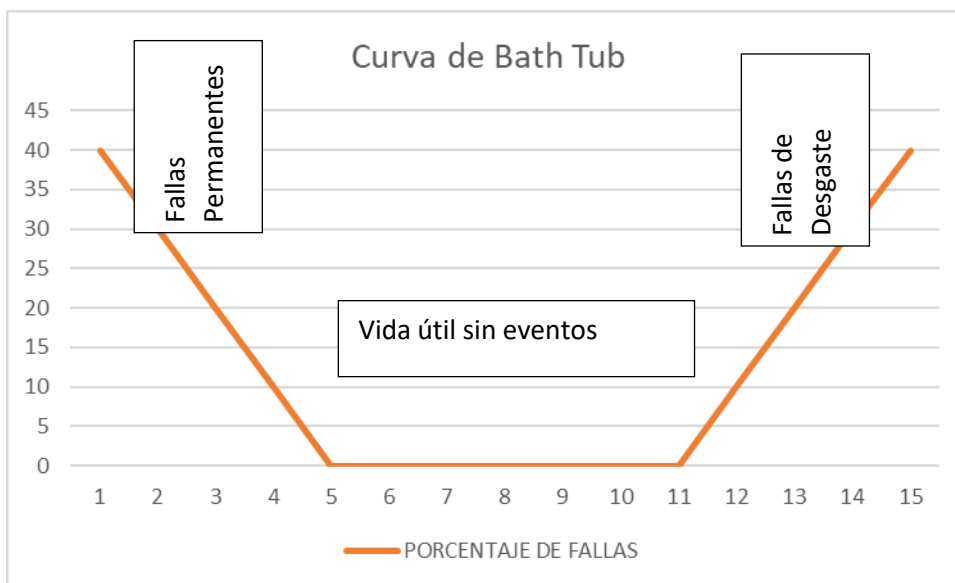
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Falla en el Sistema Estructural

Cod. MF	Modo de Falla NIVEL I	Cod. MF II	Modo de Falla Nivel II	Descripción Efectos
1800	Falla en la Estructura del Soporte	1801	Estructura y/o tornillos ROPS Partidos	En caso de volcamiento la estructura ROPS puede fallar y no proteger la vida del operador


Fuente: Elaboración Propia

Así mismo de acuerdo con la curva BATH-TUB, podemos advertir que la máquina perforadora requiere el RCM. A continuación, presentamos dicha curva.



En atención a todo ello procederemos a elaborar el Plan de Mantenimiento para cada máquina:

Tabla 19: Programa de Mantenimiento UDR - 650

					PROGRAMA DE MANTENIMIENTO UDR - 650				
Unidad: _____					Horómetro: _____			PE _-_____	
Responsable: _____					Próximo cambio: _____			Fecha / / _____	
D I A R I O	2	4	2	4	PROCEDIMIENTO	SISTEMA	REPUESTOS		
	0	0	0	0					
	H	H	H	H					
	R	R	R	R					
	S	S	S	S					
					Cambio de aceite	Motor Cummins 6C8.3	SAE 15W40	Mobil	
					Cambio filtro aceite	Motor Cummins 6C8.3	LF 3000	Fleetguard	
					Cambio de filtro separador de agua	Motor Cummins 6C8.3	P552020	Donaldson	
X					Revisar nivel de aceite	Motor Cummins 6C8.3			
X					Revisar presión de aceite	Motor Cummins 6C8.3			
X					Revisar temperatura de motor	Motor Cummins 6C8.3			
X					Revisar nivel anticongelante	Radiador de motor Cummins	Escompleat premezclado	Fleetguard	
X					Revisar presión y nivel de aceite	Tanque hidráulico			
X					Inspeccionar mangueras de radiador	Motor Cummins 6C8.3			
					Inspeccionar faja de ventilador	Ventilador Motor Cummins			
					Revisar estado de filtro de aire	Motor Cummins 6C8.3	AF820M / AF 420M	Fleetguard	
					Inspeccionar respiraderos	Cabezal De Rotación			
X					Revisar nivel de aceite	Cabezal De Rotación	SAE 80W90	Mobil	
					Cambio de aceite de reductor	Huinche Wireline	SAE 80W90	Mobil	
					Revisar rodillo y guía	Huinche principal			
X					Engrasar chumaceras	Huinche Wireline	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
					Revisar e inspeccionar	Huinche principal y wireline			
X					Engrasar ejes	Pivote del mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
					Engrasar poleas de mástil	Mástil de maquina	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
					Engrase de deslizadores de máquina	Gatos Hidráulicos			
					Engrasar Pasadores	Cilindro levante mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
X					Limpiar y engrasar rodillos de deslizamiento	Mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
X					Revisión e inspección de guardas de protección de equipo	Guardas de protección			
X					Inspección de escaleras de plataforma y mástil	Escaleras para plataforma			
					Inspeccionar Y Engrasar Cables	Huinche principal	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
X					Limpiar y engrasar	Grampa de pie hidráulico	Mobilgrease XHP 222	Mobil	
X					Limpiar y engrasar	Chuck Hidráulico	Mobilgrease XHP222	Mobil	
					Revisión e Inspección	Caja de Cambios Funk			
X					Revisión de luminarias de maquina	Sistema eléctrico			
X					Revisar funcionamiento de parada de emergencia	Sistema eléctrico			
					Revisión inspección de caja Lock out	Sistema Eléctrico			
					Revisión de sistema de arranque de motor	Motor Cummins 6C8.3			
					Revisar nivel de electrolito de batería	Sistema Eléctrico			
X					Revisión de fugas de aceite hidráulico	Sistema Hidráulico			
X					Drenado del tanque de compresor	Motor Cummins 6C8.3			
					Revisión de tanque presurizado de aire	Sistema Hidráulico			
					Revisar sistema de carga de motor	Motor Cummins 6C8.3			
X					Inspeccionar mangueras hidráulicas	Sistema Hidráulico			

		Cambio de filtro de combustible primario	Motor Cummins 6C8.3	FF 5052	Fleetguard
		Cambio de filtro de combustible secundario	Motor Cummins 6C8.3	FS 1280	Fleetguard
		Cambio de filtro de agua	Motor Cummins 6C8.3	WF2071	Fleetguard
		Cambio de filtro de aire primario	Motor Cummins 6C8.3	AF 424M	
		Cambio de filtro de aire secundario	Motor Cummins 6C8.3	AF 820M	Fleetguard
		Cambio de aceite	Cabezal De Rotación	SAE 80W90	Mobil
		Cambio de filtro de aceite	Cabezal De Rotación	LF 4056	Fleetguard
		Cambiar filtro respiradero	Sistema Hidráulico	P171701	Donaldson
		Inspeccionar tensión de cadena	Cabezal de rotación	SAE 80W90	Mobil
		Cambio de aceite	Caja funk	SAE80W90	Mobil
		Cambio de aceite	Huinche principal	SAE 80W90	Mobil
		Cambio aceite	Bomba de agua	SAE 15W40	Mobil
		Cambiar filtros de alta presión	Sistema Hidráulico	P164174	Donaldson
		Cambiar filtros de alta presión	Sistema Hidráulico	P174249	Donaldson
		Cambiar filtros de retorno	Sistema Hidráulico	P551551	Donaldson
		Cambiar filtros de retorno	Sistema Hidráulico	P550387	Donaldson
		Cambiar Respiraderos	Sistema Hidráulico		
		Cambiar Aceite	Sistema Hidráulico	DTE 24	Mobil
		Limpieza tanque	Sistema Hidráulico		
		Cambiar Refrigerante	Radiador Motor Cummins	Escompleat premezclado	Fleetguard
		Revisar turbocompresor	Motor Cummins 6C8.3		
		Revisión e inspección de bomba de inyección	Motor Cummins 6C8.2		
		Cambio de bomba de combustible	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de retenes delantero y posterior de cigüeñal	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de rodaje de masa ventilador	Motor Cummins 6C8.3		
		Calibración de válvulas	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de bomba de agua	Motor Cummins 6C8.3		
		Revisión e inspección de templador de faja ventilador	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de termostatos	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de faja ventilador	Motor Cummins 6C8.3		
		Cambio de empaques en general	Motor Cummins 6C8.3		
		Eliminar fugas de aceite	Motor Cummins 6C8.3		
		Revisión e inspección de actuadores hidráulicos	Sistema Hidráulico		
		Cambio de mangueras hidráulicas averiadas por nuevas	Sistema Hidráulico		
		Reparación Huinche principal	Huinche principal		
		Reparación de Huinche Wireline	Huinche Wireline		
		Reparación de bomba de agua	Bomba de lodos		
		Reparación de Chuck hidráulico	Cabezal de rotación		
		Reparación de cabezal de Rotación	Cabezal de rotación		
		Reparación de base del cabezal de rotación	Cabezal de rotación		
		Reparación de caja funk	Caja Funk		
		Reparación de caja de cambios Funk	Cabezal de rotación		
		Reparación de arrancador	Motor Cummins 6C8.3		
		Reparación de alternador	Motor Cummins 6C8.3		
		Mantenimiento de radiador	Motor Cummins 6C8.3		
		Mantenimiento enfriador de aceite	Sistema Hidráulico		
		Revisión de canaleta superior e inferior	Mástil		
		Revisión general de sistema Lock out	Sistema Eléctrico		
		Reparación de cableado general de equipo	Sistema Eléctrico		
		Reparación de poleas	Mástil		
		Reparación de Grampa de pie hidráulico	Grampa de pie hidráulico		
		Lavado y limpieza	Tanque de combustible		
		Lavado y limpieza	Tanque Hidráulico		
		Revisión de Plato Adaptador	Acople de Motor-Bombas Hyd.		

Tabla 20: Programa de Mantenimiento DE-740



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
DE - 740**

Unidad: _____	Horómetro : _____	PE _ - _____
Responsable: _____	Próximo cambio: _____	Fecha _ / _ / _

DIARIO	200 HRS	400 HRS	2000 HRS	4000 HRS	PROCEDIMIENTO	SISTEMA	REPUESTOS	
					Cambio de aceite	Motor Cummins QSB 6,7	SAE 15W40	Mobil
					Cambio filtro aceite	Motor Cummins QSB 6,7	LF-3970	Fleetguard
					Cambio de filtro separador de agua	Motor Cummins QSB 6,7	FS-19785	Fleetguard
X					Revisar nivel de aceite	Motor Cummins QSB 6,7		
X					Revisar presión de aceite	Motor Cummins QSB 6,7		
X					Revisar ventilación de enfriamiento	Motor Cummins QSB 6,7		
X					Revisar temperatura de motor	Motor Cummins QSB 6,7		
X					Revisar nivel anticongelante	Radiador de motor Cummins	Escompleat premezclado	Fleetguard
X					Revisar presión y nivel de aceite	Tanque hidráulico		
X					Inspeccionar mangueras de radiador	Motor Cummins QSB 6,7		
					Inspeccionar faja de ventilador	Ventilador Motor Cummins		
					Revisar estado de filtro de aire	Motor Cummins QSB 6,7	AF25962 /AF25963	Fleetguard
					Inspeccionar respiraderos	Cabezal de rotación		
X					Revisar nivel de aceite	Cabezal de rotación	SAE80W90	Mobil
					Revisión e inspección	Huinche principal	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Revisar Rodillo y Guía	Huinche principal		
X					Engrasar e inspeccionar	Huinche Wireline	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Revisar e inspeccionar	Huinche Wireline		
X					Engrasar Ejes	Pivote del mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Engrasar poleas de mástil	Mástil de maquina	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Limpiar y engrasar rodillos de deslizamiento	Mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Revisión e inspección de guardas de protección de equipo	Guardas de protección		
					Inspeccionar y engrasar cables	Huinche principal	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Revisión y engrase de prensa inferior	Grampa de pie hidráulico	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Limpiar y engrasar	Chuck Hidráulico	Mobilgrease XHP222	Mobil
					Revisión e Inspección	Caja de Cambios Funk		
X					Revisar funcionamiento de paradas de emergencia	Sistema eléctrico		
					Revisión e inspección de caja Lock out	Sistema Eléctrico		
X					Revisión de luminarias de maquina	Sistema eléctrico		
					Revisión de sistema de arranque de motor	Motor Cummins QSB 6,7		
					Revisar nivel de electrolito de batería	Sistema Eléctrico		
X					Revisión de fugas de aceite hidráulico	Sistema Hidráulico		
					Revisar sistema de carga de motor	Motor Cummins QSB 6,7		
X					Inspeccionar mangueras hidráulicas	Sistema Hidráulico		

	Cambio de filtro de aire primario	Motor Cummins QSB 6,7	AF 25962	Fleetguard
	Cambio de filtro de aire secundario	Motor Cummins QSB 6,7	AF 25963	Fleetguard
	Inspección de tensión de cadena	Cabezal de rotación		
	Cambio de aceite	Cabezal de rotación	SAE 80W90	Mobil
	Cambio de filtro de aceite	Cabezal de rotación	LF 4056	Fleetguard
	Cambio de aceite	Huinche principal	SAE 80W90	Mobil
	Cambio de aceite	Bomba de agua	SAE 15W40	Mobil
	Cambiar filtros de retorno	Sistema Hidráulico	V21217-362	Argos hytos
	Cambiar respiraderos	Sistema Hidráulico		
	Cambiar Aceite	Sistema Hidráulico	DTE 24	Mobil
	Limpieza tanque	Sistema Hidráulico		
	Cambiar Refrigerante	Radiador Motor Cummins	Escompleat premezclado	Fleetguard
	Revisar turbocompresor	Motor Cummins QSB 6,7		
	Revisión e inspección de bomba de inyección	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de bomba de combustible	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de retenes delantero y posterior de cigüeñal	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de rodaje de masa ventilador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Calibración de válvulas	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de bomba de agua	Motor Cummins QSB 6,7		
	Revisión e inspección de templador de faja ventilador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de termostatos	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de faja ventilador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Cambio de empaques en general	Motor Cummins QSB 6,7		
	Eliminar fugas de aceite	Motor Cummins QSB 6,7		
	Revisión e inspección de actuadores hidráulicos	Sistema Hidráulico		
	Cambio de mangueras hidráulicas averiadas por nuevas	Sistema Hidráulico		
	Reparación huinche principal	Huinche principal		
	Reparación huinche wireline	Huinche Wireline		
	Reparación de bomba de agua	Bomba de lodos		
	Reparación de Chuck hidráulico	Cabezal de rotación		
	Reparación de cabezal de rotación	Cabezal de rotación		
	Reparación de base del cabezal de rotación	Cabezal de rotación		
	Reparación de caja de cambios funk	Cabezal de rotación		
	Reparación de arrancador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Reparación de alternador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Mantenimiento de radiador	Motor Cummins QSB 6,7		
	Mantenimiento enfriador de aceite	Sistema Hidráulico		
	Revisión e inspección de la estructura	Mástil		
	Revisión general de sistema Lock out	Sistema Eléctrico		
	Revisión de sensores de motor	Sistema eléctrico		
	Reparación de cableado general de equipo	Sistema Eléctrico		
	Reparación de poleas	Mástil		
	Revisión e inspección de acumulador de gas comprimido	Prensa inferior		
	Lavado y limpieza	Tanque de combustible		
	Lavado y limpieza	Tanque Hidráulico		
	Revisión de Plato Adaptador	Acople de Motor-Bombas Hyd.		

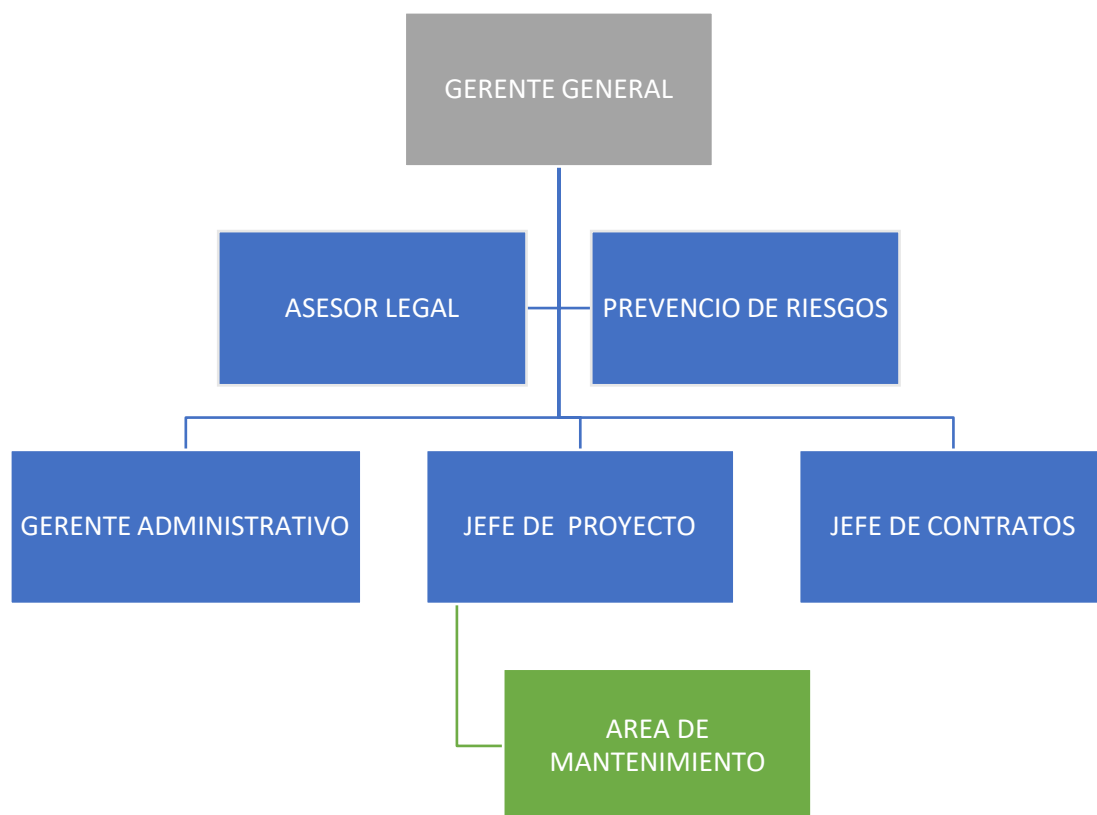
Tabla 21: Programa de Mantenimiento DE-710

					PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE - 710			
Unidad: _____					Horómetro: _____		PE - _____	
Responsable: _____					Próximo cambio: _____		Fecha _ / _ / _	
D I A R I O	2	4	2	4	PROCEDIMIENTO	SISTEMA	REPUESTOS	
	0	0	0	0			H	H
	0	0	0	0				
	H	H	H	H				
	R	R	R	R				
	S	S	S	S				
					Cambio de aceite	Motor Jhon Deere JD6068TF250	SAE 15W40	Mobil
					Cambio filtro aceite	Motor Jhon Deere JD6068TF250	P551352	Donaldson
					Cambio de filtro separador de agua	Motor Jhon Deere JD6068TF250	P552020	Donaldson
X					Revisar nivel de aceite	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
X					Revisar presión de aceite	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
X					Revisar ventilación de enfriamiento	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
X					Revisar temperatura de motor	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
X					Revisar nivel anticongelante	Radiador de motor Jhon Deere	Escompleat premezclado	Fleetguard
X					Revisar presión y nivel de aceite	Tanque hidráulico		
X					Inspeccionar mangueras de radiador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
					Inspeccionar faja de ventilador	Ventilador Motor Jhon Deere		
					Revisar estado de filtro de aire	Motor Jhon Deere JD6068TF250	P182035	Donaldson
					Inspeccionar respiraderos	Cabezal de rotación		
X					Revisar nivel de aceite	Cabezal de rotación	SAE 80W90	Mobil
X					Limpiar y engrasar Chuck hidráulico	Cabezal de rotación	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Revisar y lubricar	Huinche Wireline	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Revisión e inspección de guidores y seguro	Huinche principal		
X					Engrasar Ejes	Pivote del mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Engrase de deslizaderos	Gatos hidráulicos	Mobilgrease XHP 222	Mobil
					Engrasar poleas de mástil	Mástil de maquina	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Engrasar Pasadores	Cilindro levante mástil	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Revisión e inspección de guardas de protección de equipo	Guardas de protección		
X					Inspección de escaleras de plataforma y mástil	Escalera para equipo		
					Inspeccionar y engrasar cables	Huinche principal	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Revisión y engrase de grampa de pie	Grampa de pie hidráulico	Mobilgrease XHP 222	Mobil
X					Limpiar y engrasar	Prensa superior	Mobilgrease XHP222	Mobil
X					Revisión de luminarias de maquina	Sistema eléctrico		
X					Revisar funcionamiento de paradas de emergencia	Sistema eléctrico		
					Revisión e inspección de caja Lock out	Sistema eléctrico		
					Revisión de sistema de arranque de motor	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
X					Revisión de fugas de aceite hidráulico	Sistema Hidráulico		
					Revisar sistema de carga de motor	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
					Revisar nivel de electrolito de batería	Sistema eléctrico		
X					Inspeccionar mangueras hidráulicas	Sistema Hidráulico		

		Cambio filtro de combustible	Motor Jhon Deere JD6068TF250	P550351	Donaldson
		Cambio filtro de aire	Motor Jhon Deere JD6068TF250	P182035	Donaldson
		Cambio de aceite	Cabezal de rotación	SAE 80W90	Mobil
		Cambio filtro de aceite	Cabezal de rotación	P551553	Donaldson
		Cambio de aceite	Huinche principal	SAE 80W90	Mobil
		Cambio aceite	Bomba de agua	SAE 15W40	Mobil
		Revisar dentado de los engranajes	Cabezal de rotación	SAE80W90	Mobil
		Cambiar filtro respiradero	Sistema Hidráulico	P550338	Donaldson
		Cambiar filtros de retorno	Sistema Hidráulico	P170619	Donaldson
		Cambiar Respiraderos	Sistema Hidráulico		
		Cambiar Aceite	Sistema Hidráulico	DTE 24	Mobil
		Limpieza tanque	Sistema Hidráulico		
		Cambiar Refrigerante	Radiador Motor Jhon Deere	Escompleat premezclado	Fleetguard
		Revisar turbocompresor	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Revisión e inspección de bomba de inyección	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de bomba de combustible	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de retenes delantero y posterior de cigüeñal	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de rodaje de masa ventilador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Calibración de válvulas	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de bomba de agua	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Revisión e inspección de templador de faja ventilador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de termostatos	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de faja ventilador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Cambio de empaques en general	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Eliminar fugas de aceite	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Revisión e inspección de actuadores hidráulicos	Sistema Hidráulico		
		Cambio de mangueras hidráulicas averiadas por nuevas	Sistema Hidráulico		
		Reparación Huinche principal	Huinche principal		
		Reparación de huinche wireline	Huinche Wireline		
		Reparación de bomba de agua	Bomba de lodos		
		Reparación de prensa superior	Cabezal de rotación		
		Reparación de cabezal de rotación	Cabezal de rotación		
		Reparación de Chuck hidráulico	Cabezal de rotación		
		Reparación de base del cabezal de rotación	Cabezal de rotación		
		Reparación de arrancador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Reparación de alternador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Mantenimiento de radiador	Motor Jhon Deere JD6068TF250		
		Mantenimiento enfriador de aceite	Sistema Hidráulico		
		Revisión e inspección de la estructura	Mástil		
		Revisión general de sistema Lock out	Sistema Eléctrico		
		Reparación de cableado general de equipo	Sistema Eléctrico		
		Reparación de poleas	Mástil		
		Reparación de grampa de pie hidráulico	Grampa de pie hidráulico		
		Lavado y limpieza	Tanque de combustible		
		Lavado y limpieza	Tanque Hidráulico		
		Revisión de Plato Adaptador	Acople de Motor-Bombas Hyd.		

Para lograr que el Plan de Mantenimiento se efectivice, es necesario la modificación del Organigrama de la Empresa donde se deberá incluir al Área de Mantenimiento, de la siguiente forma:

Figura 39: Organigrama Institucional Consorcio JM SAC incluyendo al Área de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

El Área de Mantenimiento estará conformada por:

- Jefe del Área de Mantenimiento
- Operario

En el siguiente cuadro mostramos la inversión económica anual que involucra contar con esta Área:

Tabla 22: Inversión para incluir el Área de Mantenimiento en el Organigrama de la empresa

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
JEFE DEL AREA DE MANTENIMIENTO	1	48000	48000,00
OPERARIO	1	36000	36000,00
IMPRESIONES	100	0,50	50,00
		TOTAL	84050,00

Fuente: Elaboración Propia

Luego tendremos que implementar el Taller, para lo cual se requiere el siguiente presupuesto:

Tabla 23: Presupuesto para implementar el Taller

ITEM	DESCRIPCION	CODIGO	CANT	P.UNIT	TOTAL S/.
1	Llave torque para 75 Lbs. pie y 150 Lbs Pie.	458	1	1200	1200
2	Aceitera	9734	1	600	600
3	Llave punta corona de ¼	713099	1	110	110
4	Llave punta corona 9/16	22756	1	120	120
5	Dado allen de 3/8	53324	1	55	55
6	Dado allen de ¼	52860	1	65	65
7	Alicate saca seguros exterior para 150 mm	6002	1	75	75
8	Alicate saca seguros exterior para 46 mm	23886	1	45	45
9	Alicate saca seguros interior para 130 mm	23888	1	55	55
10	Llave de trinquete cuadrante de ½	23830	1	50	50
11	Extensión de 9" cuadrante de ½	23831	1	68	68
12	Maseta plástica de 5 libras o mas	1078	1	250	250
13	Dispositivo para la instalación de pistas de desgaste	90612	1	55	55
14	Dispositivo para la instalación de sellos tipo retenes	3542	1	200	200
15	Traba química para pernos de alto torque	259	1	35	35
16	Traba química para rodamientos	263	1	45	45
17	Lubricante tipo " Anti Size"	7648	1	45	45
18	Pistola 1" TRUPER	1649	1	2600	2600
19	Compresora d DE AIRE 5HP 175 STONE	4672	1	2800	2800
20	Engrasadora LINCOLN	7510	1	2400	2400
21	Bomba Manual de Transvase	5478	1	380	380
22	Pistola de Soplado STANLEY	1002	1	45	45
23	Bomba de Abastecimiento de Aceite SAOMA	8732	1	1500	1500
24	Multitester Digital TRUPER	491	1	250	250
25	Tetra Gauge MIN 14.5PSI MAX 5800 PSI	3791	1	3450	3450
26	Tornillo Banco 6" TRUPER	2490	1	580	580
27	Esmeril Portatil BLACK&DECKER	7803	1	420	420
28	Rectificador STANLEY	74400	1	280	280
29	Taladro Portatil BLACK&DECKER	1914	1	280	280
30	Gata Hidráulica 35TN	50030	1	390	390
31	Grillete 3"	1002	2	180	360
32	Eslinga 3"	470	2	190	380
33	Boquilla de Engrase SAOMA	2200	10	45	450
34	Engrasador Hidráulico Recto SAOMA	28191	20	10	200
35	Circulina Naranja 12/24v	20001	2	400	800
36	CAJA DE ORINGS STP	20222	1	450	450
37	Cinta Aislante TRUPPER	10010	5	4	20
38	Borne (-) Negativo de Bateria	553	5	5	25
39	Borne (+) Positivo de Bateria	551	5	5	25
40	Trabador de Perno LOCTITE	530	2	125	250
41	Desoxidante / Aflojo Todo WURT	658	2	35	70
TOTAL S/.					21478

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, el presupuesto que involucra la implementación del Plan de Mantenimiento es de:

Tabla 24: Presupuesto del Plan de Mantenimiento

COSTO AL INICIO DE IMPLANTACIÓN	
DESCRIPCIÓN	COSTO S/.
1º PASO – COMPROMISO Y ANUNCIO DE LA ALTA GERENCIA SOBRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO	500,00
2º PASO – CAMPAÑA DE EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN DEL MÉTODO	9225,00
3º PASO – CREACIÓN DE ORGANIZACIONES PARA PROMOVER EL MANTENIMIENTO TOTAL	84050,00
4º PASO – POLÍTICA BÁSICA Y METAS DEL MANTENIMIENTO TOTAL.	50,00
5º PASO – SELECCIÓN DEL ÁREA PARA EL PLAN PILOTO.	100,00
6º PASO – INICIO DE LA IMPLANTACIÓN	100,00
7º PASO – OBTENCIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES.	100,00
8º PASO – MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.	21628,00
9º PASO – MANTENIMIENTO PLANEADO	90200,00
10º PASO – FORMACIÓN DEL PERSONAL EN EL CONOCIMIENTO TÉCNICO DE MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.	1000,00
TOTAL	206953,00

COSTO POSTERIOR A LA IMPLANTACIÓN	
DESCRIPCIÓN	COSTO S/.
3º PASO – CREACIÓN DE ORGANIZACIONES PARA PROMOVER EL MANTENIMIENTO TOTAL	84050,00
8º PASO – MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.	21628,00
9º PASO – MANTENIMIENTO PLANEADO	90200,00
TOTAL	195878,00

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo 2 presentamos el detalle de dichos Costos.

Tabla 25: Resumen de la Inversión para implementar y poner en funcionamiento el Plan de Mantenimiento

COSTO	S/.
COSTO AL INICIO DE IMPLANTACIÓN	206953,00
COSTO POSTERIOR A LA IMPLANTACIÓN	195878,00
TOTAL	402831,00

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Evaluar los resultados de optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras

Para evaluar los resultados de optimizar la gestión del mantenimiento de las máquinas perforadoras, hacemos uso de la evaluación económica, para lo cual utilizaremos una tasa de interés de 12%. En la siguiente tabla presentamos los resultados obtenidos:

Tabla 26: Evaluación Económica

	AÑOS								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
EGRESOS	-206953,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00
Costo por inicio de la implantación	-206953,00								
Costo posterior a la implantación		-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00	-195878,00
INGRESOS		563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00
Ahorro por las Horas inoperativas del total de las máquinas		563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00	563100,00
BENEFICIOS NETOS	-206953,00	367222,00	367222,00	367222,00	367222,00	367222,00	367222,00	367222,00	367222,00

VAN	1617273,61
TIR	177%

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se ha calculado la nueva Disponibilidad de las Máquinas Perforadoras, la misma que presentamos en la siguiente Tabla:

Tabla 27: Disponibilidad Final

MARCA	EQUIPOS	AÑO	REGISTRO					DISPONIBILIDAD FINAL
			T. PROG. (h/año)	T. REAL (h/año)	T. PARADA (h/año)	T. OPTIMO 90% (h/año)	T. PREVENTIVO 10% (h/año)	
SANDVIK	UDR 650 JM 01	2010	8030	6387,5	1642,5	7227,0	803,0	90,00
SANDVIK	UDR 650 JM 02	2010	8030	6935,0	1095,0	7227,0	803,0	90,00
SANDVIK	DE 710 JM 04	2012	6050	5225,0	825,0	5445,0	605,0	90,00
SANDVIK	DE 710 JM 07	2014	6710	4575,0	2135,0	6039,0	671,0	90,00
SANDVIK	DE 710 JM 11	2015	4015	3832,5	182,5	3613,5	401,5	90,00
SANDVIK	DE 740 JM 05	2012	8030	7300,0	730,0	7227,0	803,0	90,00
TOTAL			40865	34255,0	6610,0	36778,5	4086,5	90,00

Fuente: Elaboración Propia

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La empresa CONSORCIO JM SAC se ha especializado en la ejecución de proyectos de exploración minera aplicando métodos de perforación diamantina y perforación con circulación reversa. No cuenta con un Organigrama Formal, por lo que el mantenimiento lo realiza un Mecánico que depende directamente del Gerente General de la empresa. Se cuenta con 06 Máquinas Perforadoras marca SANDVIK, cuyos años de fabricación oscilan entre el año 2010 y 2015 (Ver Tabla 5) y su Disponibilidad está entre 68,18% y 95,45% (Ver Tabla 6), tienen un promedio de 6610 horas paradas al año, lo que origina a la empresa un costo real por alquiler de maquinaria de S/. 844650,00 al año para suplir a las máquinas paradas.
- Para optimizar la gestión del mantenimiento de las Máquinas Perforadoras se ha optado por implementar el Mantenimiento Basado en la Confiabilidad en concordancia con el Mantenimiento Productivo Total.
- Se propuso implementar un Plan de Mantenimiento para las Máquinas Perforadoras, el monto que involucra su implantación es de S/. 402831,00, de los cuales S/. 206953,00 es al inicio de implantación y S/. 195878,00 posterior a la implantación.
- Como resultado de optimizar la gestión del mantenimiento de las Máquinas Perforadoras se obtiene un Valor Actual Neto de S/. 1617273,61 y una Tasa de Interés Retorno de 177%, además la Disponibilidad de dichas máquinas será de 90% como mínimo.

6.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio similar para el resto de las máquinas que posee la empresa.
- Impartir cursos de capacitación al personal de mantenimiento para lograr mantener un alto nivel técnico de conocimiento y cumplir a cabalidad con las actividades de una manera eficiente.
- Establecer una distribución del personal apropiada de acuerdo con la actividad de mantenimiento que se vaya a realizar, con el fin de evitar el conglomerado excesivo del personal.

- Ejecutar el programa de mantenimiento propuesto, para llevar un control adecuado de cada una de las máquinas, obteniendo el máximo rendimiento de estas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- [1] G. Becerra y J. Paulino, El análisis de confiabilidad como herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de flotación en un centro minero, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- [2] M. Apolinario, Estimación de la confiabilidad en equipos mediante el análisis de Weibull., Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2008.
- [3] I. Alva, Estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una mina subterránea, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009.
- [4] J. Vásquez, Implementación de Mejora en el área de mantenimiento aplicando procesos de análisis estadísticos probabilísticos, para la reducción de las fallas catastróficas de los motores y ahorro de costos en la flota de camiones gigantes Caterpillar, Caterpillar, 2011.
- [5] E. Becerra y M. Serrano, Estrategia de Mantenimiento para la Flota de Tractores Camiones de la empresa de Transportes Líquidos de Colombia SA, Colombia, 2009.
- [6] J. Martínez, Propuesta para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos basado en un análisis de causa raíz, Ecuador, 2009.
- [7] S. Valera, Implantación de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Retesa S.A, Chile, 2013.
- [8] G. Costta y J. Guevara, "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú Zonal norte, basado en la metodología Ishikawa -Pareto, Perú, 2015.
- [9] N. Calderon, Mejora de tiempo de operatividad de camiones volquetes en proyectos de mantenimiento vial, utilizando teoría de confiabilidad en un sistema simulado, Lima, Perú, 2014.
- [10] M. Tello, Propuesta de Mejora en el proceso de Mantenimiento Preventivo y Correctivo del sistema eléctrico de los camiones gigantes CAT para disminuir las paradas no programadas por eventos de este sistema en el área de operaciones Minera Yanacocha, Lambayeque, 2011.
- [11] M. Rodriguez, Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una empresa minera de Cajamarca, Lambayeque, 2012.
- [12] F. López Sanchez, Mantenimiento de Equipos, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2016.
- [13] B. F, Gestión del Mantenimiento, Madrid: Editorial AENOR, 1999.

- [14] P. Tejedor, *Gestión Integral de Mantenimiento*, Barcelona: Editorial Marcombo, 1997.
- [15] S. García Garrido, *Tipos de Mantenimiento*, Madrid, 2012.
- [16] R. Vilcarromero Ruiz, *La Gestión en la Producción*, Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2017.
- [17] R. Guevara Chichay, *Ingeniería de Mantenimiento*, Lima, 2017.
- [18] S. García Garrido, *Las Auditorias de Mantenimiento*, Lima, 2012.
- [19] C. A. Díaz, «Ingeniería y Gerencia XXI,» 19 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://ingenieriygerenciaxxi.blogspot.com/2012/07/metodo-de-las-5-m.html>.
- [20] EXPLOMIN, «Explomin Perforaciones,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.explomin.com/servicio/perforacion-diamantina-2/>.
- [21] L. F. Sanchez Godoy, C. G. Rosas Jiménez y C. L. Pavez Vega, *Perforación Diamantina*, Santiago, 2016.
- [22] Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres., «Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica,» Lima, 1992.
- [23] Boart Longyear S.A.C., *MANUAL DE CAMPO: Perforación Diamantina*, Lima, 2013.
- [24] N. D. S. Mfr., «N&N Drilling,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.nndrilling.com/es/product-line/drill-rod-and-accessories>.
- [25] B. B. Diamantina, *Manual Técnico de Perforista*, Lima, 2016.

VIII. ANEXOS

ANEXO 01

Fichas Técnicas de cada una de las Máquinas

Perforadoras



SANDVICK
de710.pdf



SANDVICK
de740.pdf



Manual Operación
UDR650.pdf



Manual partes
UDR650_121.pdf

ANEXO 02

Desagregado de los Costos de Mantenimiento

1° PASO – COMPROMISO Y ANUNCIO DE LA ALTA GERENCIA SOBRE EL PLAN DE MANTENIMIENTO 500,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO S././UND	COSTO S./.
IMPRESIONES	1000	0,50	500,00

2° PASO – CAMPAÑA DE EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN DEL MÉTODO 9225,00**COSTO POR DIFUSIÓN DEL MÉTODO**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO S././UND	COSTO S./.
AFICHES INFORMATIVOS	50	2,00	100,00
TRIPTICOS	50	3,00	150,00
GIGANTOGRAFÍAS	3	400,00	1200,00
TOTAL			1450,00

COSTO POR CAPACITACIÓN

TEMAS	CANTIDAD DE PARTE.	DURACIÓN	COSTO S././h	DÍAS DE CAP.	COSTO PARCIAL S./.	COSTO TOTAL S./.
Curso sobre 5 S's	4	2	115,00	1	230,00	575,00
Definición de la filosofía del TPM	4	2	115,00		230,00	
Efectividad Global de los Equipos (EGE)	4	1	115,00		115,00	
Indicadores de Mantenimiento	4	2	115,00	1	230,00	690,00
Control Estadístico de Mantenimiento	4	2	115,00		230,00	
Proceso de implementación	4	2	115,00		230,00	
Curso de Mantenimiento total para personal de producción						
Definición de la filosofía del TPM.	4	1	115,00	1	115,00	920,00
Curso sobre 5 S's	4	2	115,00		230,00	
Actividades de los Grupos Autónomos de Mantenimiento.	4	2	115,00		230,00	
Beneficios de la filosofía.	4	1	115,00		115,00	
Programa de implementación.	4	2	115,00	1	230,00	460,00
Adiestramiento sobre seguridad y salud ocupacional	4	4	115,00		460,00	
TOTAL		23		4	2645,00	2645,00

COSTO POR INVERSIÓN DE TIEMPO

CANTIDAD DE PART.	DURACIÓN	DÍAS DE CAP.	COSTO MO S./.	COSTO TOTAL
4	5	1	50	1000
4	6	1	50	1200
4	8	1	50	1600
4	4	1	50	800
TOTAL				4600,00

COSTO POR INSUMOS DE CAPACITACIÓN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S./.	COST. TOTAL S./.
MATERIAL DIDÁCTICO			400,00
FOLLETOS DE CAPACITACIÓN	15	20,00	300,00
LAPICEROS	100	0,80	80,00
IMPRESIONES	100	0,50	50,00
REFRIGERIOS	10	10,00	100,00
TOTAL			530,00

3° PASO – MODIFICACION DEL ORGANIGRAMA PARA PROMOVER EL MANTENIMIENTO TOTAL 84050,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S./.	COSTO S./.
JEFE DEL AREA DE MANTENIMIENTO	1	48000	48000,00
OPERARIO	1	36000	36000,00
IMPRESIONES	100	0,50	50,00
TOTAL			84050,00

4° PASO – POLÍTICA BÁSICA Y METAS DEL MANTENIMIENTO TOTAL. 50,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S./.	COSTO S./.
IMPRESIONES	100	0,50	50,00

5° PASO – SELECCIÓN DEL ÁREA PARA EL PLAN PILOTO. 100,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
IMPRESIONES	200	0,50	100,00

6° PASO – INICIO DE LA IMPLANTACIÓN 100,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
IMPRESIONES	200	0,50	100,00

7° PASO – OBTENCIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES. 100,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
FORMATOS	200	0,50	100,00

8° PASO –MANTENIMIENTO AUTÓNOMO. 21628,00

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE RECURSOS	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
TARJETAS DE COLOR	30	2,00	60,00
FORMATOS DE CONTROL	20	2,00	40,00
CONTENEDORES	2	25	50,00
TOTAL			150,00

COSTOS DE REQUERIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	COSTO \$	COSTO TOTAL \$
INSUMOS PARA EL TALLER (COTIZACION)				
TOTAL				21478,00

9° PASO – MANTENIMIENTO PLANEADO 90200,00

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE RECURSOS	CANTIDAD	COSTO S/.	COSTO TOTAL S/.
FORMATOS	400	0,50	200,00

RESUMEN DE COSTOS POR TIPOS DE MANTENIMIENTOS

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS / ALQUILER	COSTO POR PERDIDAS DE TIEMPO S/.	COSTO TOTAL S/.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO			70000,00
MANTENIMIENTO CORRECTIVO			20000,00

10° PASO FORMACIÓN DEL PERSONAL EN EL CONOCIMIENTO TÉCNICO DE MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS. 1000,00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/UND S/.	COSTO S/.
IMPRESIONES	100	10,00	1000,00

ANEXO 04

Solicitud de Trabajo

DATOS GENERALES					
Fecha de Solicitud		Fecha Ejecución Propuesto			
Solicitante		ST			
Código		Sistema			
Horómetro		Componente			
Equipo/ Marca					
Falla					
Causa		Prioridad	Normal	Urgente	Emergencia
Trabajo a Realizar					
INFORMACION GENERAL					
ITEM	ACTIVIDAD A REALIZAR	RECURSO	HORAS	CANTIDAD	NOMBRE DE PERSONAL
1		MECANICO			
2		ELECTRICISTA			
3		SOLDADOR			
4		LLANTERO			
5		LUBRICADOR			
MATERIALES REQUERIDOS					
ITEM	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	MARCA
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
Observaciones:					
Firma Mecánico	Firma jefe de Taller	Firma jefe de Equipos			

Nota: Adjuntar hoja del manual donde se hace referencia a los números de parte

ANEXO 04:

Plantilla de Mantenimiento de Máquina Perforadora: 250, 500, 1000, 2000 Horas

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINA PERFORADORA (250 horas)			
CÓDIGO EQUIPO:		PLACA - SERIE:	N° DE OT:
OPERADOR:		TURNO: <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> N	HORÓMETRO ACTUAL: _____ FECHA: _____
SUPERVISOR:		DATOS DE MANTENIMIENTO ÚLTIMO:	
ZONA DE TRABAJO:			
ITEM	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN	OK
01	Filtro de aceite de motor (R-0716) / (LF691A) / (R-1808)	Cambiar	
02	Filtro de cabina (6T-0988/6T-5068)	Cambiar	
03	Filtro de Combustible (R-0762)	Cambiar	
04	Filtro Separador (326-1644)	Cambiar	
05	Aceite de motor 15W40 (7.5 Gl)	Cambiar	
06	Filtro de Air Primario (6I-2501)	Limpiar	
07	Sedimentador del tanque de combustible	Drenar	
08	Cojinetes de horquilla del cilindro de levantamiento	Lubrique	
09	Tirante de inclinación manual	Lubrique	
10	Nivel de refrigerante	Revisar / Añadir si es necesario	
11	Nivel de aceite del motor diesel	Revisar / Añadir si es necesario	
12	nivel de agua del limpia parabrisas	Revisar / Añadir si es necesario	
13	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
14	Nivel de aceite de los mandos finales	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES			
_____ _____ _____ _____ _____			
MECÁNICO:		SUPERVISOR / JEFE TALLER:	
_____ _____		_____ _____	
N° DE FOTO CHECK: _____		N° DE FOTO CHECK: _____	

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINA PERFORADORA (500 horas)			
CÓDIGO EQUIPO:		PLACA - SERIE:	Nº DE OT:
OPERADOR:		TURNO: <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> N	HORÓMETRO ACTUAL: FECHA:
SUPERVISOR:		DATOS DE MANTENIMIENTO ÚLTIMO:	
ZONA DE TRABAJO:			
ITEM	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN	OK
01	Filtro de aceite de motor (R-0716) / (LF691A) / (R-1808)	Cambio	
02	Filtro elemento primario de combustible (R-1809)(R-0762)	Cambio	
03	Filtro Separador (326-1644)	Cambio	
04	Filtro de transmisión (R-1809)/(328-3655)	Cambio	
05	Filtro hidráulico Tanque(R-0777)	Cambio	
06	Filtro de Air Primario (6I-2501)	Cambio	
07	Filtro de Air Secundario (6I-2502)	Cambio	
08	Aceite de motor 15W40 (7.5 GI)	Cambie / Tome muestra de aceite	
09	Sedimentador del tanque de combustible	Drenar	
10	Cojinetes de horquilla del cilindro de levantamiento	Lubrique	
11	Tirante de inclinación manual	Lubrique	
12	Nivel de refrigerante	Revisar / Añadir si es necesario	
13	Nivel de aceite del motor diesel	Revisar / Añadir si es necesario	
14	nivel de agua del limpia parabrisas	Revisar / Añadir si es necesario	
15	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
16	Nivel de aceite de los mandos finales	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES			
MECÁNICO:		SUPERVISOR / JEFE TALLER:	
Nº DE FOTOCHECK:		Nº DE FOTOCHECK:	

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINA PERFORADORA (1000 horas)			
CÓDIGO EQUIPO:		PLACA - SERIE:	N° DE OT:
OPERADOR:	TURNO: <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> N	HORÓMETRO ACTUAL:	FECHA:
SUPERVISOR:	DATOS DE MANTENIMIENTO ÚLTIMO:		
ZONA DE TRABAJO:			
ITEM	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN	OK
	Filtro de aceite de motor (R-0716) / (LF691A) / (R-1808)	Cambie	
	Filtro elemento primario de combustible (R-1809)/(R-0762)	Cambie	
	Filtro Separador (326-1644)	Cambie	
	Filtro de transmisión (R-1809)/(328-3655)	Cambie	
	Filtro hidráulico Tanque(R-0777)	Cambie	
	Filtro de Air Primario (6I-2501)	Cambie	
	Filtro de Air Secundario (6I-2502)	Cambie / Tome muestra de aceite	
	Aceite de motor 5W40 (7.5 Gl)	Cambie / Tome muestra de aceite	
	Sedimentador del tanque de combustible	Drenar	
	Bomba de cebado del sistema de combustible	Revisar funcionamiento/ Reparar / Cambiar	
	Cojinetes de horquilla del cilindro de levantamiento	Lubrique	
	Tirante de inclinación manual	Lubrique	
	Nivel de refrigerante .	Revisar / Añadir si es necesario	
	Nivel de aceite del motor diesel.	Revisar / Añadir si es necesario.	
	nivel de agua del limpia parabrisas	Revisar / Añadir si es necesario.	
	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
	Nivel de aceite de los mandos finales	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES			
.....			
.....			
.....			
.....			
MECÁNICO:		SUPERVISOR / JEFE TALLER:	
.....		
N° DE FOTOCHECK:		N° DE FOTOCHECK:	

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINA PERFORADORA (2000 horas)	
CÓDIGO EQUIPO:		PLACA - SERIE:	Nº DE OT:
OPERADOR:	TURNO: <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> N	HORÓMETRO ACTUAL:	FECHA:
SUPERVISOR:	DATOS DE MANTENIMIENTO ÚLTIMO:		
ZONA DE TRABAJO:			
ITEM	DESCRIPCIÓN	ACCIÓN	OK
01	Eje pivot (SAE 50 8.80 GI)	Cambiar	
02	Filtro de aceite de motor (R-0716) / (LF691A) / (R-1808)	Cambiar	
03	Filtro elemento primario de combustible (R-0762)/(R-1809)	Cambiar	
04	Filtro Separador (326-1644)	Cambiar	
05	Filtro de transmisión (R-1809 / 328-3655)	Cambiar	
06	Filtro hidráulico Tanque(R-0777)	Cambiar	
07	Filtro de Air Primario (6I-2501)	Cambiar	
08	Filtro de Air Secundario (6I-2502)	Cambiar	
09	Aceite de motor 15W40 (7.5 GI)	Cambiar / Tome muestra de aceite	
10	Aceite de transmisión (HD30 48 GI)	Cambiar / Tome muestra de aceite	
11	Filtro hidráulico (HD 10W)	Cambiar	
12	Sedimentador del tanque de combustible	Drenar	
13	Calibrar válvula del motor Diesel	Calibrar según datos del fabricante.	
14	Cojinetes de horquilla del cilindro de levantamiento	Lubrique	
15	Tirante de inclinación manual	Lubrique	
16	Nivel de refrigerante	Revisar / Añadir si es necesario	
17	Nivel de aceite del motor diesel.	Revisar / Añadir si es necesario.	
18	nivel de agua del limpia parabrisas	Revisar / Añadir si es necesario.	
19	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
20	Nivel de aceite de los mandos finales	Revisar / Añadir si es necesario / Obtener muestra	
21	Cadenas	Inspeccionar / medir / regular	
22	Rodillos superior e inferiores / rueda guía	Inspeccionar fugas / medir desgaste	
23	Segmentos	Inspeccionar / medir desgaste	
24	Extintor	Inspeccionar / cambiar	
25	Baranda de seguridad	Inspeccionar / reparar	
26	Mangueras del sist. Hidráulico	Inspeccionar / cambiar	
OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES			
MECÁNICO:		SUPERVISOR / JEFE TALLER:	
Nº DE FOTOCHECK:		Nº DE FOTOCHECK:	