

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE  
PERFORACIÓN RADIAL DEL CENTRO MINERO  
CERRO LINDO.**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**JOHN RICHARD BELLO QUINTO**

**PROMOCIÓN 2009 - II**

**LIMA-PERU**

**2014**

**DEDICADO:**

**A mis Abuelos: Nicanor Quinto y Aparicia Toralva, Por sacrificar sus sueños por mí y mis Hermanos.**

**A mis Tíos y Hermanos: Por comprenderme todos estos años.**

**A mi Universidad UNI: Por ser quien soy.**

## INDICE

<b>PRÓLOGO</b>	01
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	03
1.1 OBJETIVO GENERAL	04
1.1.1 Objetivos Específicos	04
1.2 ALCANCE	04
1.3 JUSTIFICACIÓN	04
<b>CAPITULO 2: CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO</b>	06
2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	08
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	08
2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	10
2.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO	12
2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	13
2.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	14
<b>CAPITULO 3: METODOLOGIA DE EXPLOTACION DE MINERAL EN UNIDAD MINERA CERRO LINDO</b>	16
3.1 MÉTODO SUBLEVEL STOPING	16
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN RADIAL	17
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE UN EQUIPO DE PERFORACIÓN RADIAL	24
3.3.1 Sistema de Perforación.	24
3.3.1.1 Sistema Barrido.	24
3.3.1.2 Sistema de manejo de barras.	25
3.3.1.3 Perforadora.	27
3.3.1.4 Sistema de Avance	27

3.3.1.5 Sistema Mordaza.	28
3.3.2 Sistema de Posicionamiento.	29
3.3.2.1 Sistema Control RCS.	29
3.3.2.2 Sistema Hidráulico.	31
3.3.2.2.1 Actuadores	31
3.3.2.2.2 Unidad de Potencia	31
3.3.2.2.3 Control DCS.	32
3.3.2.3 Sistema Eléctrico.	32
3.3.3 Sistema Transporte	33
3.3.3.1 Sistema Desplazamiento.	33
3.3.3.1.1 Transmisión.	33
3.3.3.1.2 Motor Diesel.	35
3.3.3.2 Sistema Eléctrico.	35
3.3.3.3 Sistema Hidráulico.	35
<b>CAPÍTULO 4: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>36</b>
4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	36
4.1.1 Planteamiento de la Solución.	38
4.1.2 Elección del Tipo de Mantenimiento.	39
4.1.3 Cronograma de Actividades.	45
4.2 PERÍODOS DE SERVICIOS.	47
4.2.1 Sistema Percusión.	49
4.2.2 Sistema Posicionamiento.	52
4.2.3 Sistema Transporte	54
4.3 COSTO POR MANTENIMIENTO.	56
4.4 PLAN DE RENOVACIÓN DE EQUIPOS.	58
4.4.1 Horas trabajadas período 2012.	59
4.4.2 Cálculo del Lucro Cesante.	60
4.3.2.1 Horas paradas de los equipos.	60
4.3.2.2 Lucro cesante.	60
4.4.3 Costo Operacional Opex.	60
4.4.4 Fórmula de Depreciación.	61
4.4.5 Fórmula de Actualización.	61
4.4.6 Renovación Equipo.	61

<b>CAPITULO 5: COMPONENTES CRÍTICOS DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN RADIAL</b>	<b>64</b>
5.1 SISTEMA PERFORACIÓN	64
5.2 SISTEMA POSICIONAMIENTO.	65
5.3 IDENTIFICACIÓN PROACTIVA.	66
5.4 ANÁLISIS FALLA EQUIPOS PERFORACIÓN RADIAL.	68
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>

## PRÓLOGO

En la actualidad el nivel de competitividad minero exige una mejor atención en la planificación y aplicación del mantenimiento en cada empresa, con el fin de aumentar la rentabilidad y disminuir los costos de producción; para conseguir esto es necesario mantener la maquinaria confiable y disponible, y así garantizar una excelente calidad de servicio.

El contar con un programa de mantenimiento para los equipos de perforación radial permitirá resolver inconvenientes como: paros en producción, retraso en las reparaciones por falta de stock de repuestos, entre otros.

En el capítulo 1: se hace una breve introducción del informe, definimos el objetivo, la justificación y el alcance del programa de mantenimiento propuesto donde involucra a los equipos de perforación radial del centro minero Cerro Lindo.

En el capítulo 2: Conceptos generales del Mantenimiento, presenta una compilación de los conceptos más importantes de cada programa de mantenimiento existente, como son el correctivo, preventivo, predictivo, mantenimiento productivo total, mantenimiento basado en la confiabilidad.

En el capítulo 3: Se define el concepto del método de explotación de mineral con equipos de perforación radial, se hace una descripción de los sistemas y subsistemas de los equipos involucrados en esta operación.

En el capítulo 4: Se desarrolla un programa de mantenimiento preventivo aplicado a equipos de perforación radial, implementación de formatos, documentos de control de registros de mantenimientos, se da a conocer los costos por tipos de mantenimiento preventivo y se desarrolla el plan de renovación de equipos de perforación radial mediante al análisis del costo de ciclo de vida (lcc).

En el Capítulo 5: Se da un resumen de los sistemas y sub sistemas para una identificación proactiva y se da a conocer los componentes críticos de los equipos de perforación radial.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente informe toma en consideración a equipos de perforación radial involucrados en operaciones en minería subterránea pertenecientes al centro minero Cerro Lindo de la Compañía Minera Milpo ubicado a 175 km al Sur Este de Lima, en el departamento de Ica, provincia de Chincha, distrito Chavín, a una altitud de 1820 m.s.n.m.; el volumen de producción actual es de 15000 tpd.

Las condiciones de operación son severas por la presencia de detritos exigiendo mayor esfuerzo en el sistema de posicionamiento y perforación en los cuales los equipos laboran un promedio de 10 horas diarias.

Considerando que estos equipos son críticos para la producción de mineral se hace necesario establecer un programa de mantenimiento preventivo, el mismo que contribuirá a garantizar la operatividad de los equipos.

Por tal razón, el siguiente informe recopila conceptos, datos y formatos de reporte, para elaborar el programa.



## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar un Programa de mantenimiento preventivo para equipos de perforación radial del centro minero Cerro Lindo.

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- Determinar cuáles pueden ser las fallas funcionales, modos de fallas y sus posibles efectos en los sistemas y subsistemas de los equipos de perforación radial.
- Identificar los componentes críticos en los sistemas de los equipos de perforación radial.
- Recopilar y estructurar información acerca de los requerimientos de mantenimiento para cada uno de los sistemas para poder diseñar rutina de mantenimiento preventivo en las frecuencias requeridas.

## **1.2 ALCANCE**

El programa está destinado a la aplicación de un mantenimiento preventivo de una flota de 04 equipos de perforación radial modelo Simba H1254 y Simba M4C con motor diésel y con una perforadora modelo 1838 para realizar taladros de 51 a 89 mm de diámetro.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Los programas de mantenimientos combinados con controles estadísticos nos proporcionan información para obtener las variables del comportamiento de los equipos y permiten elaborar estrategias para optimizar los costos de operación y garantizar la operatividad de los equipos.

Tener un programa de mantenimiento organizado nos permite determinar los costos actuales de operación y comparar con nuevas alternativas considerando la seguridad, el cuidado del medio ambiente y con componentes de mayor vida útil.

## CAPÍTULO 2

### CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades orientadas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la Operación o Producción en su máxima capacidad, dentro de límites de alta seguridad y protección al medio ambiente.

- Previniendo las ocurrencias de fallas.
- Identificando y solucionando las causas de rendimientos deficientes.

Definiciones de algunos términos:

**Falla:** La terminación de la capacidad de un equipo para realizar una función requerida.

**Tiempo de falla:** Es el tiempo que transcurre desde que la unidad esta fuera de servicio por una falla.

**Disponibilidad:** Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} \times 100$$

Dónde:

TPPF: Tiempo promedio para fallar.

TPPR: Tiempo promedio para reparar.

**Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

Para efectos del cálculo de la confiabilidad se considerará una distribución exponencial de la variable aleatoria del tiempo de fallo. Por lo tanto la confiabilidad será:

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0$$

Dónde:

e... base de sistema logaritmo natural,  $e \approx 2.718$

t... tiempo considerado o tiempo de la misión.

$\lambda$ ... tasa de fallas (constante para una distribución exponencial) se determina como:

$$\text{Tasa de fallas} = \lambda = \frac{\text{Cantidad de Fallas}}{\text{Cantidad de Horas Operadas}}$$

**Mantenibilidad:** Es la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos.

**Fiabilidad:** Es la probabilidad de que un componente de una máquina o producto funcione adecuadamente durante un período de tiempo dado. Capacidad de un dispositivo en permanecer continuamente en las condiciones operativas adecuadas. Sinónimo de Calidad

## **2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Este mantenimiento también denominado “mantenimiento reactivo” ya que cuando ocurre una falla se debe actuar lo más rápido posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán paradas a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestado, por lo que se dará el caso que por fallas de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

## **2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El Mantenimiento Preventivo es un método, basado en principios básicos que se adecua, diseña y aplica a las propias necesidades de cada usuario, según tipo de empresa de máquinas o equipos, siguiendo unos principios:

- Inspecciones programadas para buscar evidencia de falla de equipos o instalaciones, para corregirlas en un lapso de tiempo que permita programar la reparación, sin que haya paro intempestivo.
- Actividades repetitivas de Inspección, lubricación, calibraciones, ajustes y limpieza. Programación de esas actividades repetitivas con base a frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, anuales, etc.
- El Control de esas actividades repetitivas se realiza en base a los siguientes formatos: Ficha Técnica - Ordenes o Solicitud de Trabajo - Hoja de Vida o Registro Histórico - Programa de Inspección - Programa de Lubricación - Programa de Calibraciones – Programa de Operaciones – Programa de Renovaciones, etc.

#### **Ventajas de un programa de mantenimiento preventivo.**

- Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de equipos ocurridos en un escenario de Mantenimiento Reactivo y / o Correctivo, los que son remplazados por paros programados.
- Se mejora notoriamente la Eficiencia de los equipos y por lo tanto de la producción.
- Después del tiempo de estabilización del Programa, se obtiene una reducción real de costos: por disminuir fallas repetitivas, disminución de grandes reparaciones al programar oportunamente las fallas incipientes y mejor control del trabajo debido a la utilización de programas y procedimientos adecuados.

### **Limitaciones del mantenimiento preventivo**

- Inicialmente pueden aumentarse aparentemente los costos de mantenimiento debido a que se deben seguir programas de frecuencias y fechas calendario que antes no se llevaban a cabo. Igualmente los costos de lubricantes y otros insumos posiblemente aumenten, ya que anteriormente no se gastaba con una frecuencia establecida.
- Se generan costos administrativos por diseño de formatos, registro de equipos, búsqueda de información consignación de datos, programación., etc. Posiblemente se requiera personal adicional para encargarse de esas labores.
- Como no todos los equipos se pueden incluir inicialmente en un Programa de Mantenimiento Preventivo, cuando fallen algunos y se deba realizar Mantenimiento Correctivo, se pueden generar críticas destructivas del programa.

### **2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda (predecir), para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Está conformado por una serie de acciones que se toman y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar las fallas y defectos de maquinaria en sus etapas incipientes. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

### **Ventajas del mantenimiento predictivo**

- Las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planeación y la programación de las acciones correctivas.
- Las técnicas de detección del mantenimiento predictivo son en su mayor parte técnicas "on-condition" que significa que las inspecciones se pueden realizar con la maquinaria en operación a su velocidad máxima.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, realizada tanto de forma periódica como de forma aleatoria, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto. Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema



**Limitaciones del mantenimiento predictivo.**

- Requiere de 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 adquirirse.
- Es importante contar con personal más calificado, lo que eleva a su vez el costo de implementación.

**2.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, trabajo en equipo, de modo que todos los involucrados directos o indirectamente en la gestión del mantenimiento, deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, tanto técnicos, profesionales, ejecutivos y directivos, deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

**Beneficio del mantenimiento proactivo**

- Mediante el trabajo en equipo se obtienen mejores procedimientos para realizar el mantenimiento.
- Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos.

## 2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Es un mantenimiento productivo, que implica la participación total de sus gestores. Cada uno de los empleados participa.

El TPM perfecciona permanentemente la efectividad global de los equipos, con la activa participación de los operadores.

Metas del mantenimiento Productivo Total.

- Cero tiempos de parada no planeada.
- Cero productos defectuosos causados por equipos.
- Cero pérdidas de velocidad de equipos.

**Efectividad Global de los equipos:** es la medición del rendimiento efectivo de producción o servicio que alcanza un equipo en el contexto del proceso productivo en la que está siendo utilizado.

Si nosotros decimos que la **O. E. E.** (Overall Equipment Effectiveness) es mayor del 85%, podemos suponer razonablemente que la planta o maquina está siendo operada en todos los equipos de manera **efectiva y eficientemente**.

$$\textit{Efectividad} = \textit{Disponibilidad} \times \textit{Eficiencia} \times \textit{Calidad}$$

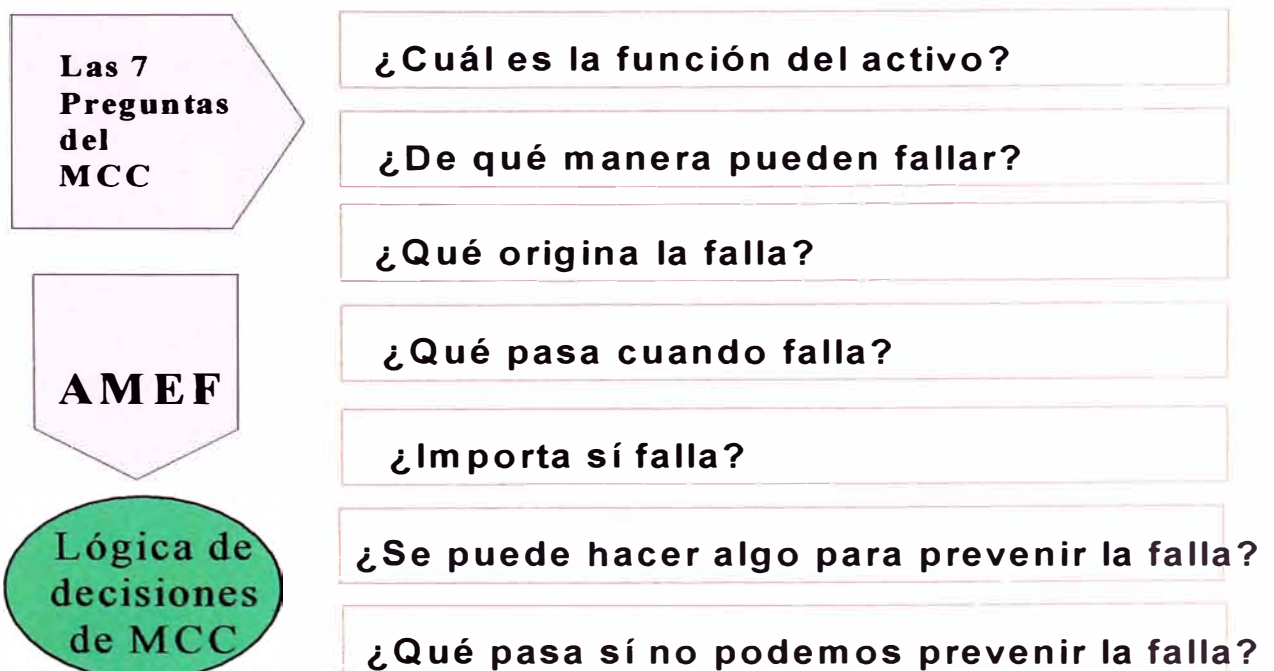
## 2.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables

### Metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad

La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del:

Análisis de las siguientes siete preguntas:



### **Análisis de modos y efectos de falla (A.M.E.F)**

El A. M. E. F. es un método que nos permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se podrán clasificar las fallas por orden de importancia, permitiéndonos directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

### **Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad**

- Mayor protección y seguridad en el entorno.
- Se logran aumentar los rendimientos operativos.
- Optimización de los costos de mantenimiento.
- Se extiende el período de vida útil de los equipos.
- Se genera una amplia base de datos de mantenimiento.
- Se influye una motivación en el personal.
- Mayor eficiencia en el trabajo de grupo.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGIA DE EXPLOTACIÓN DE MINERAL EN UNIDAD MINERA CERRO LINDO**

#### **3.1 MÉTODO SUBLEVEL STOPING**

El sublevel stoping es un método en el cual se excava el mineral por tajadas verticales dejando el caserón vacío, por lo general de grandes dimensiones, particularmente en el sentido vertical. El mineral arrancado se recolecta en embudos o zanjas emplazadas en la base del caserón, desde donde se extrae según diferentes modalidades. La expresión “sublevel” hace referencia a las galerías o subniveles a partir de los cuales se realiza la operación de arranque del mineral.

En la Unidad Minera Cerro Lindo las dimensiones de nivel a nivel son de 30m.

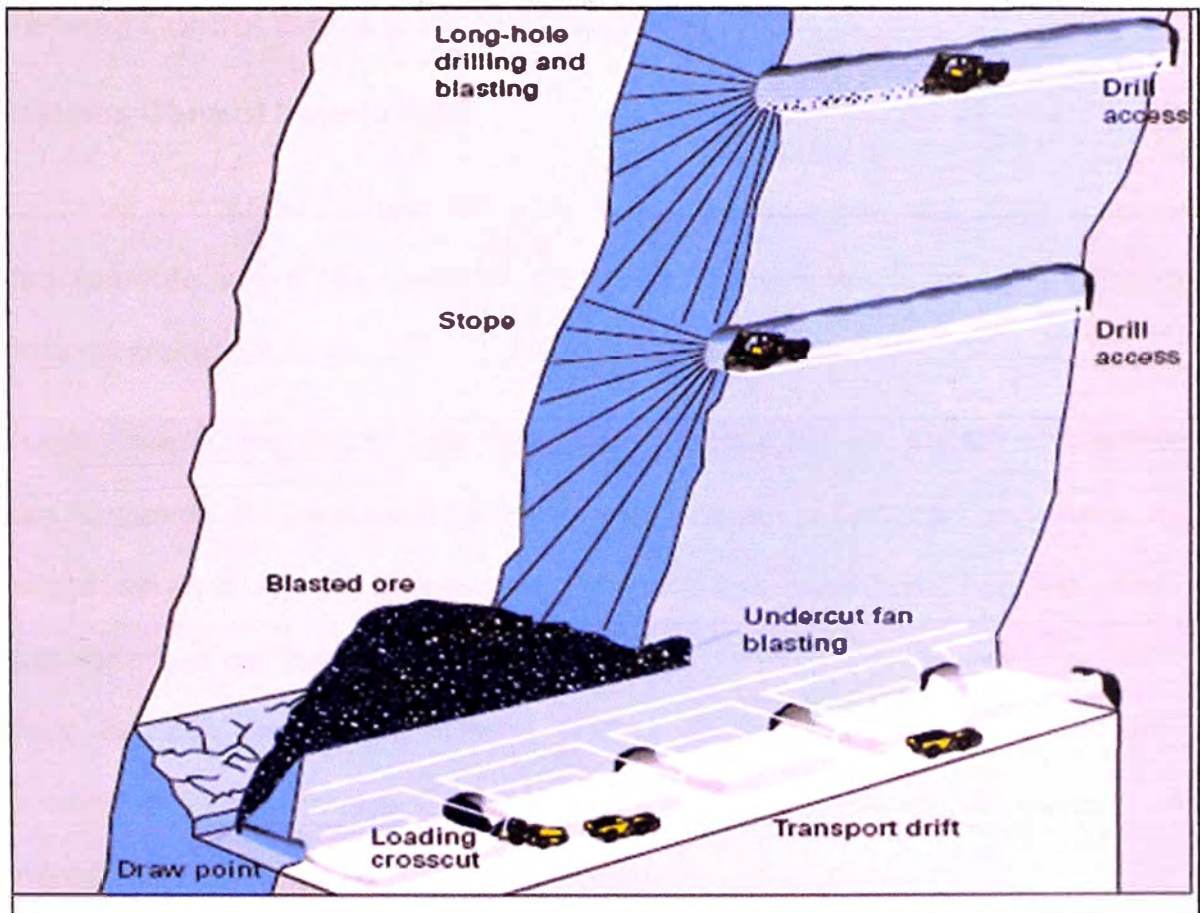


Fig. 3.1: Método Explotación Sub Level Stopping

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN RADIAL

Los equipos de perforación radial que se encuentran operando en la unidad minera Cerro Lindo son: 03 equipos modelo Simba H1254 y 01 equipo Modelo Simba M4C ambos de la marca Atlas Copco S.A.; la diferencia entre estos modelos es básicamente en el sistema de control, en los equipos Simba H1254 el sistema de control es directo (D.C.S) y en el equipo Simba M4C el sistema de control es mediante RCS.

## **Sistema Control Equipos Perforación Radial**

### **Sistema Control Directo DSC**

El panel hidráulico consta de una serie de palancas que está operando directamente sobre las válvulas hidráulicas para dirigir la energía hidráulica para controlar la función.

Todas las operaciones se controlan mediante el sistema hidráulico. Las funciones del sistema DCS están limitadas por la cantidad de válvulas que se utilizan para obtener una gran cantidad de funciones avanzadas de válvulas que tiene que ser utilizado.

Para el caso del equipo **Simba H1254** el sistema de control directo es accionado eléctricamente, remplazando a las mangueras hidráulicas pero manteniendo una gran cantidad de válvulas.

Todas las operaciones se controlan mediante el sistema hidráulico. Las funciones del sistema DCS están limitadas por la cantidad de válvulas que se utilizan para obtener una gran cantidad de funciones avanzadas de válvulas que tiene que ser utilizado.

Para el caso del equipo **Simba H1254** el sistema de control directo es accionado eléctricamente, remplazando a las mangueras hidráulicas pero manteniendo una gran cantidad de válvulas.

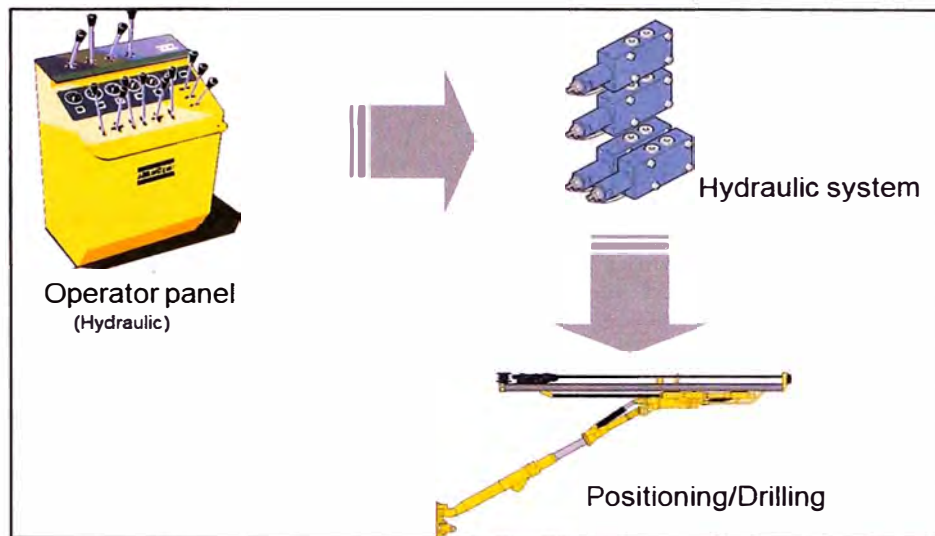


Fig. 3.2: Sistema de Control DCS

### Sistema de Control Electrónico ECS

El ECS es controlado por una unidad PLC CPU=simple (unidad central de procesamiento) que puede realizar instrucciones paso a paso. Esto es en lugar de tener una gran cantidad de relés que convierte las diferentes funciones de encendido y apagado.

El sistema PLC luego dirige la salida directa a la válvula que acciona los cilindros.



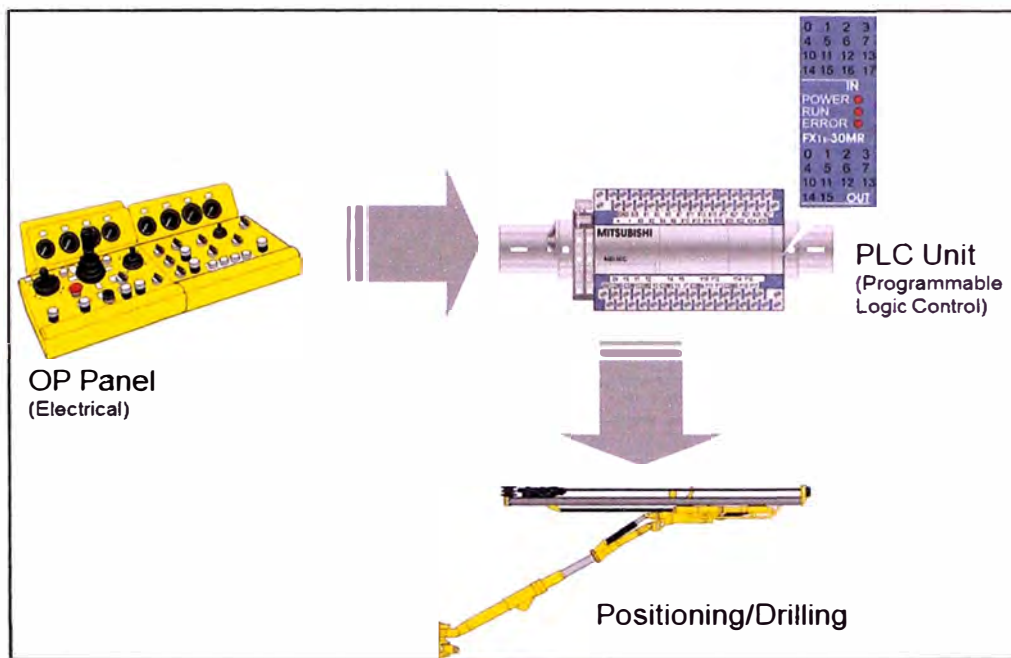


Fig. 3.3: Sistema Control ECS

### Sistema Control RCS

El panel de operadores está integrado en el sistema de control. El sistema de control está "dividido" en un número de ordenadores conectados a una red que maneja toda la funcionalidad de la plataforma. Todos los ordenadores individuales "Módulos" realizan una tarea propia. Para añadir más opciones basta con añadir más módulos. En comparación con el PLC el RCS tiene una transferencia de datos mucho más rápida y es mucho más exacto, por lo tanto, el control del sistema hidráulico es mucho mejor.

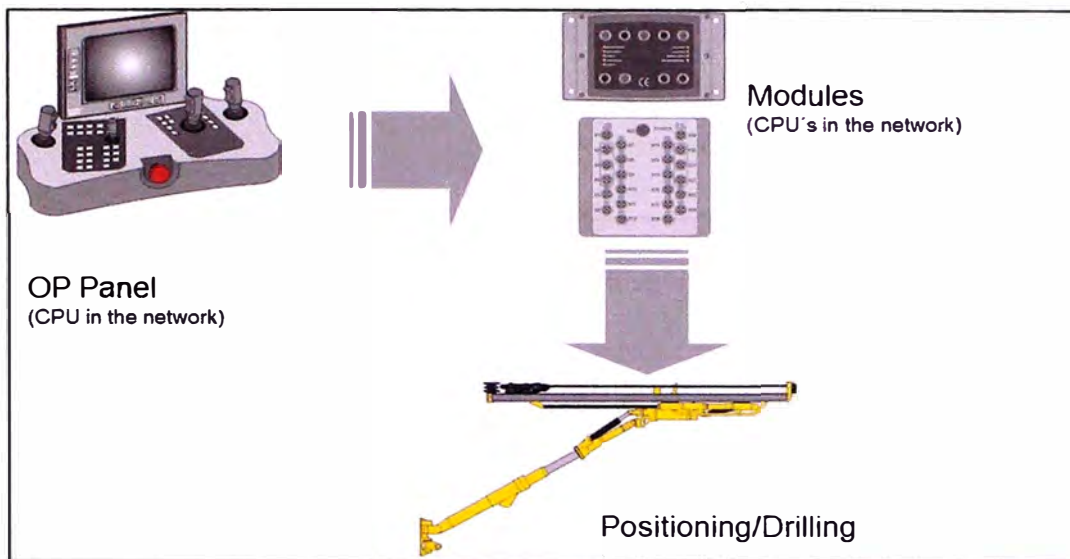


Fig. 3.4: Sistema Control RCS

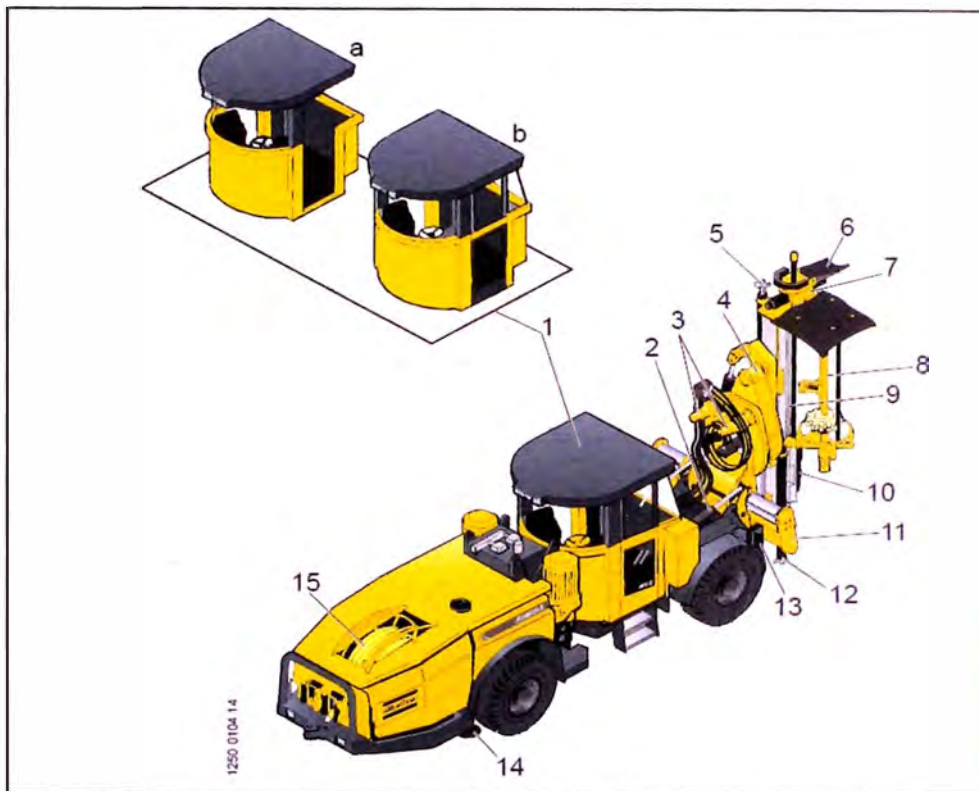
Dentro de este sistema de control tenemos 3 niveles de operación los cuales son ABC básico, regular y total; de los cuales se presenta sus características de cada uno.

El equipo Simba M4C de la unidad minera Cerro Lindo tiene el sistema de control RCS ABC regular con ello está limitado solo en realizar un taladro de la malla en automático.

Característica	ABC Básico	ABC Regular	ABC Total
Compatibilidad	RCS	RCS	RCS
Se requiere marcar el frente del túnel	Si	No	No
Posición de brazo y deslizadera	Manual, controlado por el operador	Manual, controlado por el operador	Automático o control manual por el operador
Inclinación de indicador de deslizadera	Si	Si	Si
Distancia de mira de indicador de deslizadera	Si	Si	Si
Software de Gestión de Túnel	No	Si	Si
Anotación de datos de barrenos	No	Si	Si
Control automático de colisión de brazo	No	No	Si
Supervisión de riesgo de colisión de brazos durante el posicionamiento de brazos	No	No	Si, durante posicionamiento automático
Ajuste de profundidad de barrenos común	No	Si	Si
Paralelismo del brazo	Hidráulico	Hidráulico ó electrónico	Electrónico
Se puede perfeccionar a la versión siguiente	ABC Regular	ABC Total	No rige

Fig. 3.5: Niveles Operación RCS



**Simba M4C**

*Figura: Simba M4 C, componentes principales*

- |    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| 1a | Techo protector                      |
| 1b | Cabina                               |
| 2  | Mesa giratoria (opción)              |
| 3  | Actuador rotatorio                   |
| 4  | Brazo pendular                       |
| 5  | Espiga de soporte frontal            |
| 6  | Cubierta de recortes                 |
| 7  | Soporte de perforadora               |
| 8  | Equipo de manejo de barras. (opción) |
| 9  | Alimentador                          |
| 10 | Perforadora de roca                  |
| 11 | Mesa corrediza                       |
| 12 | Espiga de soporte trasera            |
| 13 | Gatos delanteros                     |
| 14 | Gato trasero                         |
| 15 | Unidad de enrollado del cable        |

Listado de equipos de perforación radial de la unidad minera Cerro Lindo:

Ítem	Código	Descripción	Peso	Año	Maquina		
					Modelo	Serie	Marca
1	SI-001	Simba 1	13000	2007	H1254	AVO 07A260	Atlas Copco
2	SI-002	Simba 2	13000	2009	H1254	AVO 09A216	Atlas Copco
3	SI-003	Simba 3	13000	2009	H1254	AVO 09A039	Atlas Copco
4	SI-004	Simba 4	22000	2011	M4C	AVO 11A481	Atlas Copco

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE UN EQUIPO DE PERFORACIÓN RADIAL

Para un mejor análisis tenemos tres sistemas principales: Perforación, Posicionamiento, Transporte.

#### 3.3.1 Sistema de Perforación:

Este sistema involucra directamente a los sub sistemas relacionados con la perforación.

##### 3.3.1.1 Sistema Barrido.

Para el sistema de barrido se tiene dos componentes principales:

**Bomba de Agua:** Esta bomba es un modelo CR5 marca Grundfos; La bomba de agua es impulsada con un motor eléctrico de 4 kw. La presión de agua entrante debe ser de 4 - 6 bar (mínimo 2 bar). La presión de entrada es regulada por una válvula de seguridad y es como máximo de 14 bares.

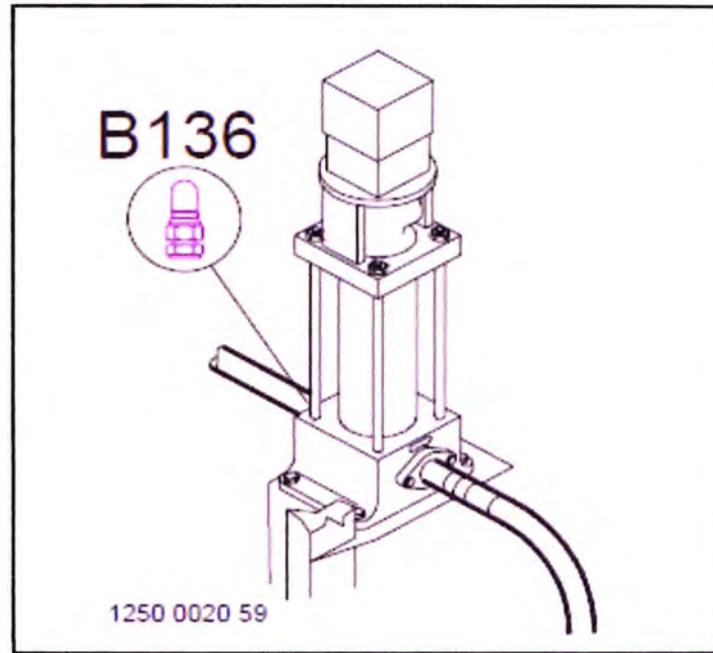
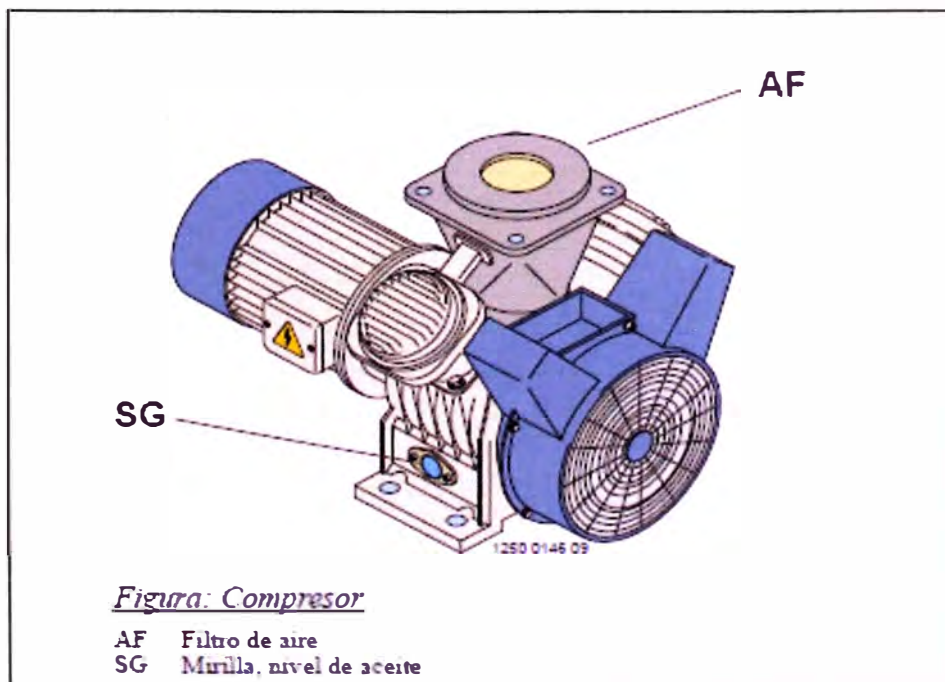


Fig. 3.8: Bomba Agua Modelo CR5

**Compresor:** Es modelo LE 7 marca Atlas Copco, para el sistema de lubricación de la perforadora en el cual el sistema lo regula a 3 bar.

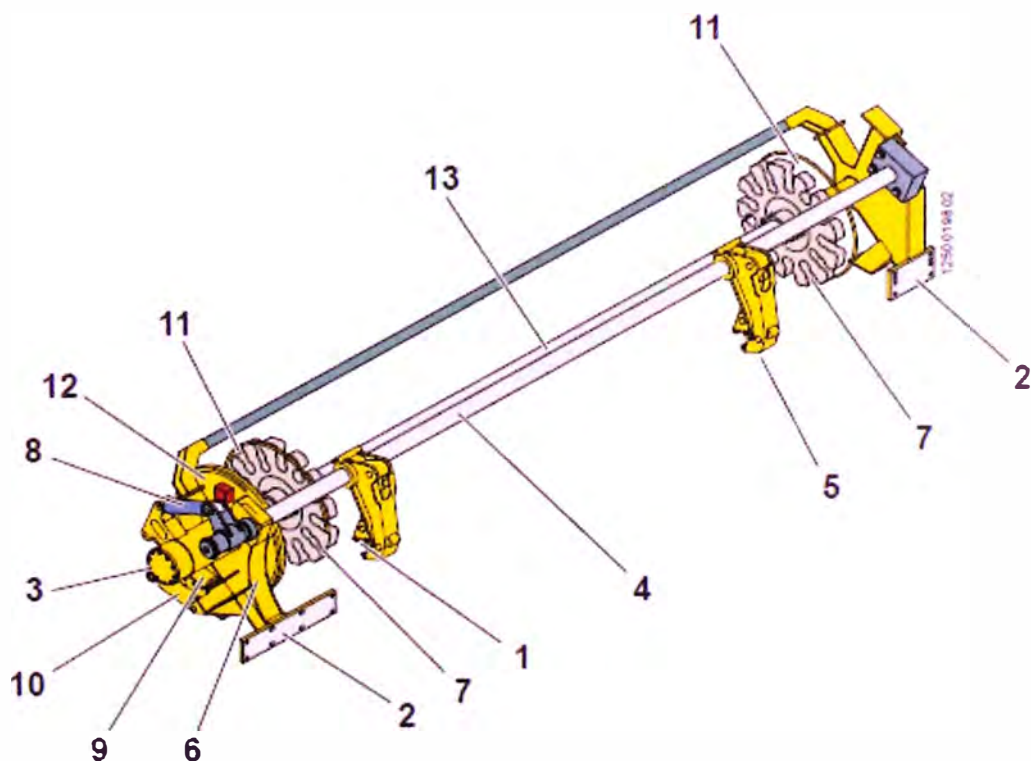


**3.3.1.2 Sistema de Manejo de Barras:** El sistema de alimentación de barras para estos equipos es RHS 17 (rod handling system) para barras de 6 pies, con

una capacidad para 17 + 1 barras, con los cuales el equipo tiene capacidad para perforar una longitud de 32 m.

## » Drilling unit

- Rod Handling System. RHS 17..... 17+1 rods
- Adaptable to 4', 5' and 6' rods
- Adaptable to R32, T38, T45 Speedrods
- Adaptable to TDS 56 and TDS 64 drill tubes
- Mechanized drilling up to 32 m



*Figura: Equipo de manejo de barras RHS 17D y RHS 27D*

- |    |                             |
|----|-----------------------------|
| 1  | Alicates                    |
| 2  | Fijación                    |
| 3  | Acoplamiento                |
| 4  | Eje a los brazos de agarre  |
| 5  | Brazo de agarre             |
| 6  | Cilindro de bloqueo         |
| 7  | Soporte de barrena          |
| 8  | Cilindro de giro            |
| 9  | Cilindro de estacionamiento |
| 10 | Cilindro de indecización    |
| 11 | Marco                       |
| 12 | Lateral                     |
| 13 | Eje de cartucho             |

**3.3.1.3 Perforadora:** La perforadora es modelo COP 1838 ME, de 18 kw de potencia y mediana energía (ME).



<b>ROCK DRILL</b>	
<b>COP 1838ME</b>	
Shank adapter	R32, T38, T45
Hole diameter	51–89 mm
Impact power	18 kW
Impact rate	54 Hz
Hydraulic pressure, max.	230 bar
Rotation motors	Separate rotation
Rotation speed	0–210/0–140 rpm
Lub. air consump. (at 3 bar)	5 l/s
Water consumption	50 l/min
Weight	171 kg

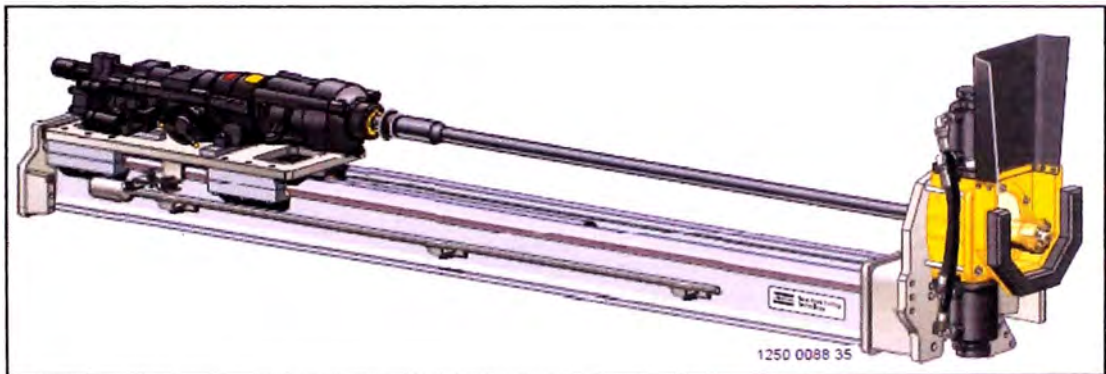


**3.3.1.4 Sistema de Avance:** El sistema de avance para estos equipos son de la serie BMH 200 destinado para taladros de producción.

La primera letra indica el tipo de dispositivo 2 = serie 200.

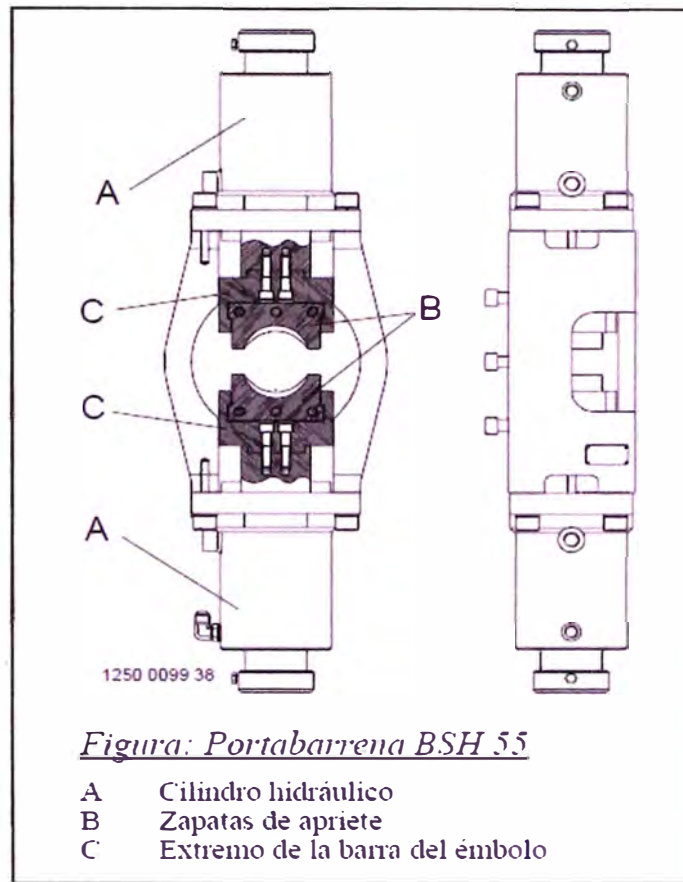
La segunda letra indica el tipo de perforadora 1= Cop 1838.

La tercera letra indica la longitud eficaz del barreno, en nuestro caso es 6 pies.



**Fig. 3.12: Sistema Avance Serie BMH 200**

**3.3.1.5 Sistema Mordaza:** Este sistema es del modelo BHS 55, constituidos por dos cilindros hidráulicos, se considera como sub sistema debido a que su reparación se hace constantemente.

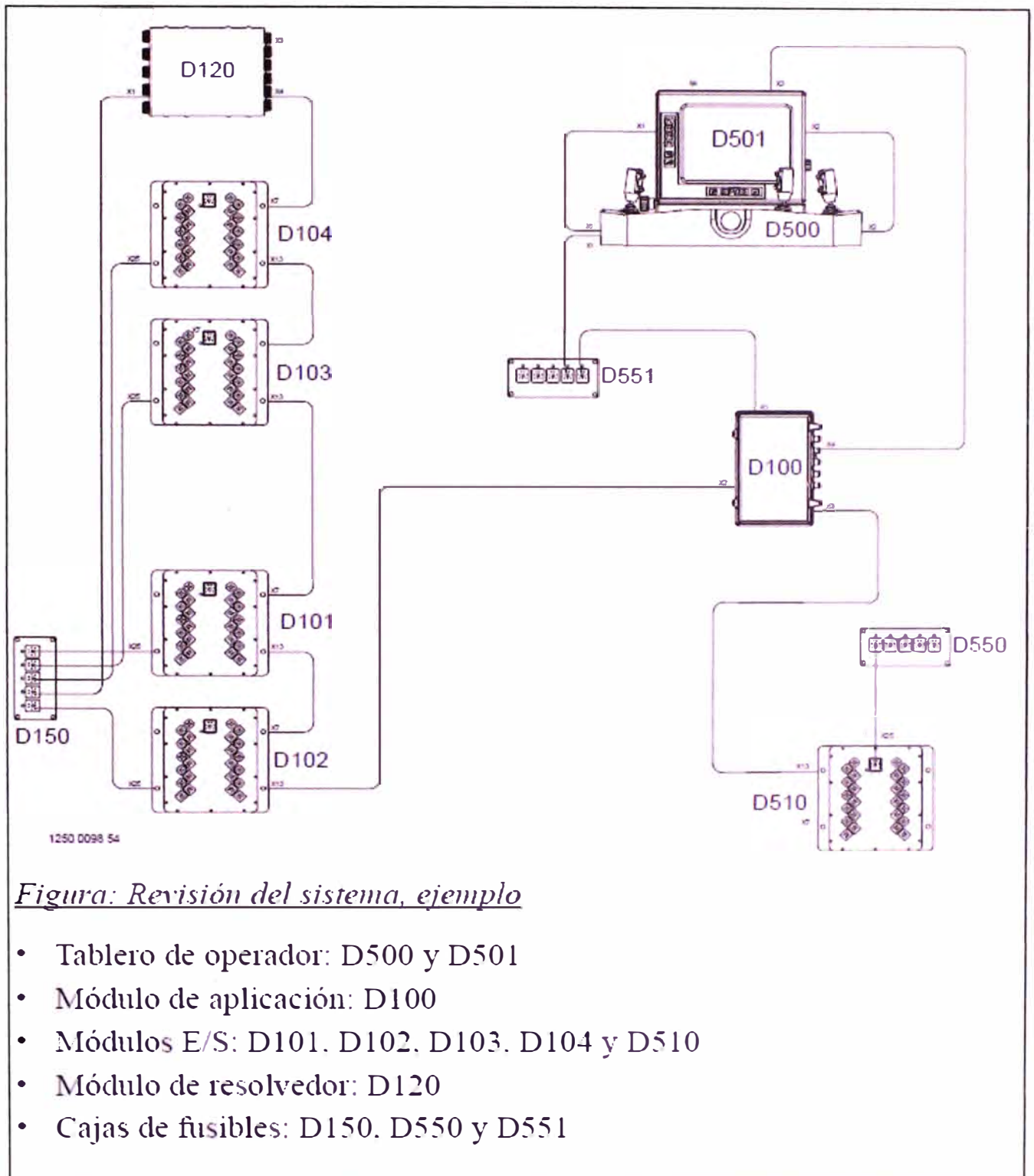


### 3.3.2 Sistema de Posicionamiento:

El Sistema de posicionamiento involucra el sistema de control, sistema eléctrico, sistema hidráulico.

**3.3.2.1 Sistema Control RCS:** Es un sistema que controla y supervisa las funciones de perforación y otras funciones de la torre. Este sistema se basa en tecnología CAN (Red de área Controlada).

La siguiente figura muestra un ejemplo sobre cómo se puede ver un sistema de control. El número de módulos electrónicos varía de una torre a otra dependiendo de las opciones con las que esté equipada.



El tablero del operador (la torre puede tener uno o dos tableros de operador) es la computadora principal que controla toda la información al módulo de

aplicación. El módulo de aplicación procesa y regula la información del tablero del operador, los módulos E/S y los módulos resolver, y distribuye la información correcta a los módulos E/S. Los módulos E/S distribuyen la señal correcta a las válvulas respectivas para obtener la acción o función requerida, mientras también recibe información de los varios sensores, tales como los sensores de presión y flujo. El módulo resolver convierte la información a partir de los sensores de ángulo y longitud de forma que los módulos de aplicación la puedan procesar.

**3.3.2.2 Sistema Hidráulico.-** Involucra los actuadores, unidad de potencia, control DCS, enfriadores, depósitos de aceite y mangueras hidráulicas.

**3.3.2.2.1 Actuadores.-** Considera los actuadores de posicionamiento para la perforación, tales como, cilindro avance viga, cilindro de péndulo, cilindro de levante, cilindro de extensión de gata y cilindro de gatas.

**3.3.2.2.2 Unidad de Potencia.-** Incluye el paquete de bombas, principal, rotación y amortiguación.

**Bomba principal (Posicionamiento y Percusión):**

Tipo: bomba de embolo axial.

Modelo: RX A10VO100

Caudal: 100 cm<sup>3</sup> / Revolución.

Presión: 200- 220 bares.

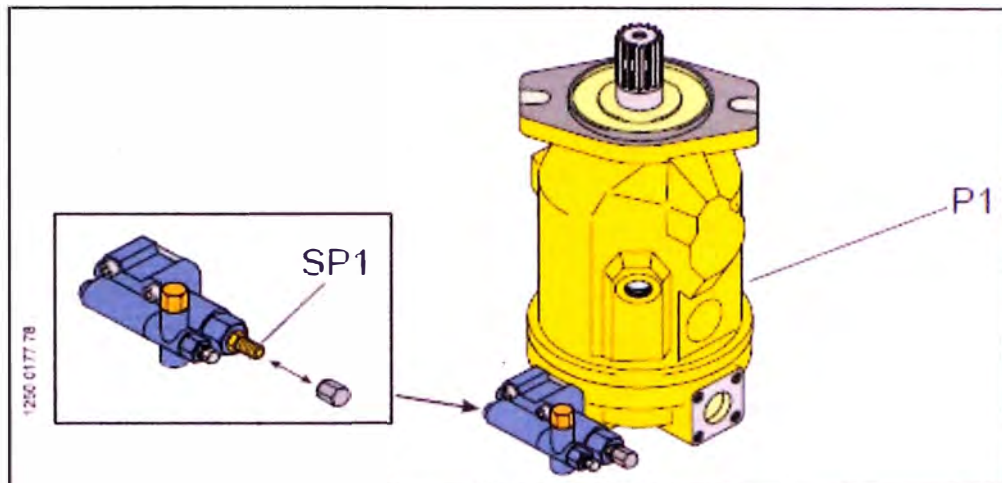


Fig. 3.15: Bomba Principal modelo RX A10VO100

### Bomba Rotación:

Tipo: bomba de embolo axial.

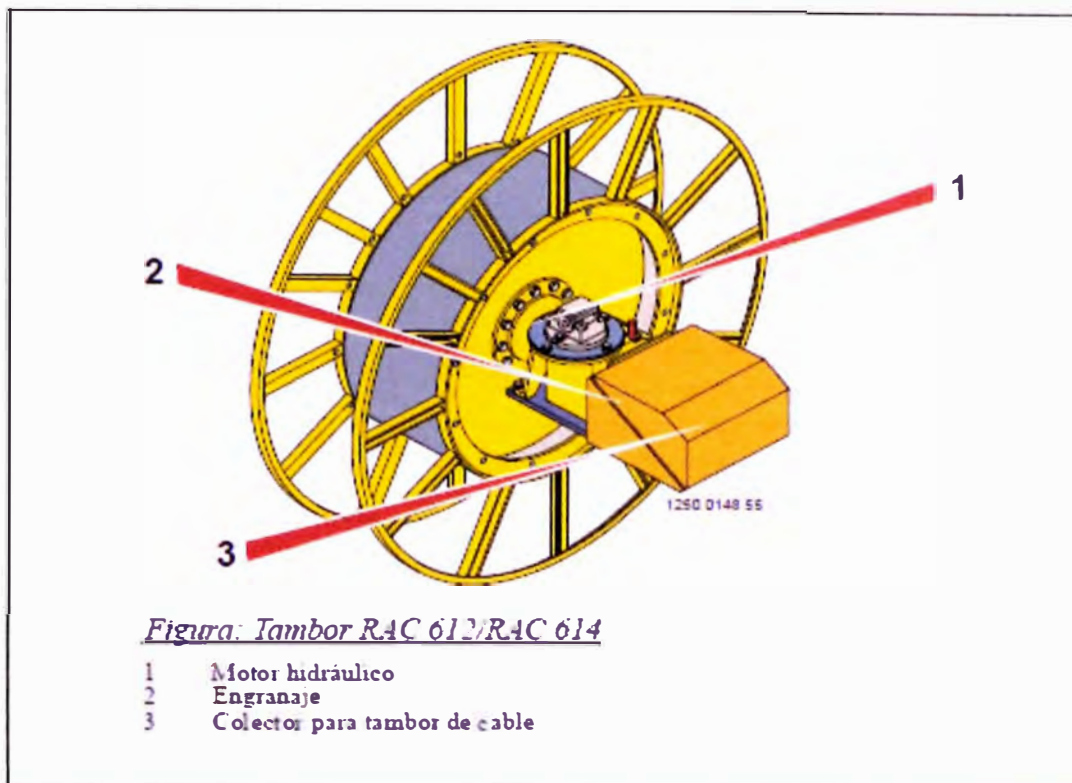
Modelo: RX A10VO71.

Caudal: 71 cm<sup>3</sup> / Revolución.

Presión: Depende del diámetro de la barra.

**3.3.2.2.3 Control DCS:** Incluye todas las válvulas tanto de pilotaje y las que controlan el posicionamiento y perforación, restrictores, checks, etc.

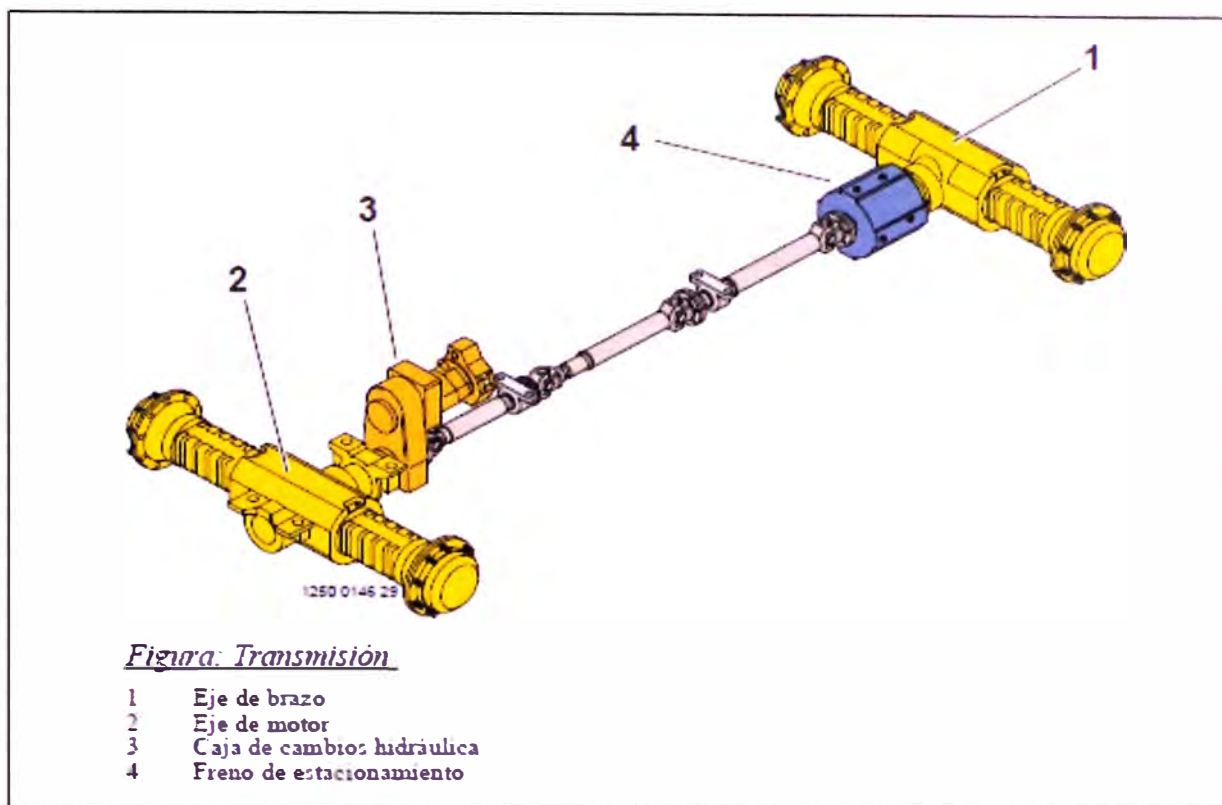
**3.3.2.3 Sistema Eléctrico:** Involucra motores eléctricos, cable eléctrico principal, cableado de distribución, colector, tableros eléctricos, luminarias.



**3.3.3 Sistema Transporte:** Debido a que estos equipos son casi estacionarios analizaremos este sistema de manera superficial.

**3.3.3.1 Sistema Desplazamiento:** Está relacionado con la línea de transmisión, motor diésel y chasis.

**3.3.3.1.1 Transmisión:** Involucra los ejes diferenciales, caja de cambios y freno de estacionamiento.



### Datos Técnicos:

#### Sistema de frenos

##### Freno de marcha

Sistema

Dos circuitos separados. Frenos de disco hidráulicos húmedos en todas las ruedas.

Presión hidráulica máx.

80  $\pm$ 5/-0 bar

##### Freno de aparcamiento/de emergencia

Sistema

SAHR (Spring Applied Hydraulic Released)

Presión hidráulica máx.

25 bar

#### Dirección

Válvula de control

Danfoss OSPB 315 ON 150-0045

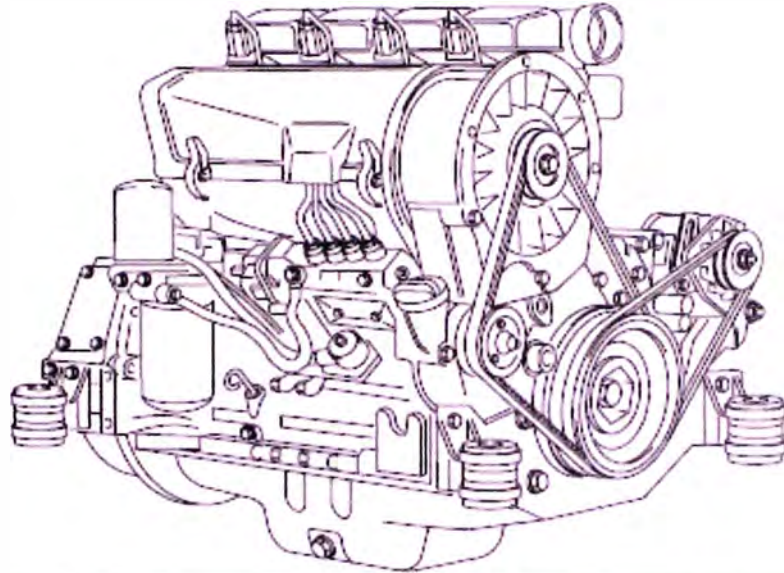
Bomba de engranaje:

Caudal

15.2 cm<sup>3</sup>/revolución

### 3.3.3.1.2 Motor Diésel:

#### Unidad de motor Deutz 912W



#### Deutz F5L912W (DC10)

Potencia máx. a 2300 rpm	52KW
Par de torsión máx. a 1550 rpm	249Nm
Cilindrada	5,1dm <sup>3</sup>
Ralenti	700rpm
Refrigeración	enfriado por aire
Inyección de combustible	Bosch
Alternador (Bosch)	35A
	28V
Motor de arranque	4KW
	24V
Peso	450Kg

**3.3.3.2 Sistema Eléctrico.-** Involucra el arrancador, alternador, cables de distribución, baterías, tableros eléctricos.

**3.3.3.3 Sistema Hidráulico.-** Involucra los actuadores de desplazamiento, freno, dirección y mangueras y conectores.



## CAPÍTULO 4

### PROGRAMA MANTENIMIENTO

#### 4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

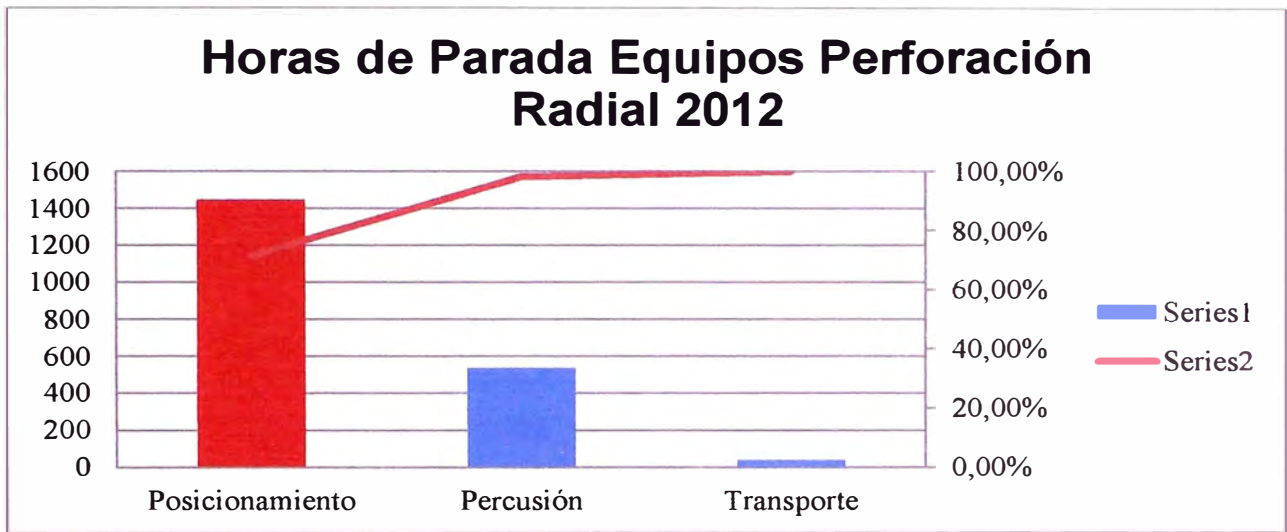
El Centro Minero Cerro perteneciente al grupo Milpo debe mantener su producción de 15000 tpd. Para ello es necesario garantizar la operatividad de los equipos de perforación radial.

Los equipos de perforación radial son equipos relativamente nuevos en la operación es por ello que tienen baja disponibilidad mecánica.

De acuerdo a las figuras 4.1 y 4.2; análisis Pareto de las horas de parada de los equipos de perforación radial por mantenimiento correctivo de los años 2011 y 2012 donde se identifica que el sistema con mayor intervención mecánica es el de Posicionamiento.

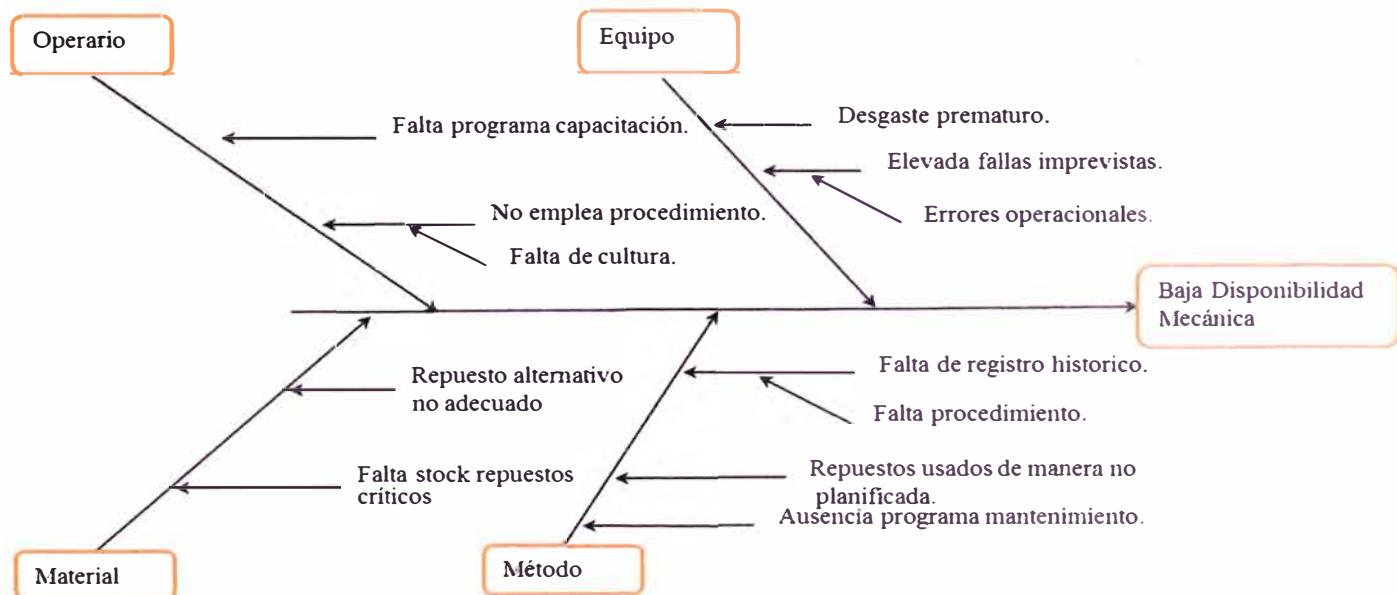


Fig. 4.1: Análisis de Pareto disponibilidad equipos Perforación radial 2011



**Fig. 4.2: Análisis de Pareto disponibilidad equipos Perforación radial 2012**

De acuerdo a la figura 4.3; se realiza una lluvia de ideas para identificar las causas principales de la baja disponibilidad de los equipos de perforación radial.



**Fig. 4.3: Análisis de Evaluación disponibilidad equipos Perforación radial**

Una vez realizado la lluvia de ideas para identificar las causas de la baja disponibilidad de los equipos de perforación radial se realiza la puntuación correspondiente obteniendo la siguiente tabla 4.1.

Item	Causas Baja Disponibilidad Equipos Perforación Radial			
1	Método	Ausencia de programa mantenimiento	60	28.57%
2	Material	Falta stock de repuesto críticos	50	52.38%
3	Método	Repuesto alternativo no adecuado	30	66.67%
4	Material	Repuesto usados de manera no planificada	25	78.57%
5	Equipo	Errores Operacional	15	85.71%
6	Equipo	Desgaste prematuro	15	92.86%
7	Método	Falta de registro histórico	5	95.24%
8	Operario	Falta programa capacitación	5	97.62%
9	Operario	No emplea procedimiento	5	100.00%
			210	

Tabla. 4.1: Causas de baja disponibilidad equipos Perforación radial

Considerando el análisis de Pareto, las causas principales de la baja disponibilidad son:

- Ausencia de programa mantenimiento.
- Falta stock de repuestos críticos.
- Repuesto alternativo no adecuado.
- Repuestos usados de manera no planificada.

#### 4.1.1 Planteamiento de la Solución:

Para mantener la operatividad de los equipos de perforación radial debemos realizar lo siguiente:

- Elaborar una relación de repuestos y componentes críticos.
- Establecer el tipo de mantenimiento mediante criterios de evaluación y ponderación.

#### **4.1.2 Elección del Tipo de Mantenimiento:**

Para la elección del tipo de mantenimiento consideraremos las siguientes metodologías: Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo. Para seleccionar entre éstas el mejor enfoque para el mantenimiento de equipos de Perforación Radial fue necesario obtener una descripción completa del contexto situacional de la organización responsable de su mantenimiento. Realizar esta tarea de manera eficaz conlleva plantear un análisis desde dos (2) enfoques:

**Contexto Interno:** Se realiza con el propósito de identificar las fortalezas y debilidades de la organización, las cuales son variables endógenas que difieren de acuerdo al fin que persigue la organización.

**Contexto Externo:** Implica la recolección y evaluación de información económica, social, tecnológica y competitiva del entorno, con el objeto de identificar las oportunidades y amenazas claves que impactan en la gestión del mantenimiento.



Fig. 4.2: Análisis de Evaluación para seleccionar metodología a utilizar.

Como se aprecia en la figura anterior, al lado izquierdo de cada aspecto considerado, se colocó una casilla en blanco, con el fin de marcarla con los colores: Verde o rojo, para así establecer, en función de ser una fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza, según la siguiente Tabla 4.1:

Color	Significado
Verde	<b>Fortaleza:</b> El aspecto considerado potencia o impulsa la aplicación de la metodología evaluada.
	<b>Debilidad:</b> Establece que el aspecto considerado, es mitigado y/o solucionado por la aplicación de la metodología evaluada.
	<b>Oportunidad:</b> La metodología evaluada impulsa acciones que permiten a la organización el aprovechamiento de las oportunidades.
	<b>Amenaza:</b> La metodología en consideración permite, mediante su aplicación, minimizar el efecto de las amenazas de la organización.
Rojo	<b>Fortaleza:</b> El aspecto considerado resta valor en la aplicación de la metodología evaluada.
	<b>Debilidad:</b> El aspecto bajo consideración representa una limitación para la aplicación de la filosofía analizada.
	<b>Oportunidad:</b> Establece que la metodología evaluada impide su mejor aprovechamiento.
	<b>Amenaza:</b> El aspecto en consideración representa una limitante para la correcta implementación de la metodología evaluada.
	Indica una posición neutral, es decir, la metodología evaluada, no mejora el aspecto considerado y a su vez éste no representa un obstáculo para su implementación.

**Tabla. 4.1: Criterio de Evaluación para seleccionar metodología a utilizar.**

Luego de definir estos aspectos, se evaluaron las metodologías: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, asignándose un color a cada casilla. Al culminar, los resultados se colocaron en la tabla de la Figura 4.3.

	N° Ítems	Marcados				% Obtenido
		Verde	Rojo	Blanco	Total	
Fortalezas						
Debilidades						
Oportunidades						
Amenazas						

**Fig. 4.3: Tabla para registro de Resultado de la metodología a utilizar.**

En **N° Ítems**, se coloca el número de factores considerados, para las Fortalezas son cinco (5), en el caso de las Debilidades son cinco (6), para las Oportunidades son tres (1) y por último dos (2) Amenazas.

En **Marcados** se coloca el número de factores marcados de forma, positiva, negativa y neutral (verde, rojo y blanco) e igualmente el Total.

Por último en **% Obtenido** se coloca el valor alcanzado por la metodología evaluada para cada enfoque.

Cabe destacar que la escala de evaluación es en base al 100%, distribuido de la siguiente manera:

**80% para el Contexto Interno**, por ser los factores que están bajo control directo de la Superintendencia de Mantenimiento y Logística de la unidad minera y por tanto pueden tomar acciones de forma inmediata.

**20% para el Contexto Externo.**

La valoración de cada metodología se calculó de la siguiente manera:

1. En la columna de Marcados, para cada factor, se toma el valor alcanzado por los puntos verdes, al cual se resta la cantidad total de puntos rojos. Los aspectos marcados en blanco (neutrales), ni suman ni restan puntos. Como se muestra en la Ecuación 4.1.

$$\text{Marcados Verdes} - \text{Marcados rojos} = \text{Total} \quad (4.1)$$

2. A continuación, se calcula el % Obtenido por cada metodología evaluada aplicando la Ecuación 4.2 para el caso de las Fortalezas y Debilidades y la Ecuación 4.3 para las Oportunidades y Amenazas.

$$\% \text{ Obtenido (CI)} = \frac{\text{Total} * (\% \text{ Contexto Interno})}{\text{N}^\circ \text{ Ítems}} \quad (4.2)$$

$$\% \text{ Obtenido (CE)} = \frac{\text{Total} * (\% \text{ Contexto Externo})}{\text{N}^\circ \text{ Items}} \quad (4.3)$$

En la tabla 4.2, se relaciona los contextos internos y externos con las metodologías de mantenimiento.

Contexto	Tipo Mantenimiento	
	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Predictivo
<b>Fortalezas</b>		
Personal con experiencia en el manejo y funcionamiento de los equipos.	1	1
Disposición por parte del personal a asumir nuevos retos que contribuyen a mejorar la dinámica del trabajo.	1	1
Se lleva registro de la utilización de los materiales y repuestos utilizados en el mantenimiento.	1	1
Tienen orden de prioridad para la ejecución de las acciones de mantenimiento.	1	1
Se cuenta con historial de fallas de los equipos.	1	1
<b>Debilidades</b>		
No cuenta con equipos especiales para monitorear a los equipos.	0	-1
No se cuenta con stock de repuestos críticos.	1	1
No se tiene identificado los sistemas críticos de los equipos.	1	1
Horas de parada por falta de mantenimiento.	1	1
Demora en la atención logística a las solicitudes de repuestos.	1	1
No se cuenta con personal capacitado en el uso de equipos especiales.	0	-1
El mayor porcentaje de las horas de parada de los equipos es en el sistema de posicionamiento.	1	-1
<b>Oportunidades</b>		
Implementación de Software de mantenimiento	1	1
<b>Amenazas</b>		
Ausencia de programa mantenimiento.	1	1
Ausencia programa capacitación Operadores.	0	0

Tabla. 4.2: Evaluación para seleccionar metodología a utilizar.



Metodología Mantenimiento Preventivo						
	N° Ítems	Marcados			Total	% Obtenido
Fortalezas	5	5	0		5	40%
Debilidades	7	5		2	5	29%
Oportunidades	1	1			1	10%
Amenazas	2	1		1	1	5%
						84%

Metodología Mantenimiento Predictivo						
	N° Ítems	Marcados			Total	% Obtenido
Fortalezas	5	5	0		5	40%
Debilidades	7	4	3		1	6%
Oportunidades	1	1			1	10%
Amenazas	2	1		1	1	5%
						61%

Una vez realizado el análisis para cada metodología se elige aquella con el más alto valor por ser la que mejor adaptó al contexto situacional presente, este fue la metodología del **Mantenimiento Preventivo**.

### **4.1.3 Cronograma de actividades:**

Para establecer el Programa de Mantenimiento Preventivo, se deberá realizar las siguientes actividades:

- Recoger toda la información histórica posible de tiempo de paro de las máquinas. Para poder establecer bases contra las que se puedan comparar los beneficios del programa preventivo a desarrollar.
- Que trabajos se deberá efectuar.
- Realizar la Codificación o sea, dar un número de identificación a todos los equipos asignados.
- Diseñar los formatos de Ficha Técnica, Órdenes de Trabajo, Programación de Operaciones, Parada y Renovación.
- Estructurar un programa inicial de Frecuencias y Fechas Calendario para las actividades repetitivas de Mantenimiento Preventivo



Proyecto: <b>PROGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> Fecha: <b>18/08/2011</b>	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

## **4.2 PERIODOS DE SERVICIOS:**

Definimos los siguientes tipos de frecuencias para realizar el programa de mantenimiento:

### **Para los sistemas de Posicionamiento y Transporte:**

- Mantenimiento Preventivo tipo A cada 125 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo B cada 250 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo C cada 500 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo D cada 1000 horas de trabajo.

### **Para mantenimiento de la perforadora:**

- Mantenimiento Preventivo tipo A cada 40 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo B cada 200 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo C cada 400 horas de trabajo.
- Mantenimiento Preventivo tipo D cada 800 horas de trabajo.

### **Medidas de Seguridad:**

Apagar el motor diésel y eléctrico.

Aplicar el freno de parqueo.

Colocar la tarjeta y candado de seguridad en un lugar visible, indicando "No Operar".

Comprobar las etiquetas de seguridad Sustituir si están dañados o son ilegibles.

Despresurizar los Sistemas Hidráulicos, de lubricación y de barrido.

Usar implementos de seguridad personal de acuerdo al tipo de trabajo (EPPS).

Usar mangueras Atlas Copco en caso de cambio, no sustituir por otras de baja calidad.

Usar sólo Nitrógeno para la recarga de los Acumuladores.

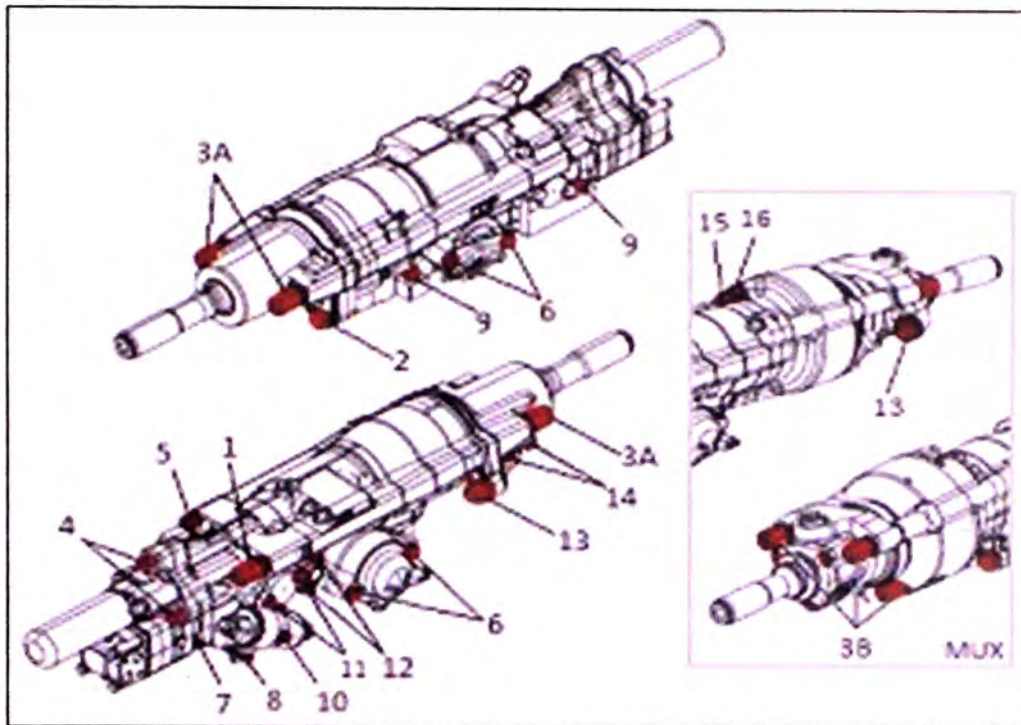
**Cuando sea necesario:**

Los servicios que se debe hacer a las máquinas cuando sea necesario, son aquellos en que se realizan operaciones que no están programadas específicamente en un tiempo determinado.

Si es necesario limpiar el sistema de admisión de aire del motor y reemplazar los elementos. Es conveniente que se inspeccione la rejilla de admisión de aire, para ver si tiene acumulación de polvo o basura, así como también las tuberías del ante filtro.

#### 4.2.1 Sistema Percusión:

Perforadora	A	B	C	D
	40	200	400	800
Ajustar todas las uniones roscadas		x		
Cambio de Kit de reparación 200 horas para COP 1238/1638/1838		x		
Cambio de Kit de reparación 400 horas para COP 1238/1638/1838			x	
Cambio de sellos de agua.	x			
Comprobar y recargar acumuladores con nitrógeno (20 a 25 bar, en baja)	x			
Comprobar y recargar acumuladores con nitrógeno (40 bar menos de la presión de emboquillado)	x			
Desmontar la perforadora del equipo de perforación para realización del mantenimiento	x			
Engrasar la caja de engranajes.	x			
1 Conector de barrido: Par de Apriete 300Nm (Ref 13)	x			
1 Entrada, unidad extractora: Par de Apriete 120Nm (Ref 15)	x			
1 Perno Delantero: Apretar el perno delantero 300Nm (Ref 2)	x			
1 Retorno, unidad extractora: Par de Apriete 120Nm (Ref 16)	x			
1 Tapón regulador: Par de Apriete 80Nm (Ref 5)	x			
1 Tapón: Par de Apriete 45Nm. (Ref 10)	x			
2 Pernos laterales: Apretar las tuercas delanteras 350Nm (Ref 3A)	x			
2 Placa de Conexión: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 120Nm (Ref 12)	x			
2 Soporte de Fijación, acumulador de retorno: Par de Apriete 30Nm (Ref 8)	x			
2 Pernos laterales: Apretar las tuercas traseras 300Nm (Ref 1)	x			
3 Pernos laterales MUX: Apretar las tuercas delanteras 300Nm (Ref 3B)	x			
3 Cuerpo Trasero: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 220Nm (Ref 4)	x			
4 Entrada, agente de barrido: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 90Nm (Ref 14)	x			
4 Placas de Válvula: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 145Nm (Ref 11)	x			
4 Acumulador: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 220Nm (Ref 6)	x			
4 Montaje del martillo: Apretar los pernos alternativamente a máximo par 250Nm (Ref 9)	x			
4 Motor Hidráulico: Apretar los pernos alternativamente 65Nm (Ref 7)	x			



<b>Sistema Manejo de Barras</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Revise la función y el embrague de fricción e indexación del cargador	x			
Verifique el apriete de la juntas atornilladas	x			
Revise la lubricación de los niples de engrase	x			
Revise que el tornillo de tope quede contra el eje brazo de pinza en estacionamiento	x			
Verifique el desgaste de las mordazas				x
Verifique el desgaste de los segmentos porta barras				x

<b>Sistema Avance</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el espacio libre del soporte hacia la viga deslizadera		x		
Controlar las fugas y vástago del cilindro de avance	x			
Revisar el estado y funcionamiento del soporte de mangueras	x			
Revisar el estado y desgaste de la viga	x			
Revisar el estado de los postizos de la viga	x			
Revisar el desgaste de las piezas deslizantes de la perforadora	x			
Revisar el funcionamiento del sensor inductivo de viga	x			

<b>Sistema Barrido</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el funcionamiento de la bomba de agua (booster)	x			
Revisar los pernos soportes de la bomba de agua	x			
Comprobar el funcionamiento de la bomba de barrido mixto	x			
Revisar el funcionamiento de electroválvulas de paso de agua	x			
Revisar nivel de aceite del compresor	x			
Revisar y/o cambiar filtro de admisión de compresor	x			
Cambiar el filtro de aceite del Compresor		x		
Cambiar aceite de Compresor		x		
Cambiar filtro separador del compresor		x		
Limpiar las aletas de compresor	x			
Revisar pernos de anclaje de compresor	x			
Comprobar el funcionamiento de la válvula de seguridad del compresor	x			
Revisar el funcionamiento de la bomba de lubricación	x			
Regular las pulsaciones de la bomba de lubricación	x			

<b>Sistema Mordaza</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Realizar limpieza de la mordaza	x			
Revisar el funcionamiento de los pistones de los cilindros	x			
Ajustar y/o cambiar el tornillo para la sujeción de guía de barras	x			
Ajustar y/o cambiar el tornillo para la sujeción de los cilindros hidráulicos	x			
Ajustar y/o cambiar el tornillo para la sujeción de mordaza.	x			
Verificar la presión de guía de barreno		x		



#### 4.2.2 Sistema Posicionamiento:

Sistema Hidráulico	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Cambiar el aceite hidráulico y limpiar el tanque.			x	
Cambiar los filtros de aceite de retorno.			x	
Cambiar los filtros de aceite hidráulico.			x	
Drenar el agua de depósito de aceite hidráulico.	x			
Tomar una muestra del aceite hidráulico.	x			
Verificar la temperatura del aceite hidráulico.	x			
Verificar el nivel de aceite del depósito hidráulico.	x			
Verificar si está obstruido el filtro del respiradero.	x			
Cambiar el aceite de la caja de engranajes de carrete de cable eléctrico				x
Comprobar el nivel de aceite de la caja de engranajes de carrete de cable eléctrico	x			
Comprobar/regular ajuste de presión de posicionamiento.	x			
Comprobar/regular los rangos de presiones de las bombas hidráulicas.	x			
Comprobar/regular velocidad de rotación.	x			
Verificar estado de la bomba hidráulica principal	x			
Verificar si la bomba del amortiguador tiene fugas.	x			
Verificar si la bomba hidráulica de rotación tiene fugas.	x			

Sistema Control RCS	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el funcionamiento de los sensores de ángulo.			x	
Comprobar el funcionamiento de los sensores de longitud.			x	
Comprobar el funcionamiento de los sensores de presión.			x	
Comprobar el funcionamiento de los sensores inductivos.			x	
Comprobar y limpiar el display.	x			
Comprobar, apretar y limpiar el enchufe de dirección.	x			
Comprobar, apretar y limpiar los enchufes finales.	x			
Verificar si están dañados los módulos de aplicación.	x			
Verificar si están dañados los módulos E/S.	x			
Verificar si están dañados los módulos Resolver.	x			
Verificar y proteger los cables CAN.	x			

<b>Sistema Eléctrico</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el aislamiento del cable principal.	x			
Verificar el estado del cable principal.	x			
Comprobar las conexiones del colector.	x			
Limpiar el colector y apretar los pernos.	x			
Limpiar los anillos rozantes y las escobillas (colector)	x			
Comprobar los indicadores del armario o tablero.	x			
Verificar funcionamiento de las luces de trabajo.	x			
Verificar el aislamiento del motor eléctrico.	x			
Comprobar el funcionamiento del relé de fallo a tierra.	x			
Comprobar el voltaje de línea del sistema eléctrico.	x			
Comprobar estado de cableado y conexiones.	x			
Comprobar las conexiones del sistema eléctrico.	x			
Comprobar si están dañados los componentes eléctricos del tablero.	x			
Limpieza general del tablero, utilizando solvente dieléctrico.	x			
Comprobar el funcionamiento del voltímetro	x			
Comprobar el funcionamiento del amperímetro	x			

### 4.2.3 Sistema Transporte:

Sistema Desplazamiento	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Verificar la junta de la articulación central.	x			
Comprobar la amortiguación del asiento.	x			
Verificar el funcionamiento de las escobillas del limpiaparabrisas.	x			
Verificar el funcionamiento del cinturón de seguridad.	x			
Verificar estado del chasis (rajaduras).	x			
Inspeccionar la bocina de eje oscilante	x			
Comprobar el apriete de los pernos de la línea de transmisión.	x			
Verificar los rodamientos y crucetas.	x			
Cambiar el aceite del diferencial				x
Cambiar el aceite del planetario (mandos finales)				x
Comprobar el apriete de los pernos de los ejes.	x			
Limpiar depósito de combustible		x		
Cambiar el aceite del motor.	x			
Cambiar filtro de aceite del motor.	x			
Cambiar filtro de aire.	x			
Cambiar filtro de combustible.	x			
Calibrar Válvulas.				x
Limpiar el filtro de la bomba de alimentación de combustible.	x			
Verificar el tubo de escape y las conexiones.	x			
Verificar las tuberías y mangueras de entrada.	x			
Inspeccionar los espárragos y tuercas de las ruedas.	x			
Comprobar el apriete de los pernos de montaje de la bomba de la transmisión.			x	
Cambiar filtro de caja de transmisión			x	

<b>Sistema Eléctrico</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el voltaje / amperaje del alternador.	x			
Limpiar el alternador.			x	
Comprobar el voltaje / amperaje del arrancador	x			
Limpiar el arrancador.			x	
Comprobar y apretar las conexiones de la batería.	x			
Limpiar y engrasar los bornes de la batería.	x			
Comprobar el sensor de temperatura hidráulica.		x		
Comprobar las conexiones del sistema eléctrico.		x		
Revisar estado de los indicadores e instrumentos del panel del operador.	x			
Revisar estado de tablero eléctrico DC.	x			
Verificar estado de cableado y conexiones.	x			
Comprobar que las paradas de emergencia funcionan correctamente.	x			
Verificar el funcionamiento de las lámparas de aviso.	x			
Verificar estado de alarma de retroceso.	x			
Verificar estado de la circulina.	x			
Verificar estado de las luces del vehículo.	x			
Verificar funcionamiento de la bocina.	x			
Verificar el funcionamiento del horómetro	x			
Verificar el funcionamiento el sensor de nivel de combustible	x			

<b>Sistema Hidráulico</b>	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Comprobar el funcionamiento de las válvulas de dirección		x		
Medir las presiones en el sistema de dirección.			x	
Probar el freno de estacionamiento.	x			
Verificar el desgaste de los discos de freno/cambiar si es necesario.			x	
Verificar el funcionamiento del freno de servicio.	x			
Verificar si están desgastadas las zapatas de los frenos.			x	
Verificar si existen daños o fugas en los cilindros de dirección.		x		

### 4.3 COSTO POR MANTENIMIENTO

Relación de Filtros y aceite para los tipos de mantenimiento.

Equipo Modelo Simba H1254.

Sistema	Código	Descripción	Cant.	A	B	C	D
				125	250	500	1000
Transporte	3216921400	Filtro aceite motor.	1	x			
	5112240007	Filtro combustible.	1	x			
		Aceite 15W-40	5	x			
		Aceite 85W-140	10			x	
Posicionamiento	1613740700	Filtro aire compresor	2	x			
	1503018900	Filtro aire compresor	2	x			
	1622314200	Filtro aceite compresor	1		x		
	8231085419	Filtro alivio	1		x		
	1622646000	Elemento separador aceite	1		x		
	8231101804	Elemento retorno hidráulico	2			x	
	8231101828	Filtro succión	1			x	
		Aceite roto fluid	3		x		
	Aceite tellus 68	35			x		

Equipo Modelo Simba M4C.

Sistema	Código	Descripción	Cant.	A	B	C	D
				125	250	500	1000
Transporte	3222188132	Filter set.	2	x			
	3216921400	Filtro aceite motor	1	x			
	5112323027	Filtro combustible	2	x			
	3177000229	Pre filtro combustible	1	x			
	5112320479	Filtro A/C	1	x			
	5112330041	Filtro A/C	2	x			
	5112244804	Filtro transmisión	1			x	
		Aceite 15W-40	5	x			
	ACEITE 85W-140	12			x		
Posicionamiento	1619622000	Filtro Aire	2	x			
	3216921404	Filtro aceite compresor	1		x		
	1613901400	Elemento separador aceite	1		x		
	8231085419	Filtro alivio	1		x		
	8231101804	Elemento retorno hidráulico	6			x	
		Aceite roto fluid	3		x		
		Aceite Tellus 68	70			x	

Personal Técnico para los tipos de Mantenimiento.

El costo por personal técnico por hora es \$ 8.61.

	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Técnico Mecánico	2	2	3	3
Técnico Electricista	1	1	1	1
Horas Programadas	8	8	10	12

Costo por tipo de mantenimiento en Dólares Americanos.

Equipo Modelo Simba H1254

	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Transporte	280.04	280.04	481.90	481.90
Posicionamiento	407.70	1004.83	1653.16	1653.16

Equipo Modelo Simba M4C.

	A	B	C	D
	125	250	500	1000
Transporte	1372.52	1535.14	1749.82	1749.82
Posicionamiento	483.96	846.75	2043.09	2043.09

Realizando una proyección de mantenimiento para los equipos de perforación radial se tiene la siguiente tabla de ahorro por lucro cesante obteniendo un ahorro de 49.68%

	PROYECCION MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
	A	B	C	D	
Posicionamiento	13	7	3	4	
Transporte	1	1			
Horas Intervención	112	64	30	48	254
Lucro Cesante Mantenimiento Preventivo					63312.04
Lucro Cesante Promedio 2012					125818.97
Variación Lucro Cesante					49.68%

#### 4.4 PLAN DE RENOVACIÓN DE EQUIPOS.

El siguiente plan de renovación de equipos se desarrolla mediante un análisis del costo de ciclo de vida; en la cual se comparan los equipos actuales con otros de igual mejor característica en base a los costos de operación y los lucros cesantes.

##### **Definiciones preliminares:**

**Ebitda:** es un indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization* (beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones), es decir, el beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros.

**Opex:** Son los gastos de Operación, es decir, la suma de los gastos de funcionamiento de un equipo por un período de tiempo, como un mes o un año.

**Capex:** son inversiones de capital que crean beneficios. Un CAPEX se ejecuta cuando un negocio invierte en la compra de un activo fijo o para añadir valor a un activo existente con una vida útil que se extiende más allá del año imponible. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales.

#### 4.4.1 Horas Trabajadas Periodo 2012.

Equipo	Sistema	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado
Simba H1254 1	Percusión	84.1	121.5	75.7	118.9	117.1	134.0	120.0	112.0	132.4	125.6	138.0	148.0	4335.4
	Posicionamiento	174.1	257.2	180.9	267.5	267.5	264.0	248.6	207.0	306.2	332.4	291.8	312.0	11215.0
	Transporte	28.2	40.8	22.0	21.3	17.7	18.0	34.4	29.8	23.8	24.3	20.7	19.0	2084.0
Simba H1254 2	Percusión	113.2	103.6	69.2	99.1	66.9	131.0	129.4	100.9	110.9	130.5	112.3	120.0	3683.8
	Posicionamiento	272.5	221.5	181.0	243.4	165.6	314.0	310.2	284.2	293.5	315.1	286.0	310.0	9560.0
	Transporte	23.2	18.8	21.2	24.6	17.4	24.0	32.0	27.4	26.5	20.7	23.4	25.0	1108.2
Simba H1254 3	Percusión	83.4	101.0	57.6	67.9	92.1	112.0	125.2	93.4	131.4	140.8	90.2	79.0	2750.3
	Posicionamiento	271.4	295.6	216.3	258.0	265.0	329.0	342.5	295.1	314.7	309.5	274.2	230.0	8541.2
	Transporte	22.9	21.6	37.8	32.3	41.8	24.0	26.2	25.9	18.7	15.7	28.5	29.0	953.1
Simba M4C 4	Percusión		64.1	103.9	138.6	141.9	121.0	130.1	119.1	107.8	118.5	117.5	121.0	1283.6
	Posicionamiento		226.1	323.9	375.4	370.6	334.0	338.3	323.7	303.0	334.1	341.0	323.0	3593.0
	Transporte		22.5	20.5	15.0	27.5	18.0	40.7	22.1	17.3	23.2	28.2	21.0	256.0

Para el cálculo del lucro cesante de los equipos se considera las horas del sistema de posicionamiento que es un promedio de 310 horas mensuales en condiciones normales.



#### 4.4.2 Cálculo del Lucro Cesante:

Considerando que:

El EBITDA para equipos móviles US\$ 1000 es: **2474.94/mes.** (EBITDA del 2011 del Estado de Resultados Contables).

El Porcentaje de aporte para la familia de los equipos Simbas es: **12.49%** (Según Capex 2012).

Lucro Cesante = (((% Aportes x EBITDA)/(N° equipos))/Horas mes) x 1000

**Lucro Cesante = 249.26 (US\$/hrxEqp).**

##### 4.4.2.1 Horas Paradas de los equipos.

Código	Equipo	2010	2011	2012
SI001	Simba 1	1988.23	3414.77	421.92
SI002	Simba 2	477.42	574.2	619.47
SI003	Simba 3	116.67	374.33	486.27
SI004	Simba 4	0	0	491.42

##### 4.4.2.2 Lucro Cesante:

Código	Equipo	2009	2010	2011	2012
SI001	Simba 1	130612.24	495586.21	851165.57	105167.78
SI002	Simba 2	24926.00	119001.71	143125.09	154409.09
SI003	Simba 3		29081.16	93305.50	121207.66
SI004	Simba 4				122491.35

##### 4.4.3 Costo Operacional Opex:

Código	Equipo	2009	2010	2011	2012
SI001	Simba 1	144396	243120	343027	315983
SI002	Simba 2	5828	130549	253677	296405
SI003	Simba 3		28044	180297	338552
SI004	Simba 4				244746

#### 4.4.4 Formula de Depreciación:

Fórmula de depreciación:  $A = P * \{[i*(1+i)^n]/[(1+i)^n - 1]\}$

#### 4.4.5 Formula de Actualización:

Formula de actualización:  $P = F * \{1/(1+i)^n\}$

Donde i es la tasa de retorno y n es el año.

Para nuestra evaluación consideramos la tasa de retorno de  $i=15.2\%$ .

#### 4.4.6 Renovación Equipo:

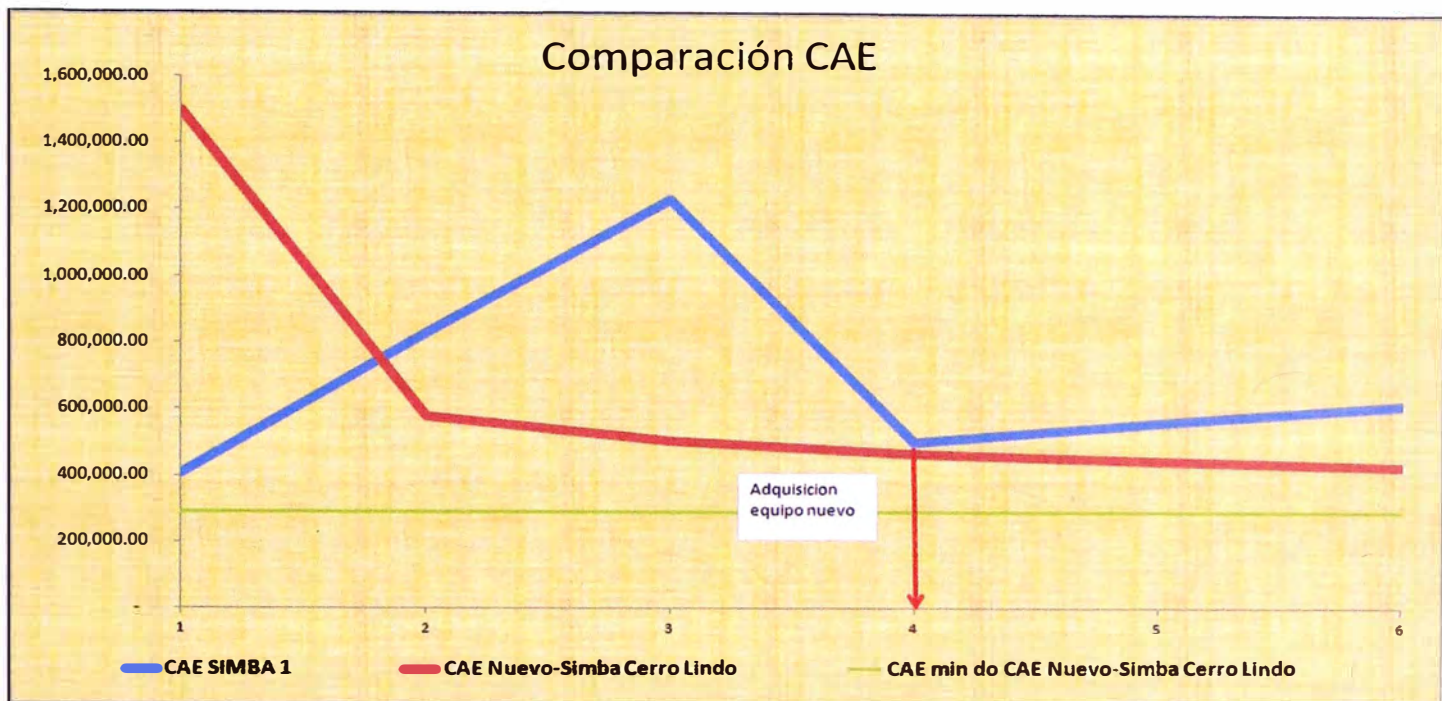
##### Activo Corriente Simba 1.

Años		1	2	3	4
No-venta(depreciación)	540,000.00	622,080.00	333,009.37	237,292.38	189,909.03
Reventa		490,909.09	409,090.91	314,685.31	224,775.22
Reventa Actualizada		426,136.36	308,258.36	205,834.91	127,625.81
Reventa Anualizada		490,909.09	190,098.01	90,450.10	44,883.88
no-venta - reventa = LCC CAPEX actualizado		131,170.91	142,911.36	146,842.27	145,025.15
Opex		144,396.00	243,120.00	343,027.00	315,983.00
Opex actualizado		125,343.75	183,195.89	224,373.14	179,412.96
LCC (fuera Capex)		125,343.75	308,539.64	532,912.78	712,325.74
LCC OPEX anualizado		144,396.00	190,271.46	234,178.04	250,513.13
<b>LUCRO CESANTE</b>		<b>130612</b>	<b>495586</b>	<b>851166</b>	<b>105168</b>
CAE TBI 1	Total business Impact	406,179.15	828,769.04	1,232,185.88	500,706.06

##### Adquisición de Equipo Simba Nuevo.

Años		0	1	2	3	4
CAPEX	650,000.00					
CAPEX anualizado		748,800.00	400,844.61	285,629.71	228,594.20	
Reventa		-	590,909.09	492,424.24	378,787.88	
Reventa Actualizada		-	445,262.08	322,093.52	215,073.13	
Reventa Anualizada		-	274,586.01	141,537.66	75,637.65	
CAPEX-Reventa	CAE CAPEX	748,800.00	126,258.60	144,092.05	152,956.56	
OPEX		245,907.60	270,498.36	297,548.20	327,303.02	
OPEX presente		213,461.46	203,826.05	194,625.56	185,840.38	
LCC (fuera Capex)		650,000.00	853,826.05	1,048,451.61	1,234,291.99	
LCC anualizado	CAE OPEX	748,800.00	526,540.87	460,721.43	434,079.99	
CAE TBI 2		1,497,600.00	652,799.47	604,813.48	587,036.55	

Años		1	2	3	4
277,691.63	CAE SIMBA 1	406,179.15	828,769.04	1,232,185.88	500,706.06
378,855.32	CAE Nuevo-Simba Cerro Lindo	1,497,600.00	652,799.47	604,813.48	587,036.55
	CAE min do CAE Nuevo-Simba Cerro Lindo	378,855.32	378,855.32	378,855.32	378,855.32

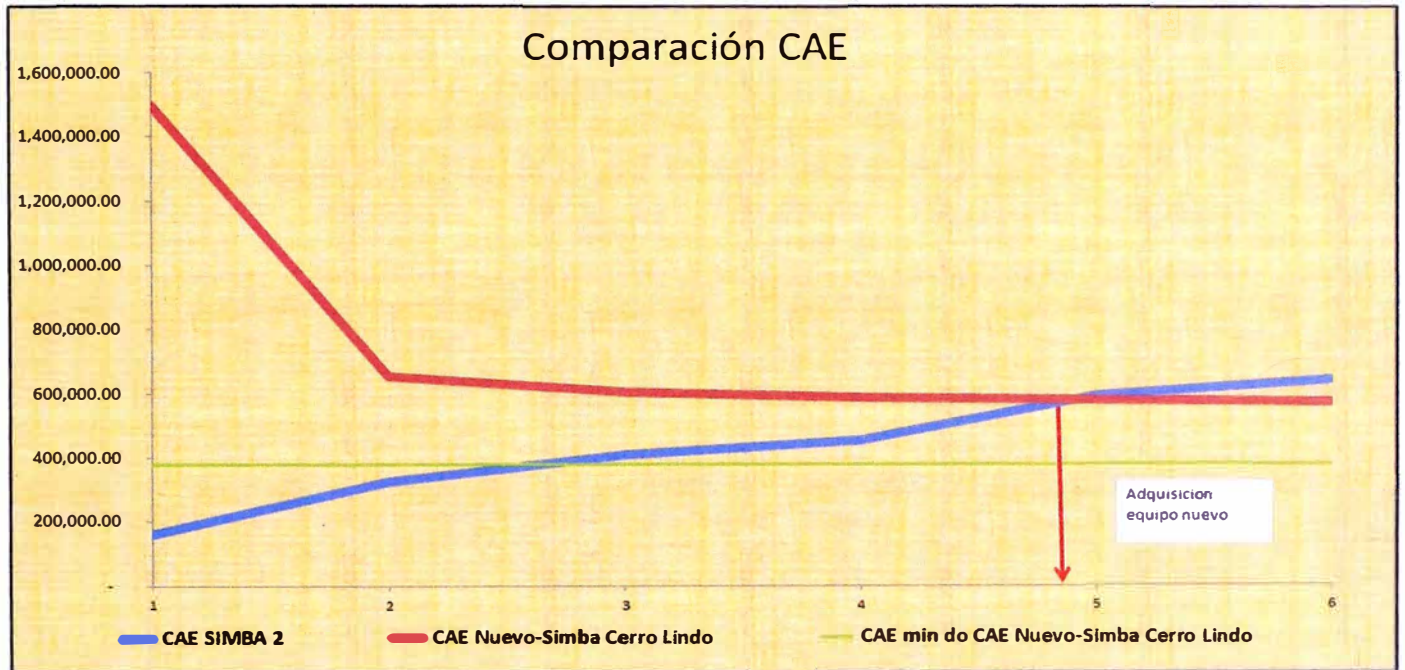


En este equipo se realizó una reparación mayor entre en segundo y tercer año por lo que incremento su CAE.

### Activo Corriente Simba 2:

Años	1	2	3	4	
<b>No-venta(depreciacion)</b>	540,000.00	622,080.00	333,009.37	237,292.38	189,909.03
<b>Reventa</b>	490,909.09	409,090.91	314,685.31	224,775.22	
Reventa Actualizada	426,136.36	308,258.36	205,834.91	127,625.81	
Reventa Anualizada	490,909.09	190,098.01	90,450.10	44,883.88	
<b>no-venta - reventa = LCC CAPEX actualizado</b>	131,170.91	142,911.36	146,842.27	145,025.15	
<b>Opex</b>	5,828.00	130,549.00	253,677.00	296,405.00	
Opex actualizado	5,059.03	98,371.34	165,929.52	168,296.70	
LCC (fuera Capex)	5,059.03	103,430.37	269,359.89	437,656.59	
LCC OPEX anualizado	5,828.00	63,783.86	118,364.90	153,916.55	
<b>LUCRO CESANTE</b>	24926	119002	143125	154409	
CAE TBI 1	Total business Impact	161,924.91	325,696.93	408,332.27	453,350.80

Años		1	2	3	4
161,924.91	CAE SIMBA 2	161,924.91	325,696.93	408,332.27	453,350.80
378,855.32	CAE Nuevo-Simba Cerro Lindo	1,497,600.00	652,799.47	604,813.48	587,036.55
	CAE min do CAE Nuevo-Simba Cerro Lindo	378,855.32	378,855.32	378,855.32	378,855.32



**CAPITULO 5**

**COMPONENTES CRÍTICOS DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

**RADIAL**

**5.1 SISTEMA PERFORACIÓN**

Sub Sistema	Componente	Descripción	N° Parte
Sistema Barrido	Bomba Agua	Water Pump Unit	3217 9192 50
		Water Pump	9111 2699 00
		Electric Motor	1080 2340 09
	Compresor	Compresor LE 7	8115 9018 06
Sistema Manejo Barras RHS 17		Plunger	3128 3103 50
		Hydr. Cylinder	3128 3134 03
		Hydr. Cylinder	3128 3134 01
		Hydr. Cylinder	3128 3134 04
		Hydr. Cylinder	3128 3106 12
		Segment	3128 3074 67
		Bushing Half	3128 3104 21
Perforadora Cop 1838		Pistón	3115 2129 00
		Bushing	3115 1881 00
		Guide	3115 2119 00
		Shaft	3115 0821 00
		Driver	3115 1582 00
		Rot.Ch.Bushing	3115 2968 00
		Bolt	3115 1457 00
		Side Bolt	3115 2113 00
		Accumulator	3115 2696 80
		Accumulator	3115 2700 80
		Return Accum.	3115 2615 91
		Hydraulic Motor	3115 3473 83
		Coupling	3115 0277 00

Sistema Avance BMH 200	Feed Beam	3128 3097 89
	Front Plate	3128 0018 60
	Hydr. Cylinder	9121 7221 01
	End Plate	3128 3097 88
	Interm. Plate	3128 3097 93
	Slide Bar	3128 0034 01
	Cradle	3128 3095 62
	Holder Set	3128 3123 07
	Holder Set	3129 3123 08
Sistema Mordaza BHS 55	Dr.St.Su.House	3128 3013 06
	Hydr. Cylinder	3128 0030 51
	Pistón Rod End	3128 3013 89
	Check	3128 3023 92

## 5.2 SISTEMA POSICIONAMIENTO.

			Modelo H1254	Modelo M4C
Sistema Control RCS	D500	Operator Unit	-	9106 2196 82
	D501	Display	9106 1919 90	9106 2173 95
	D100	Applic. Modul	-	9106 2335 61
	D101-D105	I/O-Modul	-	9106 2535 50
	D120	Resolver Modul	9106 2065 33	9106 2451 80
		Inclinometer	-	9106 2192 04
		Linear Sensor	-	9106 2192 17
		Angle Sensor	-	9106 2192 03
Sistema Hidráulico		Hydraulic Pump	3217 8762 00	3217 8762 00
		Hydraulic Pump	3217 8525 00	3217 8525 00
		Direction Valve	3217 9966 03	-
		Direction Valve	3217 9966 02	-
		Air Oil Cooler	3217 7511 11	3217 7511 47
		Oil Cooler	3217 8762 00	3217 8762 00
		Stinger	3217 8525 00	3217 8525 00
		Stinger	9111 4063 41	3128 0023 10
		Hydr. Cylinder	3128 3060 21	3128 3060 89
		Hydr. Cylinder	3128 3060 15	3128 3115 28
		Hydr. Cylinder	3128 3060 24	3128 3060 90
		Hydr. Cylinder	3128 0560 80	3128 0560 80
		Hydr. Cylinder	9121 5913 01	3128 3060 28
			3128 3060 28	

Sistema Eléctrico		Electric Motor	3217 9970 11	3217 9970 11
		Operating Cable	3217 8438 04	-
		Cable	9111 3420 12	-
		Cable	9111 4012 12	-
		Controler	3176 4341 20	-
		Commutator	3217 9294 81	5112 3188 18
		Cable, 4-Core	0019 8405 29	0019 8405 31
		Main Switch	9106 1125 00	3217 0005 59
		Cable Complete	-	9106 0020 75

### 5.3 IDENTIFICACIÓN PROACTIVA.

Para una mejor evaluación de las fallas recurrentes y aplicar un plan de mantenimiento proactivo, involucrando a los Supervisores, técnicos y Operadores, se identifica los sistemas y subsistemas de los equipos de perforación radial.

Percusión	Sistema Barrido	Bomba agua
		Compresor
	Sistema Perforación	Manejo de Barras RHS
		Avance
		Mordaza
Posicionamiento	Sistema RCS	Perforadora Cop
		Actuadores y/o Mandos
		Cables Can Bus
		Display y/o panel control
		Modulo Aplicación
		Modulo Entrada / Salida
	Sistema Hidráulico	Modulo Resolver
		Protección
		Actuadores
		Control DCS
		Deposito o Tanque
	Sistema Eléctrico	Enfriador
		Unidad Potencia
		Mangueras y/o conectores
		Cable eléctrico principal
		Cables eléctricos (distribución)
		Colector
	Sistema Eléctrico	Luminarias
Tablero eléctrico		
Motor eléctrico		

Transporte	Sistema Desplazamiento	Caja transmisión
		Eje delantero
		Eje posterior
		Motor diésel
		Neumáticos
		Transmisión Hidrostática
		Línea cardanica
	Sistema Eléctrico	Alternador
		Arrancador
		Baterías
		Tablero Eléctrico
		Cables eléctricos (distribución)
	Sistema Hidráulico	Panel Operador
		Actuadores
		Freno
		Dirección
	Sistema Hidráulico	Mangueras y/o conectores



#### 5.4 ANÁLISIS FALLA EQUIPOS PERFORACIÓN RADIAL.

A continuación se desarrolla el análisis de falla de los equipos de perforación radial para justificar que los sistemas críticos de estos equipos son el de posicionamiento y percusión.

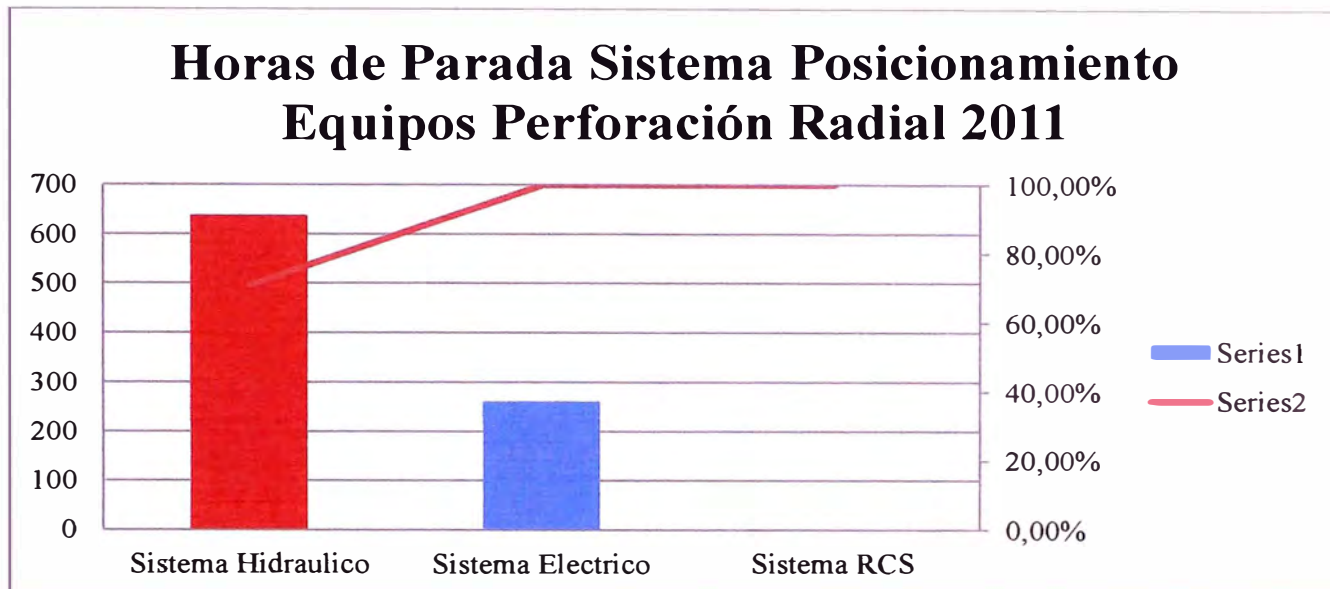
##### Análisis falla por horas de parada periodo 2011.

	Simba 1	Simba 2	Simba 3
Posicionamiento	334.56	327.32	238.02
Percusión	145.73	232.95	133.64
Transporte		13.93	2.67
Total horas	480.29	574.2	374.33



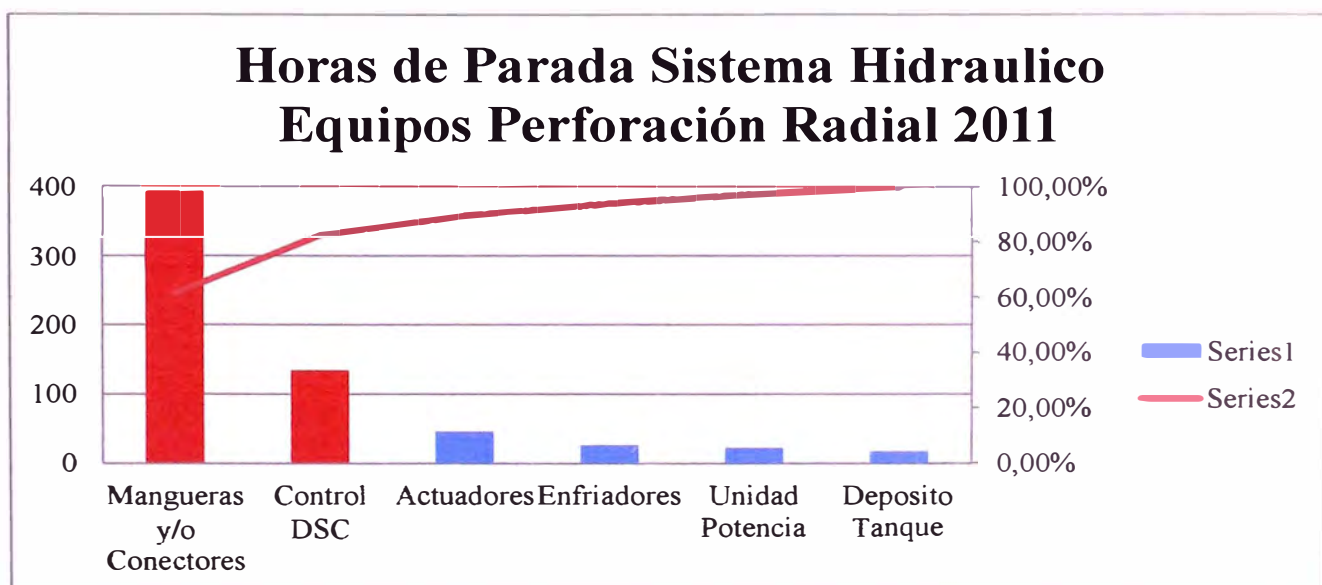
De los 3 sistemas principales se analiza el sistema de posicionamiento por el más crítico.

	Simba 1	Simba 2	Simba 3
Sistema Hidráulico	226.86	218.55	193.26
Sistema Eléctrico	107.7	108.77	44.76
Sistema RCS	0	0	0
Total horas	334.56	327.32	238.02



De análisis de falla del sistema de posicionamiento analizamos el sistema hidráulico.

	Simba 1	Simba 2	Simba 3
Mangueras y/o Conectores	69.2	158.9	164.78
Control DSC	87.82	27.71	18.5
Actuadores	17.5	20.5	7.65
Enfriadores	12.84	11.44	2.33
Unidad Potencia	22.5		
Deposito Tanque	17		
<b>Total horas</b>	<b>226.86</b>	<b>218.55</b>	<b>193.26</b>



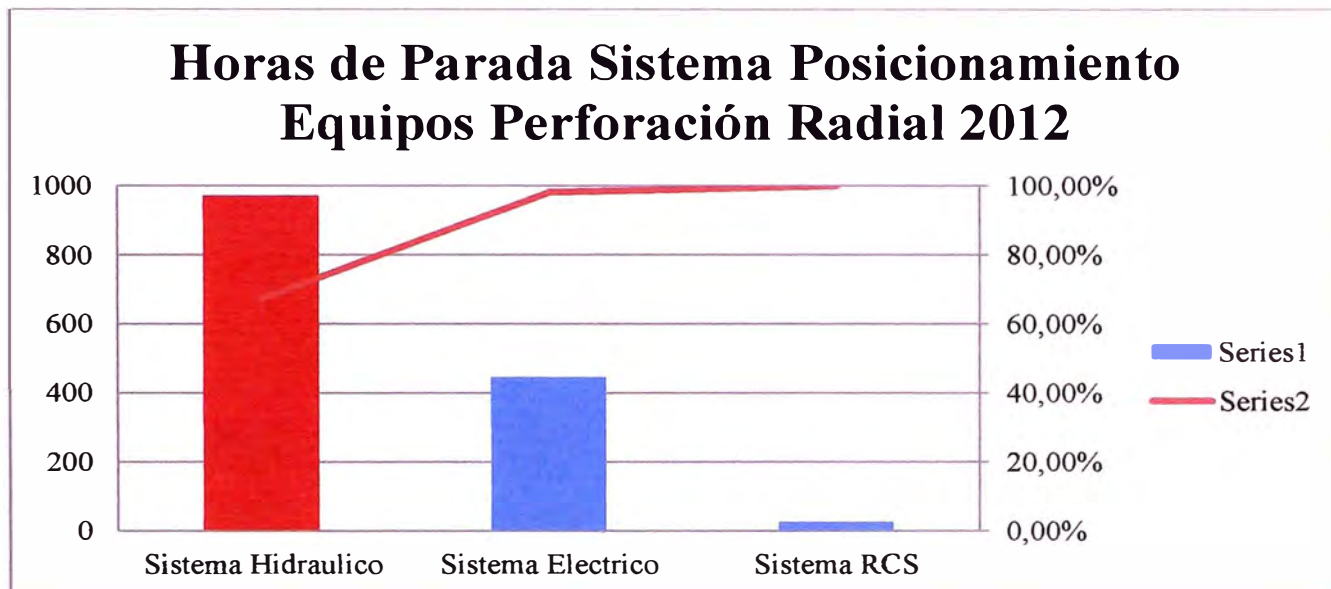
### Análisis falla por horas de parada periodo 2012.

	Simba 1	Simba 2	Simba 3	Simba 4
Posicionamiento	281.99	425.96	382.24	354.23
Percusión	130.34	169.68	101.28	136.19
Transporte	9.59	23.83	2.75	1
Total horas	421.92	619.47	486.27	491.42



De los 3 sistemas principales se analiza el sistema de posicionamiento por ser el más crítico.

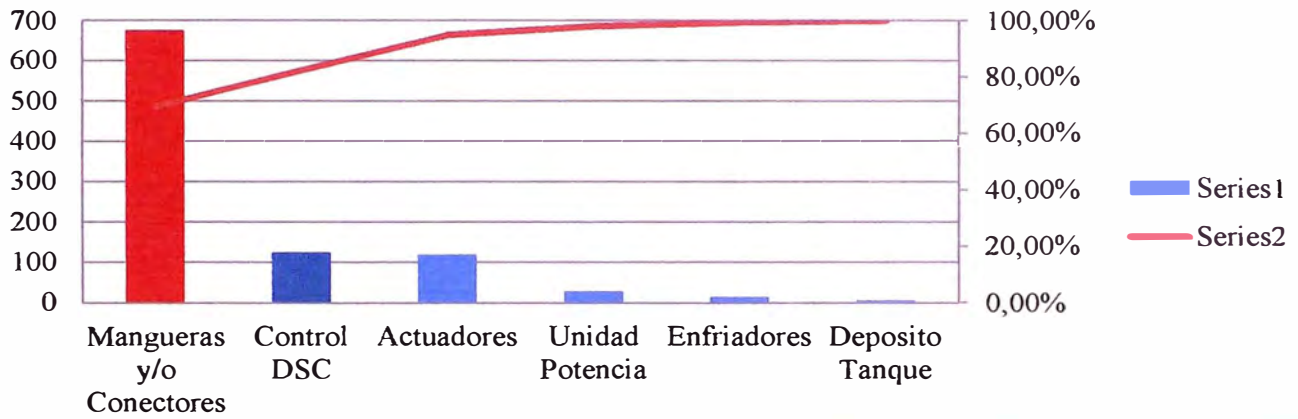
	Simba 1	Simba 2	Simba 3	Simba 4
Sistema Hidráulico	191.95	285.96	241.12	252.76
Sistema Eléctrico	90.04	140	141.12	75.65
Sistema RCS				25.82
Total horas	281.99	425.96	382.24	354.23



De análisis de falla del sistema de posicionamiento analizamos el sistema hidráulico.

	Simba 1	Simba 2	Simba 3	Simba 4
Mangueras y/o Conectores	127.95	177.69	179.9	190.67
Control DSC	33.78	46.59	32.6	12.98
Actuadores	20.6	42.88	13.5	43.69
Unidad Potencia	7.95	10.3	10	
Enfriadores	1.67	4.5	5.12	3.42
Deposito Tanque		4		2
<b>Total horas</b>	<b>191.95</b>	<b>285.96</b>	<b>241.12</b>	<b>252.76</b>

## Horas de Parada Sistema Hidraulico Equipos Perforación Radial 2012



## CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a la identificación proactiva desarrollado en el capítulo 5, se identifica que el sistema crítico para los equipos de perforación radial es de posicionamiento seguido del sistema de percusión.
- 2.- De acuerdo al análisis de falla desarrollado en el capítulo 5 se observa que la mayor intervención mecánica en los equipos de perforación radial es en el sistema hidráulico, mangueras y conectores, eso se debe a las condiciones de operación como son caída de rocas, fricción y condiciones operacionales por lo que es necesario contar con una calidad de manguera recomendada por el fabricante.
- 3.- De acuerdo al análisis del ciclo de costo de vida, estos equipos tienen un promedio de vida útil de 4 años.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.- Para conservar la maquinaria en buen funcionamiento, es necesario seguir estrictamente las recomendaciones que requieran todos los sistemas y para los cuales se tiene información en este documento.
- 2.- Se debe contar con los repuestos y componentes detallados en este documento para evitar tiempos de parada prolongados por temas logísticos de importación.
- 3.- Se debe Mantener buena comunicación con el jefe de talleres, Técnicos y Operadores para que se pueda coordinar los mantenimientos de las máquinas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **Atlas Copco**, Instrucciones de Mantenimiento Simba H1254, 2007.
2. - **Atlas Copco**, Operators Instructions Simba H1254, 2007.
- 3.- **Atlas Copco**, Instrucciones de Mantenimiento Simba M4C, 2011.
4. - **Atlas Copco**, Operators Instructions Simba M4C, 2011.
6. - O'Connor, P. Practical Reliability Engineering, Great Britain; John Wiley & Sons, 1986
5. - Brown, R.J. & R.R. Yanuck, Introduction to Life Cycle Costing, 1985.
6. - Curso Actualización UNI-FIM, 2012.