Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

"MANTENIMIENTO Y REPARACION DE UNA PERFORADORA HIDRÁULICA DMM2 PARA MINA ANTAMINA"

INFORME DE INGENIERÍA PARA OPTAR
EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

MANUEL FERNANDO POLO CASTILLO

PROMOCIÓN: 1993-I

LIMA–PERU 2005

" A mi querido Perú, mis padres Manuel y Ascencia, a mis hermanos Margarita, Bertha, Justo, Marco, María, mis sobrinas Vanessa, Beatrice, Jazmín, Jackelyn y a mi Alma Mater la Universidad Nacional De Ingeniería."

INDICE

PROLOGO

GLOSARIO DE TERMINOS

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCION 4

1.1 ANTECEDENTES 6

1.2 OBJETIVOS 7

1.3 FUNDAMENTOS DE LA PERFORACION ROTATIVA 8

CAPITULO II

2.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA PERFORADORA DMM2 65

CAPITULO III

3.0 SISTEMAS DE OPERACIÓN DE LA PERFORADORA DMM2 69

3.1 SISTEMA HIDRÁULICO 69

3.2 SISTEMA DE TORRE DE PERFORACIÓN 105

3.3 SISTEMA MOTOR 115

3.4 SISTEMA NEUMÁTICO 120

3.5 SISTEMA ELECTRICO 138

CAPITULO IV

4.0 MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LA PERFORADORA DMM2 139

4.1 HIDRÁULICO 168

4.2 TORRE DE PERFORACIÓN 171

4.3 MOTOR 177

4.4 NEUMÁTICO 177

4.5 ELECTRICO 182

CAPITULO V

5.0 REPARACIONES PROGRAMADAS DE LA PERFORADORA DMM2 183

5.1 REPARACIONES MAYORES 184

5.2 REPARACIONES MENORES Y MISCELANEAS 226

5.3 CONSUMIBLES Y LUBRICANTES 237

CAPITULO VI

6.0 GESTION DEL MANTENIMIENTO 238

6.1 ANALISIS DE GESTION DE MANTENIMIENTO 246

6.2 RECOMENDACIONES 254

CAPITULO VII

7.0 CONTRATO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES - M.A.R.C. 257

7.1 CALCULO DE TARIFA PARA UN M.A.R.C. DE DOS PERFORADORAS 263

7.2 ANALISIS DE RENTABILIDAD DEL M.A.R.C. 276

CONCLUSIONES 278

BIBLIOGRAFÍA 279

ANEXOS 280

PROLOGO

A través del presente trabajo de ingeniería queremos dejar explicaciones claras, tanto en conceptos fundamentales empleados, así como procedimientos aplicados en el mantenimiento y reparaciones de perforadoras Diesel Hidráulicas Rotativas utilizadas para voladura Primaria en una operación minera de Tajo Abierto.

Las perforadoras vienen a ser los equipos con prioridad uno, por tal motivo, hemos hecho lo posible por dejar las experiencias técnicas vividas durante los años de experiencia en el mantenimiento y reparaciones de este tipo de equipos.

El autor desempeñó el cargo de Jefe de Mantenimiento de Equipos Auxiliares para la Empresa Ferreyros S.A.A. en la mina Cía. Minera Antamina S.A.A. en 1999. Realizó trabajos de supervisión en la mina de oro Pierina Minera Barrick Misquichilca S.A. en 1998, ambas en el Departamento de Ancash y en sus etapas de inicio, en la actualidad se desempeña como supervisor de equipo pesado para Ferreyros S.A.A. en Southern Perú Copper Corporation en el asiento minero de Cuajone en el Departamento de Moquegua. Recibió entrenamiento como ingeniero certificado por la prestigiosa INGERSOLL-RAND CO., en Davidson, North Caroline en el programa Street Fighter en 1997, fue certificado como ingeniero calificado por la misma INGERSOLL-RAND CO. MINING AND CONSTRUCTION DIVISIÓN, fabricante mundial de perforadoras rotativas para minería en Copiapó CHILE, en 1998. En forma paralela ha recibido entrenamiento por CATERPILLAR CORPORATION fabricante mundial de equipo pesado para minería en Tucson, Arizona E.E.U.U. en el programa Mining Trinning en Julio de 1999 y en el programa de entrenamiento para Jefes de Proyecto: Project Manager realizado en Mayo, 2003 por la división de Caterpillar Global Mining en Peoria, Illinois E.E.U.U..

La Cía. Minera Antamina S.A. tuvo un Contrato de Mantenimiento y Reparaciones con FERREYROS S.A.A., que consistió en una nueva metodología de servicio de mantenimiento conocida como M.A.R.C. (Maintenance And Repair Contract). Las principales minas de Tajo Abierto del mundo y de Sudamérica vienen utilizando esta metodología desarrollada por Caterpillar Corporation (fabricante mundial de equipo pesado para operaciones mineras) desde hace más de 10 años junto con sus distribuidores, como ejemplo tenemos la mina Cerrejón en Colombia, las minas de Chuquicamata y Escondida de Chile, las minas de Oro en Nevada en USA, el mega proyecto Alumbrera en Argentina y en nuestro país el M.A.R.C. que existe es el de Minera Yanacocha en Cajamarca entre otros. La mina Pierina en Ancash inicio sus operaciones bajo un M.A.R.C en 1998-99. La información utilizada por el autor ha sido recopilada en sus cursos de capacitación profesional y experiencias adquiridas trabajando en las operaciones mineras en las que fue destacado, por la que damos un especial agradecimiento a la Empresa Ferreyros S.A.A.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Sulphide	Sulfuro
2. Blasting	Voladura
3. Dealers	Distribuidores
4. Maintenance and Repair Contract (MARC)	Contrato de Mantenimiento y Reparación
5. Drifter	Perforadora de galería
6. Pulldown	Descenso, avance
7. Pullback	Retroceso, Retorno
8. Spindle	Vástago
9. CFM	Pies Cúbicos por Minuto
10. Loop	Circuito
11. Manifold	Tubo Distribuidor
12. Set Point	Punto de Calibración
13. Válvula Shuttle	Válvula Dosificadora de Aceite
14. Switch	Conmutador, Contactor
15. Over Center	Válvula de sobrecentro
16. Suht-Off	Apagado
17. HUEI, Hydraulic Electronic Unit Injector	Unidad Inyectora Electro Hidráulico
18. Air-End	Compresor
19. HoldBack	Retención
20. CRC	Centro de Reparación de componentes
21. Detrito	Partículas producto del barrido de un taladro durante la perforación
22. D.R.I., Orilling Rate Index	Indice de Perforabilidad
23. Tricono	Broca de tres conos. Utilizada en la perforación rotativa
24. C.M.A.	Compañía Minera Antamina
25. PEAK	Pico
26. E.C.M	Módulo de Control Electrónico
27. IAPCV	Injection Actuation Pressure Control Valve.
28. BIT	Refrigeración de Broca
29. DHD	Down hole drill, Martillo de Fondo
30. TPM	Mantenimiento Productivo Total
31. RCM	Mantenimiento Basado en la Confiabilidad
32. PM	Mantenimiento Preventivo
33. BACKLOGS	Trabajos Diferidos
34. SEC	Servicio de Evaluación de Carrilería
35. OVC	Válvula de sobrecentro
36. HOLDBACK	Retención
37. HOLDING	Válvula de retención
38. AIR END	Unidad compresora
39. BENCHMARKS	Parámetros de Mantenimiento
40. TOP TEN	Ordenamiento de los 10 problemas con mayor urgencia
41. HOJA DE SERVICIO	Hoja utilizada durante la ejecución del mantenimiento preventivo.
42. OVERHAUL	Reparación General
43. PCR	Vía proyectada de un componente previa su reparación
44. Ventana de Oportunidad	Momento en el que se puede disponer de un equipo en stand by.

CAPITULO 1

1.0 INTRODUCCION

En la actualidad las principales operaciones mineras han logrado grandes avances de la mano con la tecnología de los equipos mineros y nuestro país no ha sido la excepción. El Perú siempre ha tenido al sector minero como eje de su desarrollo económico, a mediados de los años 70's este sector representaba el 46% del total de nuestras exportaciones como nación, ocupando 80000 trabajadores dedicados a este sector, entrando luego en un lamentable receso durante 20 años, lapso en el cual nos mantuvimos aislados de las tecnologías e inversiones en mina como las que sí tuvieron países como Chile. En la actualidad la minería en el Perú representa el 47% de nuestras exportaciones. Hoy debido a la apertura del gobierno peruano, la competitividad del Perú en el sector minero mundial, nos ha permitido atraer a los inversionistas los cuales con las nuevas técnicas en explotación minera han ubicado a nuestro país como 2do. En América Latina (Tabla 1.1).

De acuerdo con datos del Ministerio de Energía y Minas en cuanto al valor de las exportaciones mineras proyectadas para el año 2000 fueron de US$ 5,703'000,000 siendo el crecimiento más representativo en el cobre que en 1997 exportó por US$ 1,248'000,000.

Metal	En el Mundo	En Latino América
Zinc	2do.	1ro.
Bismuto	2do.	1ro.
Plata	2do.	2do.
Telurio	3ro.	1ro.
Estaño	3ro.	2do.
Plomo	4to.	1ro.
Cobre	5to.	2do.
Molibdeno	6to.	2do.
Tungsteno	6to.	2do.
Arsénico	8vo.	2do.
Oro	9no.	1ro.
Cadmio	10mo.	1ro.

Ubicación de Perú en América Latina como productor Minero

Tabla 1.1

Este gran crecimiento ha hecho posible con el desarrollo de la gran minería, cuyas ventajas son sus grandes volúmenes de producción y bajos costos operativos, contribuyendo en mayor porcentaje con el producto minero nacional.

Para hacer más rentables las explotaciones mineras, los inversionistas han obligado a los fabricantes de equipos para operaciones mineras de tajo abierto, las máximas eficiencias, llevando esto a una carrera de mejoras del producto, las mismas que exigen un alto nivel de mantenimiento, en el que están inmersos los fabricantes, distribuidores y la Compañía Minera.

Dentro de los equipos utilizados para el proceso de explotación las perforadoras rotativas son hasta hoy las únicas en el mundo capaces de lograr el máximo de producción en las operaciones de tajo abierto.

La perforadora es una máquina que perfora todo tipo de terreno a una profundidad y diámetro deseados, luego estos taladros son rellenados con material explosivo para así lograr la voladura (blasting), que permiten disponer de miles de toneladas de material removido listo para el proceso de carga y transporte a Planta, donde se realiza el proceso de obtención de los lingotes.

En el capítulo 1 se hará una reseña con datos de localización de la mina, los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de los equipos y las proyecciones para su etapa de operación, fijaremos el objetivo de este informe y explicaremos de manera completa de los fundamentos de la perforación, entre ellos lo principal que es la perforación rotativa incluyendo los criterios de selección para una perforadora rotativa. En el capitulo 2l se describen las especificaciones técnicas; en los capítulos 3, 4 y 5 explicaremos sobre los sistemas operativos, mantenimiento programado y reparaciones respectivamente para este equipo. En el capítulo 6 trataremos sobre la gestión de mantenimiento y su análisis. En el capítulo VII explicaremos lo referente al contrato de mantenimiento y reparaciones (M.A.R.C.) para dos perforadoras, incluyendo un análisis de rentabilidad del M.A.R.C.. Finalmente se pondrán todas nuestras experiencias en las conclusiones para este trabajo.

1.1 ANTECEDENTES

La Mina Antamina ha sido desarrollada y es operada por la Cía. Minera Antamina S.A. (C.M.A.). Este proyecto está ubicado a 50 kilómetros al Este de la ciudad de Huaraz, en el departamento de Ancash a 4700 m.s.n.m.

El tipo de mina es de tajo abierto con una producción estimada de 25 millones de toneladas de movimiento de mineral por año, con un máximo de 111 millones de toneladas de movimiento de mineral por año.

El mineral es esencialmente del tipo "skarn" (caliza impura termometamorfizada en la que ha actuado también el metasomatismo) y contiene un alto porcentaje de granate (minerales cuya estructura esta formada por tetraedros de SiO4 y octaedros de AlO6 independientes, unidos por cationes en coordinación 8) haciendo potencialmente abrasivas las funciones de minería. El material de desperdicio es principalmente roca caliza con pequeños porcentajes de "skarn" y sulfuros incluido. La roca caliza no es un tipo de roca altamente abrasiva.

Una flota de palas de 43 m^3 para el material de desperdicio y cargadores de ruedas de 25 m^3 para el mineral cargarán a camiones de arrastre de 220 TN. La flota de perforadoras consiste de perforadoras rotativas eléctricas (311 mm) y perforadoras rotativas diesel (251

mm) quienes serán requeridas durante el periodo inicial de pre-producción hasta que toda la potencia para la gran producción de las perforadoras estén disponibles. Una flota auxiliar dará soporte y servicio a la flota principal de producción (Tabla 1.2).

25 m3 Cargadores de Ruedas (03)	5/1/99 (1)	7/1/99 (1)	2/1/01 (1)			
11 m3 Cargadores de Ruedas (1)	3/1/99 (1)					
220 TN Camiones (32)	5/1/99 (3)	6/1/99 (3)	7/1/99 (3)	8/1/99 (3)	2/1/00 (10)	1/1/01 (10)
90 TN Camiones (4)	3/1/99 (4)					
43 m3 Palas (03)	1/1/00 (1)	9/1/00 (1)	1/1/01 (1)			
152 mm Perforadora Crawler (2)	1/1/99 (2)					
251 mm Perforadora Diesel (2)	1/1/99 (1)	2/1/99 (1)				
311 mm Perforadora Electrica (3)	1/1/00 (1)	9/1/00 (1)	1/1/01 (1)			
200 kW Motoniveladora (3)	3/1/99 (1)	8/1/99 (1)	2/1/01 (1)			
425 kW Tractor de oruga (10)	1/1/99 (2)	4/1/99 (2)	1/1/00 (2)	2/1/01 (2)	9/1/01 (2)	
324 kW Tractor de ruedas (3)	1/1/00 (1)	10/1/00 (1)	2/1/01 (1)			
Manipulador de Llantas (1)	3/1/99 (1)					
75000 lts Camiones cisterna (2)	3/1/99 (1)	9/1/00 (1)				
Grúa (1)	3/1/99 (1)					

Flota de Equipos para Mina Antamina.

Tabla 1.2

La ruta de acceso a la mina es por la carretera en ruta de Huanzalá, la misma que fue terminada durante el período de pre-producción.

La tabla anterior (tabla 1.2) corresponde al cronograma de puesta en operación de los equipos de toda la flota requerida para esta mina. Como se observa, el equipo del cual trata el presente informe es la Perforadora Diesel (251 mm); esta unidad será llamada Perforadora Diesel Hidráulica Para Perforación Rotativa, Marca INGERSOLL-RAND, Modelo DMM2.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1.- Lograr una alta disponibilidad física a un costo adecuado, utilizando de manera eficiente los recursos de la empresa, aplicando técnicas modernas de mantenimiento y gestión del mismo controlado mediante los indicadores de gestión.

1.2.2.- Explicar las ventajas obtenidas mediante la aplicación de un M.A.R.C. (Maintenance And Repair Contract) Contrato de Mantenimiento y Reparaciones para esta unidad.

1.3 FUNDAMENTOS DE LA PERFORACIÓN ROTATIVA

La perforación de las rocas dentro del campo de las voladuras es la primera operación que se realiza y tiene como finalidad abrir taladros en la zona en la que se requiere efectuar la voladura, con la distribución y geometría adecuada dentro de los macizos, donde se alojan las cargas de explosivo y sus accesorios iniciadores. Los sistemas de penetración de la roca que han sido desarrollados y clasificados por orden de aplicación son:

Mecánicos

- Rotopercusión
- Rotación

Térmicos

- Soplete o lanza térmica
- Plasma
- Fluido caliente
- Congelación

Hidráulicos

- Chorro de agua
- Erosión
- Cavitación

Sónicos

- Vibración de alta frecuencia

Químicos

- Microvoladura
- Disolución

Eléctricos

- Arco eléctrico
- Inducción magnética

Sísmicos

- Rayo láser

Nucleares

- Fusión
- Fisión

A pesar de la enorme variedad de sistemas posibles de penetración de la roca, en minería, la perforación, actualmente, se realiza de una forma casi general, utilizando la energía mecánica. Por lo tanto, explicaremos brevemente los tipos de perforación mecánica:

a. Perforación rotopercutiva

b. Perforación rotativa

a. Perforación rotopercutiva

La perforación a rotopercusión es el sistema más clásico de perforación de barrenos y su aparición coincide con el desarrollo industrial del siglo XIX. El principio de perforación de estos equipos se basa en el impacto de una pieza de acero (pistón) que golpea a un útil que a su vez transmite energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (broca). Seguidamente tenemos los temas a desarrollar que comprenden la perforación rotopercutiva:

a.1. Fundamentos de la perforación rotopercutiva

a.1.1. Percusión

a.1.2. Rotación

a.1.3. Empuje

a.1.4. Barrido

a.2. Tipos de perforación rotopercutiva

a.2.1. Perforación con martillo en cabeza (Drifter)

a.2.2. Perforación con martillo en el fondo (Down Hole Drill)

a.3. Velocidad de Penetración

a.4. Índice de Perforabilidad (D.R.I.)

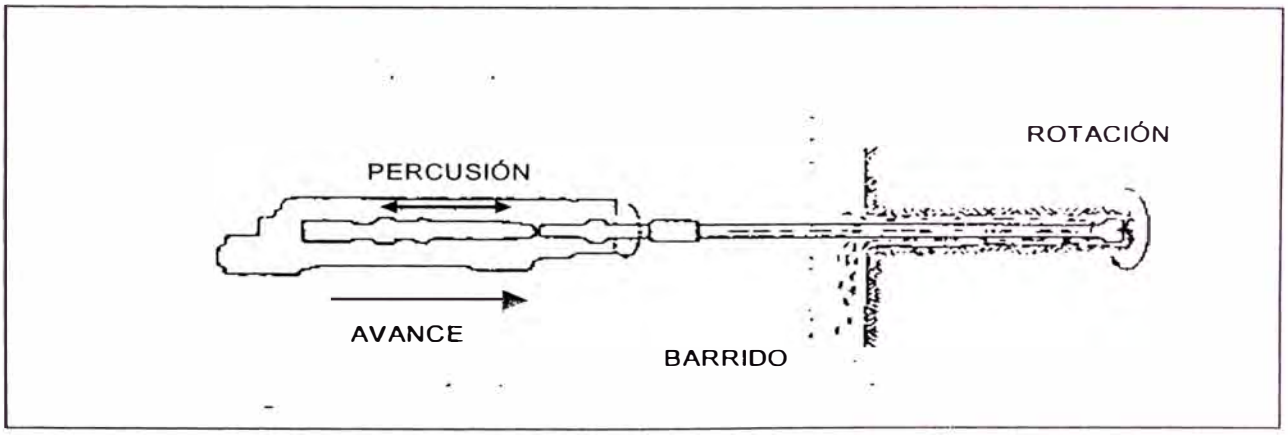
a.5. Ensayos de Friabilidad

a.6. Ensayo de perforación

a.7. Varillaje

a.1. Fundamentos de la perforación rotopercutiva

La perforación rotopercutiva se basa en la combinación de acciones (Figura 1.1). Cada una de estas acciones serán explicadas detalladamente de acuerdo con la secuencia de explicación de la perforación rotopercutiva. Seguidamente un resumen de estas acciones:



Acciones básicas en la perforación rotopercutiva
Figura 1.1

Percusión.- Los impactos producidos por el golpeo del pistón originan unas ondas de choque que se transmiten a la broca a través del varillaje o sarta (en el martillo en cabeza) o directamente en ella (en el martillo en el fondo).

Rotación.- Con este movimiento se hace girar la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones.

Empuje.- Para mantener en contacto el útil de perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación.

Barrido.- El fluido de barrido permite extraer el detrito del fondo del barreno.

Los equipos rotopercutivos se clasifican en dos grandes grupos: Martillo en cabeza (Drifter) y Martillo en el fondo (DHD Down Hole Drill). Las características de estos dos tipos de perforación rotorpercutiva serán explicadas al detalle en las páginas siguientes siguiendo con la secuencia arriba descrita. La perforación rotopercutiva tiene las siguientes ventajas:

- Es aplicable a todos los tipos de roca, desde blandas a duras.
- La gama de diámetros de perforación es amplia.
- Los equipos son versátiles, pues se adaptan bien a diferentes trabajos y tienen una gran movilidad.
- Necesitan un solo hombre para su manejo y operación.
- El mantenimiento es fácil y rápido y
- El precio de adquisición no es elevado.

Los tipos de obras en los que se utiliza la perforación rotopercutiva:

- En obras públicas subterráneas: túneles, cavernas de centrales hidráulicas, depósitos de residuos, etc., y de superficie; carreteras, autopistas, excavaciones industriales, etc.
- En minería subterránea.
- En minería de tajo abierto: Perforación secundaria.

a.1.1. Percusión

La energía cinética "E" del pistón se transmite desde el martillo hasta la broca de perforación a través del varillaje, en forma de onda de choque. El desplazamiento de esta onda se realiza a alta velocidad y su forma depende fundamentalmente de diseño del pistón. Cuando la onda de choque alcanza la broca de perforación, una parte de la energía se transforma en trabajo haciendo penetrar el útil y el resto se refleja y retrocede a través del varillaje. La eficiencia de esta transmisión es difícil de evaluar, pues depende de muchos

factores tales como: el tipo de roca, la forma y dimensión del pistón, las características del varillaje, el diseño de la broca, etc. Además, hay que tener en cuenta que en los puntos de unión de las varillas por medio de manguitos existen pérdidas de energía por reflexiones y rozamiento que se transforman en calor y desgastes en las roscas. En la primera unión las pérdidas oscilan entre el 8 y el 10% de la energía de la onda de choque. En los martillos en el fondo la energía del pistón se transmite directamente sobre la broca, por lo que el rendimiento es mayor. En estos sistemas de perforación la potencia de percusión es aplicada directamente sobre la broca, por lo que el rendimiento es mayor. En estos sistemas de perforación la potencia de percusión es el parámetro que más influye en la velocidad de penetración.

La energía liberada por golpe en un martillo puede estimarse a partir de cualquiera de las expresiones siguientes:

a. Aplastamiento de las rugosidades de la roca por contacto con el útil.
b. Aparición de grietas radiales a partir de los puntos de concentración de tensiones y formación de una cuña en forma de V.
c. Pulverización de la roca de la cuña por aplastamiento.
d. Desgajamiento de fragmentos mayores en las zonas adyacentes a la cuña.
e. Evacuación del detrito por el fluido de barrido.

$$E_c = \frac{1}{2} m_p \, x \, v_p^2 \qquad \text{..... Ec. 1.1}$$

o también

$$E_c = P_m \, x \, A_p \, x \, l_p \qquad \text{..... Ec. 1.2}$$

Siendo:

mp = Masa del pistón
Vp = Velocidad máxima del pistón
Pm = Presión del fluido de trabajo (aceite o aire) dentro de cilindro.
Ap = Superficie de la cara del pistón.
lp = Carrera del pistón

En la mayoría de los martillos hidráulicos, los fabricantes facilitan el valor de la energía del impacto, pero no sucede lo mismo para los martillos neumáticos. Especial cuidado debe tomarse en este caso al estimar "p_m" ya que dentro del cilindro ésta es de un 30 a un 40% menor que en el compresor, debido a las pérdidas de carga y expansión del aire al desplazarse el pistón.

La potencia de un martillo es pues la energía por golpe multiplicada por la frecuencia de impactos " n_g "

$$P_M = E_c \, x \, n_g \qquad donde \qquad n_g = K \, x \left(\frac{P_m \, x \, A_p}{m_p \, x \, l_p} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{.....Ec. I.3}$$

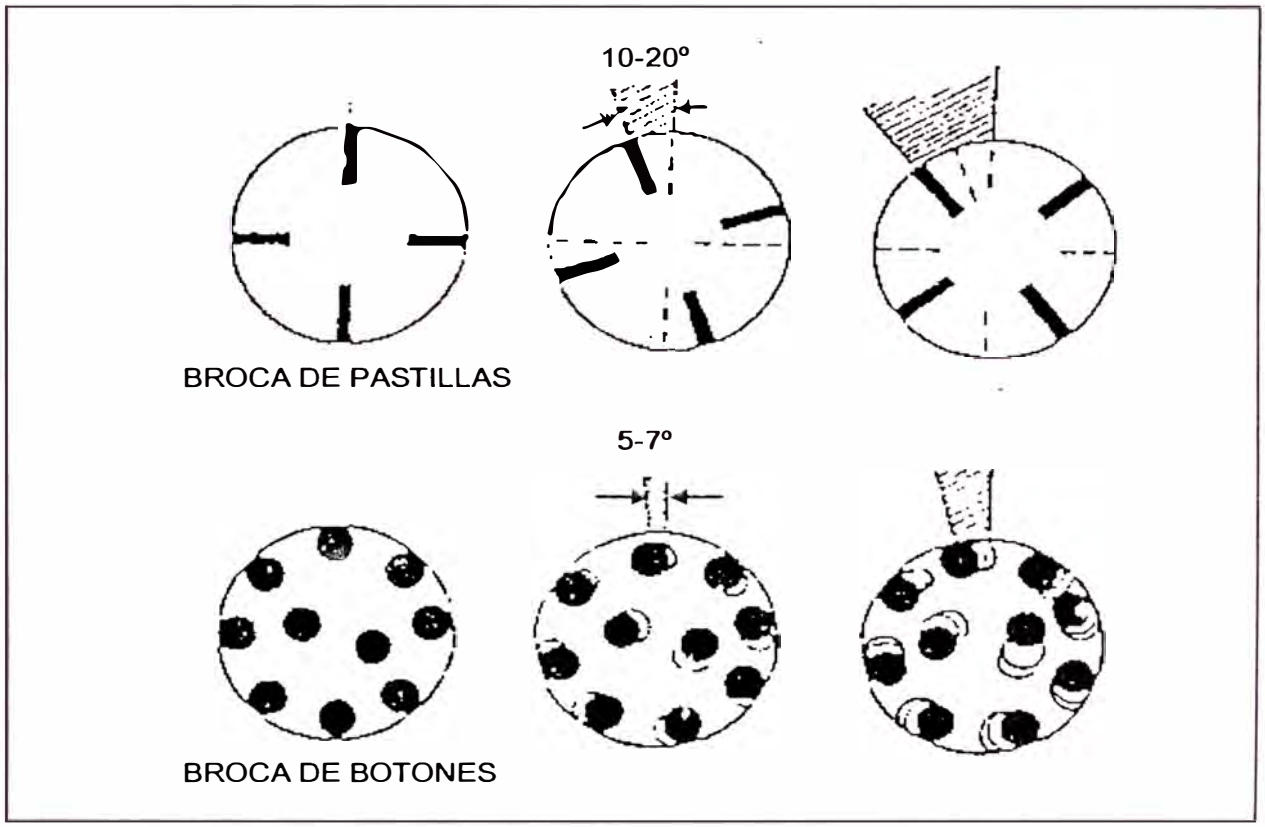
y teniendo en cuenta las expresiones anteriores (Ec. 1.2 y Ec. 1.3) puede escribirse:

$$p_M = K \, x \, \frac{\left(p_m \, x \, A_p \right)^{\frac{3}{2}} \, x \, l_p^{\frac{1}{2}}}{m_p^{\frac{1}{2}}} \qquad \text{.....Ec. 1.4}$$

El mecanismo de percusión consume de un 80 a un 85% de la potencia total del equipo.

a.1.2. Rotación

La rotación, que hace girar la broca entre impactos sucesivos, tiene como misión hacer que ésta actúe sobre puntos distintos de la roca en el fondo del barreno. En cada tipo de roca existe una velocidad óptima de rotación para la cual se producen los detritus de mayor tamaño al aprovechar la superficie libre del hueco que se crea en cada impacto. Cuando se perfora con brocas de pastillas las velocidades de rotación más usuales oscilan entre 80 y 150 r.p.m. con unos ángulos entre indentaciones de 10º a 20º. (Figura 1.2). En el caso de brocas de botones de 51 a 89 mm las velocidades deben ser más bajas, entre 40 y 60 r.p.m., que proporcionan ángulos de giro entre 5º y 7º (Figura 1.2); las brocas de mayor diámetro requieren velocidades incluso inferiores.



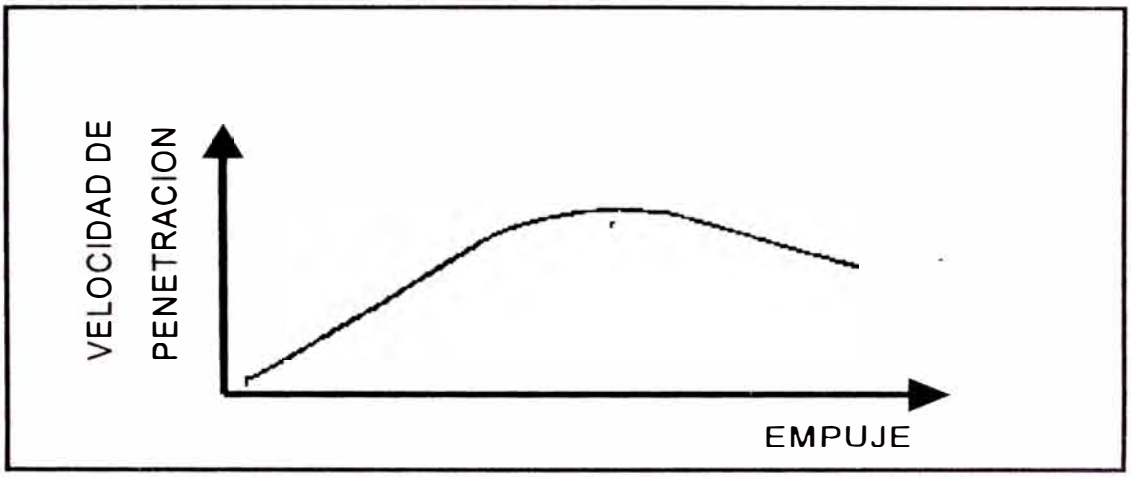
Velocidades de rotación para bocas de pastillas y botones.
Figura 1.2

a.1.3. Empuje

La energía generada por el mecanismo de impactos del martillo debe transmitirse a la roca, por lo que es necesario que la broca se encuentre en contacto permanente con el fondo del barreno. Esto se consigue con la fuerza de empuje suministrada por un motor o cilindro de avance, que debe adecuarse al tipo de roca y broca de perforación.

Un empuje insuficiente tiene los siguientes efectos negativos: reduce la velocidad de penetración, produce un mayor desgaste de varillas, aumenta la pérdida de apriete del varillaje y el calentamiento del mismo. Por el contrario, si el empuje es excesivo disminuye también la velocidad de perforación, dificulta el desenroscado del varillaje, aumenta el desgaste de las brocas, el par de rotación y las vibraciones del equipo, así como la desviación de los barrenos (Figura 1.3).

Al igual que sucede con la rotación, esta variable no influye de forma decisiva sobre las velocidades de penetración.

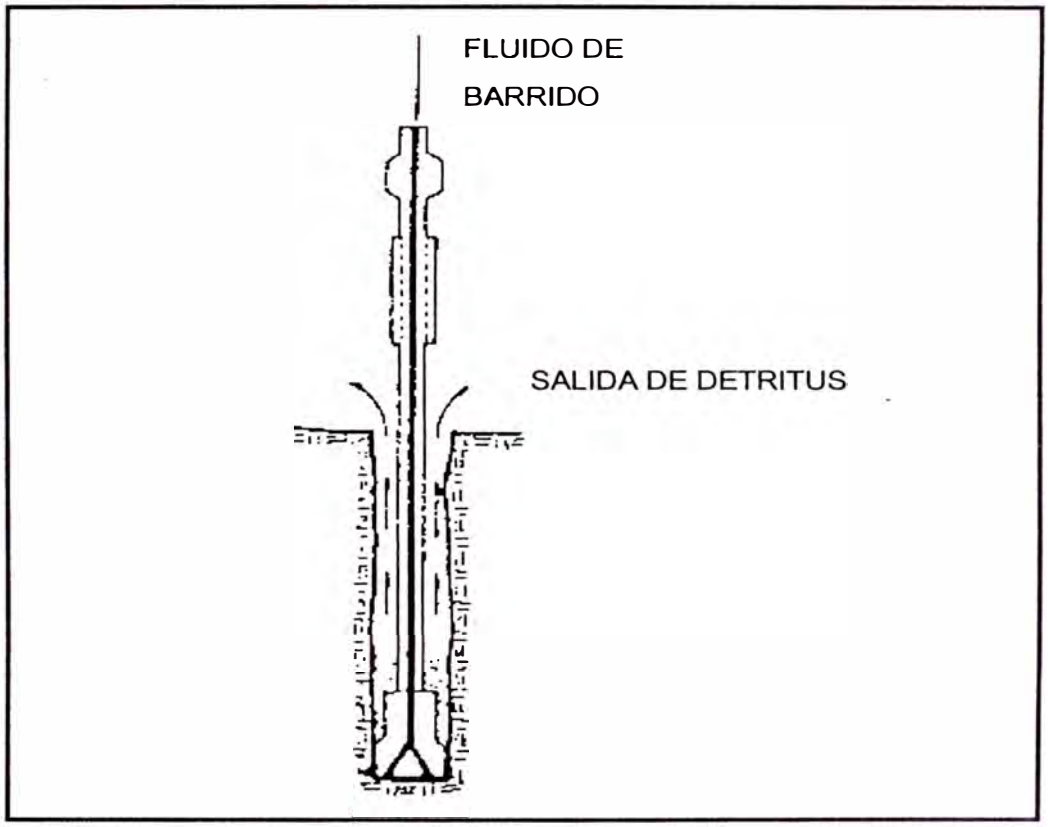


Influencia del empuje sobre la velocidad de penetración.
Figura 1.3

a.1.4. Barrido

Para que la perforación resulte eficaz, es necesario que el fondo de los barrenos se mantenga constantemente limpio evacuando el detrito justo después de su formación. Si esto no se realiza, se consumirá una gran cantidad de energía en la trituración de esas partículas traduciéndose en desgastes y pérdidas de rendimientos, además del riesgo de atascos. El barrido de los barrenos se realiza con un fluido -aire, agua o espuma- que se inyecta a presión hacia el fondo a través de un orificio central del varillaje y de unas aberturas practicadas en las brocas de perforación (Figura 1.4).

Las partículas se evacúan por el hueco anular comprendido entre el varillaje y la pared de los barrenos.



Principio de barrido de un barreno
Figura 1.4

El barrido con aire se utiliza en trabajos a cielo abierto, donde el polvo producido puede eliminarse por medio de captadores. El barrido con agua es el sistema más utilizado en perforación subterránea que sirve además para suprimir el polvo, aunque supone generalmente una pérdida de rendimiento del orden del 10% al 20%. La espuma como agente de barrido se emplea como complemento al aire, pues ayuda a la elevación de partículas gruesas hasta la superficie y ejerce un efecto de sellado sobre las paredes de los barrenos cuando se atraviesan materiales sueltos.

Las velocidades ascensionales para una limpieza suficiente con aire oscilan entre los 15 y 30 m/s. Las velocidades mínimas pueden estimarse en cada caso a partir de la expresión (Ec. 1.5)

$$V_a = 9{,}55\ x\ \frac{p_r}{P_r + 1}\ x\ d_p^{0.6} \qquad \text{.....Ec. 1.5}$$

Donde:

V_a = velocidad ascensional (m/s)

P_r = Densidad de la roca (g/cm^3)

d_p = Diámetro de las partículas (mm)

Así, el caudal que debe suministrar el compresor será (Ec. I.6):

$$Q_a = \frac{V_a\ x\ (D^2 - d^2)}{1{,}27} \qquad \text{..... Ec. 1.6}$$

Siendo:

Q_a = Caudal (m^3/min)

D = Diámetro del barreno (m)

d = Diámetro de las varillas (m)

Cuando se emplea agua para el barrido la velocidad ascensional debe estar comprendida entre 0,4 y 1 m/s. En estos casos, las presiones están limitadas entre 0,7 y 1 MPa para evitar que dicho fluido entre en el martillo. En el caso del aire con martillos en cabeza, no es frecuente disponer de un compresor de presión superior únicamente para el barrido. Sólo en el caso de los martillos en fondo se utilizan compresores de alta presión (1 - 1,7 Mpa) por que además de servir para evacuar el detrito se aumenta la potencia de percusión. Un factor que es preciso tener en cuenta para estimar el caudal de barrido es el de las pérdidas de carga que se producen en las estrechas conducciones que deben atravesar el fluido (aguja de barrido, orificio de las barillas) y a lo largo de la sarta de perforación.

a.2. Tipos de perforación rotopercutiva

a.2.1. Perforación con martillo en cabeza (Drifter)

a.2.2. Perforación con martillo en el fondo (Down Hole Drill)

a.2.1. Perforación con martillo en cabeza (Drifter)

Este método usa empujadores neumáticos o hidráulicos ubicados sobre la guía de perforación exterior al pozo. El pistón del empujador descarga su energía hacia la roca a través de una barra de percusión, acoplamientos, barras de perforación y la broca. Esta energía parte la roca en pequeños recortes de perforación. El motor de rotación del empujador gira la broca al encontrar roca suave y rompe los recortes en pequeñas piezas. El aire comprimido limpia los cortes de perforación del pozo. Un dispositivo de alimentación mantiene la fuerza constante sobre la broca y sobre la superficie de la roca para usar la máxima energía del empujador. Agregando barras de perforación y acoplamientos se disipa energía, consecuentemente la velocidad de perforación disminuye con el incremento de profundidad. Básicamente se inició con la aplicación de martillos neumáticos. La aparición de los martillos hidráulicos en los años 70´s hizo resurgir este método de perforación ampliándolo (Tabla 1.3).

Presión de trabajo (MP_a)	7,5 – 25
Potencia de impacto (kw)	6 – 20
Frecuencia de golpeo (golpes/min)	2000 – 5000
Velocidad de rotación (r/min)	0 - 500
Par Máximo (Nm)	100 – 1800
Consumo relativo de aire (m^3/min cm diam)	0.6 – 0,9

Características medias de martillos hidráulicos:
(Tabla 1.3)

Según la potencia disponible del martillo se seleccionará el diámetro del varillaje. Se recogen unas recomendaciones generales (Tabla 1.4):

DIÁMETRO DEL VARILLAJE (mm-pul)	POTENCIA DISPONIBLE DEL MARTILLO (Kw)
25,4-1"	8-12
31,7 – 1 ¼"	10-14
38,1 1 ½"	14-15
44,5-1 ¾"	16-18
50,8-2"	18-22

Valores recomendados de diámetros de varillaje
Tabla 1.4

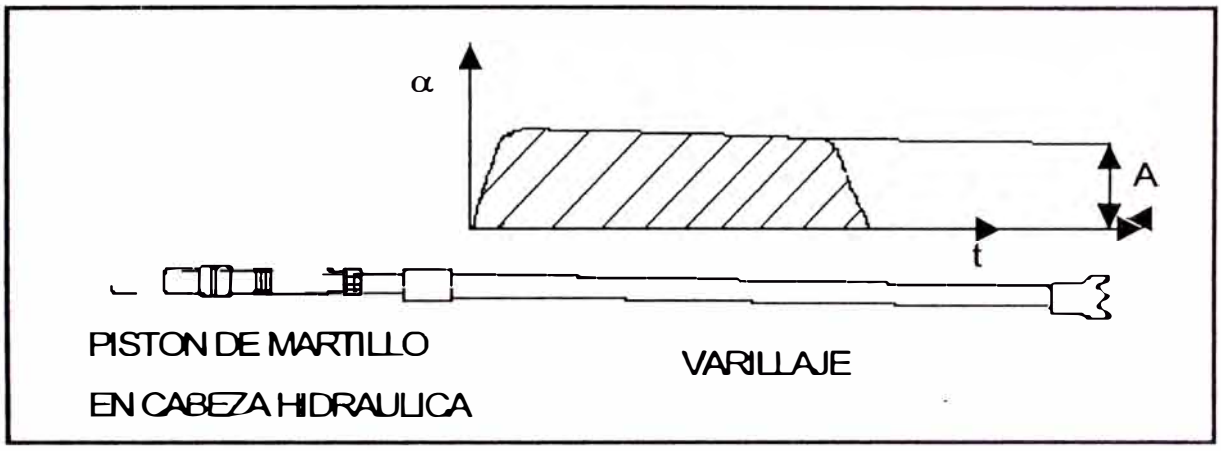
Las razones por las que la perforación hidráulica supone una mejora tecnológica sobre la neumática son las siguientes:

1.- Menor consumo de energía:

Las perforadoras hidráulicas trabajan con fluidos a presiones muy superiores a las accionadas neumáticamente, además, las caídas de presión son mucho menores. Se utiliza, pues, de una forma más eficiente la energía, siendo sólo necesario por metro perforado 1/3 de la que se consume con los equipos neumáticos.

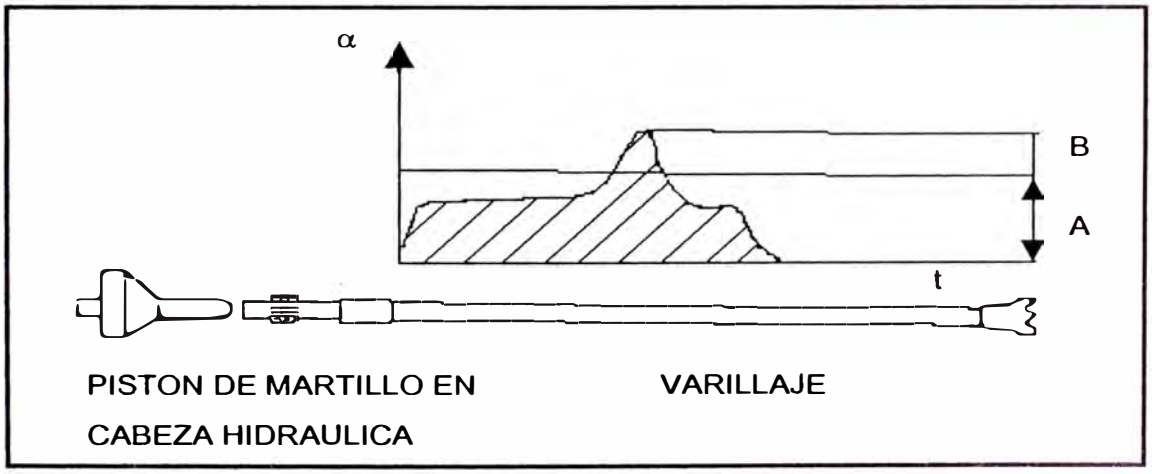
2.- Menor costo de accesorios de perforación:

La transmisión de energía en los martillos hidráulicos se efectúa por medio de pistones más alargados y de menor diámetro que los correspondientes a los martillos neumáticos. La fatiga generada en el varillaje depende de las secciones de éste y del tamaño del pistón de golpe, pues, como se observa en las dos figuras siguientes (Figura 1.5 a) y (Figura 1.5 b), la forma de la onda de choque es mucho más limpia y uniforme en los martillos hidráulicos (Figura 1.5 a) que en los neumáticos (Figura 1.5 b), donde se producen niveles de tensión muy elevados que son el origen de la fatiga sobre el acero y de una serie de ondas secundarias de bajo contenido energético. En la práctica, se ha comprobado que la vida útil del varillaje se incrementa para las perforadoras hidráulicas aproximadamente un 20%.



Ondas de choque en martillo hidráulico

Figura 1.5 a



Onda de choque en martillo neumático

Figura 1.5 b

3.- Mayor capacidad de perforación:

Debido a la mejor transmisión de energía y forma de la onda, las velocidades de penetración de las perforadoras hidráulicas son de un 50 a un 100% mayores que las que los equipos neumáticos.

4.- Mejores condiciones ambientales:

Los niveles de ruido en una perforadora hidráulica son sensiblemente menores a los generados por una neumática, debido a la ausencia del escape de aire. Principalmente, esto

es así en el campo de las bajas frecuencias donde los auriculares protectores son menos eficientes.

Además en las labores subterráneas no se producen la niebla de agua y aceite en el aire del frente, mejorando el ambiente y la visibilidad del operario. Por otro lado, la hidráulica ha permitido un diseño más ergonómico de los equipos, haciendo que las condiciones generales de trabajo y de seguridad sean mucho más favorables.

5.- Mayor elasticidad de la operación:

Es posible variar dentro de la perforadora la presión de accionamiento del sistema y la energía por golpe y frecuencia de percusión.

6.- Mayor facilidad para la automatización:

Estos equipos son mucho más aptos para la automatización de operaciones, tales como el cambio de varillaje, mecanismos anti atascamiento, etc.

Por el contrario, los inconvenientes que presentan son:

- Mayor inversión inicial.
- Reparaciones más complejas y costosas que en las perforadoras neumáticas, requiriéndose una mejor organización y formación del personal de mantenimiento.

a.2.2. Perforación con martillo en el fondo (Down Hole Drill)

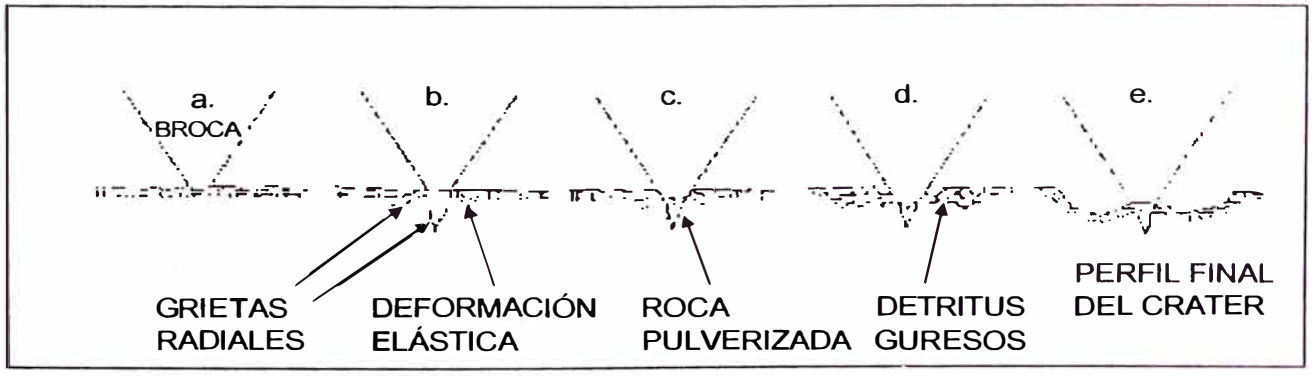
El martillo de fondo está ubicado al final de la sarta de perforación. El pistón del martillo contacta directamente con la broca. Debido a que el pistón descarga energía directamente a la broca evita que ésta se disipe a través de la sarta con la profundidad del pozo. Esto significa que entregándose una adecuada cantidad y presión de aire el rendimiento con DHD no decrecerá con la profundidad. Un cabezal rotativo neumático o hidráulico, al exterior del pozo, provee rotación, las tuberías de perforación conducen el aire comprimido al martillo de fondo. Después de que el aire circula el martillo, pasa a través de la broca y descarga los recortes fuera del pozo. Aunque la energía no se pierde con el incremento de la profundidad, la fricción entre la tubería de perforación y la pared del pozo reducen ligeramente la velocidad. Incrementando la presión del aire se incrementa la energía del pistón y se provee una penetración más rápida. Los martillos de fondo perforan pozos en

línea recta debido a que su potencia de perforación viene de una percusión de alta frecuencia además de su alta rotación y fuerza de empuje, y debido a que el pistón impacta directamente sobre la broca en lugar de hacerlo a través de la sarta de perforación, lo cual podría ocasionar que se doblen las barras en pozos de grandes profundidades. Esto hace que el martillo de fondo sea especialmente aplicable en condiciones de roca fracturada donde la desviación del pozo puede ser un problema. Según los campos de aplicación de estas perforadoras, las gamas de diámetros (Tabla 1.5) son:

TIPO DE PERFORADORA	DIÁMETRO DE PERFORACIÓN (mm)	
	CIELO ABIERTO	SUBTERRANEO
Martillo en Cabeza	52-127	38-65
Martillo en Fondo	75-200	100-165

Gamma de diámetros de los tipos de perforadoras
Tabla 1.5

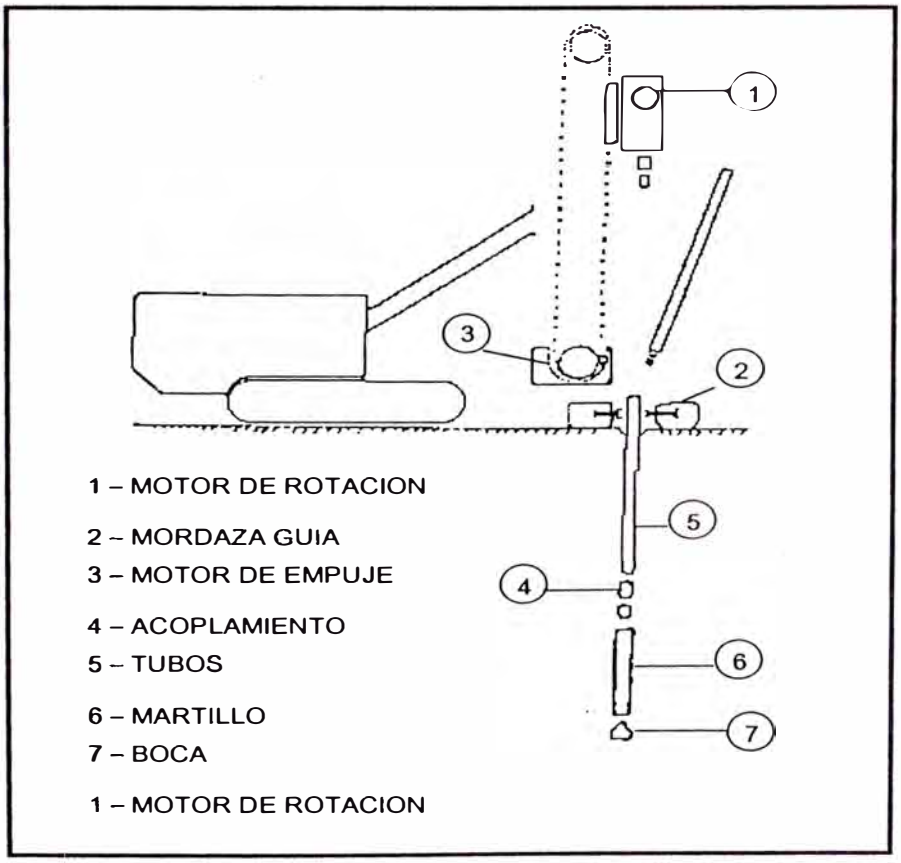
El proceso de formación de las identificaciones, con el que se consigue el avance en este sistema de perforación se divide en cinco instantes (Figura 1.6):



Fases de formación de una identación. (Hartman, 1959)
Figura I.6

Esta secuencia se repite con la misma cadencia de impactos del pistón sobre el sistema de transmisión de energía hasta la broca. El rendimiento de este proceso aumenta proporcionalmente con el tamaño de las esquirlas de roca que se liberan.

Estos martillos se desarrollan en 1951 por Stenuick y desde entonces se han venido utilizando con una amplia profusión en explotaciones a cielo abierto de rocas de resistencia media, en la gama de diámetros de 105 a 200 mm. aunque existen modelos que llegan hasta los 915 mm. La extensión de este sistema a trabajos subterráneos es relativamente reciente, ya que fue a partir de 1975 con los nuevos métodos de Barrenos Largos y de Cráteres Invertidos cuando se hizo popular en ese sector. En la actualidad, en obras de superficie, este método de perforación está indicado para rocas duras y diámetros superiores a los 150 mm en competencia con la rotación, debido al fuerte desarrollo de los equipos hidráulicos con martillo en cabeza.



Esquema de los componentes de un carro perforador con martillo en el fondo
Figura I.7

El funcionamiento de un martillo en fondo se basa en que el pistón golpea directamente a la broca de perforación. El fluido de accionamiento es aire comprimido que se suministra a través de un tubo que constituye el soporte y hace girar al martillo. La rotación es efectuada por un simple motor neumático o hidráulico montado con el carro situado en superficie, lo mismo que el sistema de avance (Figura 1.7).

La limpieza del detrito se efectúa por el escape del aire del martillo a través de los orificios de la broca. En los martillos en fondo, generalmente, la frecuencia de golpe oscila entre 600 y 1.600 golpes por minuto.

El diseño actual de los martillos en fondo es mucho más simple que el de los primitivos que incorporaban una válvula de mariposa para dirigir el aire alternativamente a la parte superior del pistón. Los martillos sin válvulas son accionados por las nervaduras o resaltes del propio pistón, permitiendo aumentar la frecuencia de golpeo, disminuir sensiblemente el consumo de aire y el riesgo de dieselización. Para evitar la entrada del agua, por efecto de la presión hidráulica, los martillos pueden disponer de una válvula antirretorno en la admisión del aire.

La relación carrera / diámetro del pistón en los martillos en cabeza es menor o igual a 1, pero en los martillos en fondo como las dimensiones del pistón están limitadas por el diámetro del barreno, para obtener la suficiente energía por golpe la relación anterior es del orden de 1,6 a 2,5 en los calibres pequeños y tendiendo a 1 en los grandes.

La potencia proporcionada por una perforadora rotopercutiva (Ec.1.7):

$$P_M = \frac{Pm^{1.5} \; x \; Ap^{1.5} \; x \; Lp^{0.5}}{m_p^{0.5}} \qquad \text{.....Ec. 1.7}$$

Siendo

Pm = Presión del aire que actúa sobre el pistón
Ap = Área efectiva del pistón.
Lp = Carrera del pistón.
mp = Masa del pistón.

Se ve que la presión del aire es la variable que tiene una mayor influencia sobre la velocidad de penetración obtenida con un martillo en fondo. Actualmente, existen equipos sin válvulas que operan a altas presiones, 2 a 2.5 MPa., consiguiendo altos rendimientos. Con el fin de evitar la percusión en vacío los martillos suelen ir provistos de un sistema de protección que cierran el paso del aire al cilindro cuando la broca no se apoya en la roca del fondo del taladro. La sujeción de las brocas al martillo se realiza por dos sistemas: el primero, a modo de bayoneta, el cual consiste en introducir la broca en el martillo y girarla en un sentido, normalmente a izquierda, quedando así retenidas; el segundo, mediante el empleo de elementos retenedores: Semianillas o pasadores.

a.3. Velocidad de Penetración

La velocidad de penetración conseguida por un equipo rotopercutivo depende de los siguientes factores:

Características geomecánicas mineralógicas y de abrasividad de las rocas.

Potencia de percusión de la perforadora.

- Diámetro del barreno.
- Empuje sobre la broca.
- Longitud de perforación
- Limpieza del fondo del barreno.
- Diseño del equipo y condiciones de trabajo y
- Eficiencia de la operación

Para un equipo dado, la velocidad de penetración puede predecirse a través de los siguientes procedimientos:

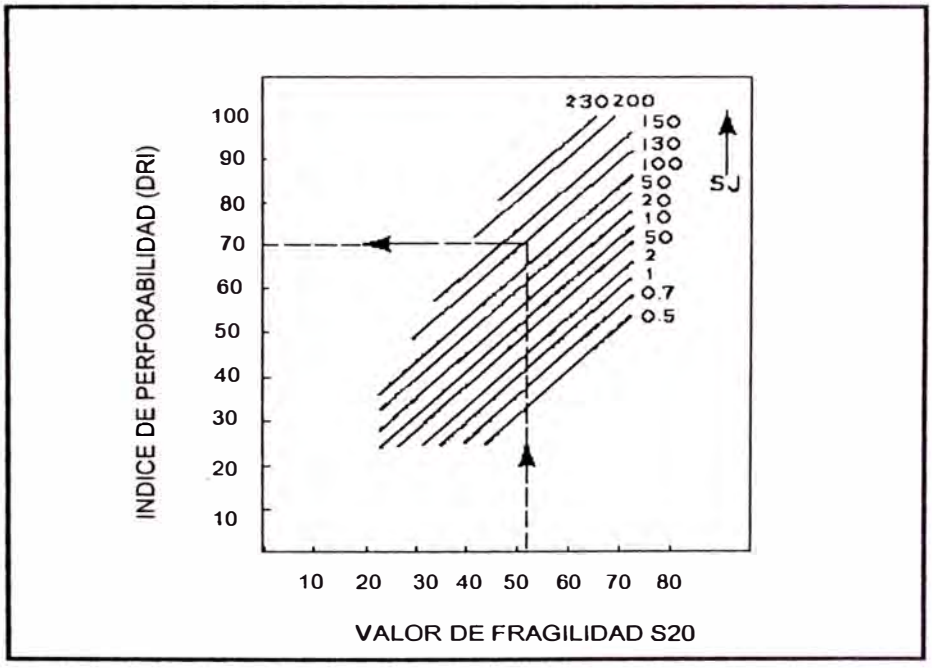
- Extrapolando los datos obtenidos en otras condiciones de trabajo.
- Con fórmulas empíricas.
- Mediante ensayos de laboratorio sobre muestras representativas.

Este último método, es el más fiable y riguroso por lo que será objeto de una especial atención.

a.4. Índice de Perforabilidad (D.R.I)

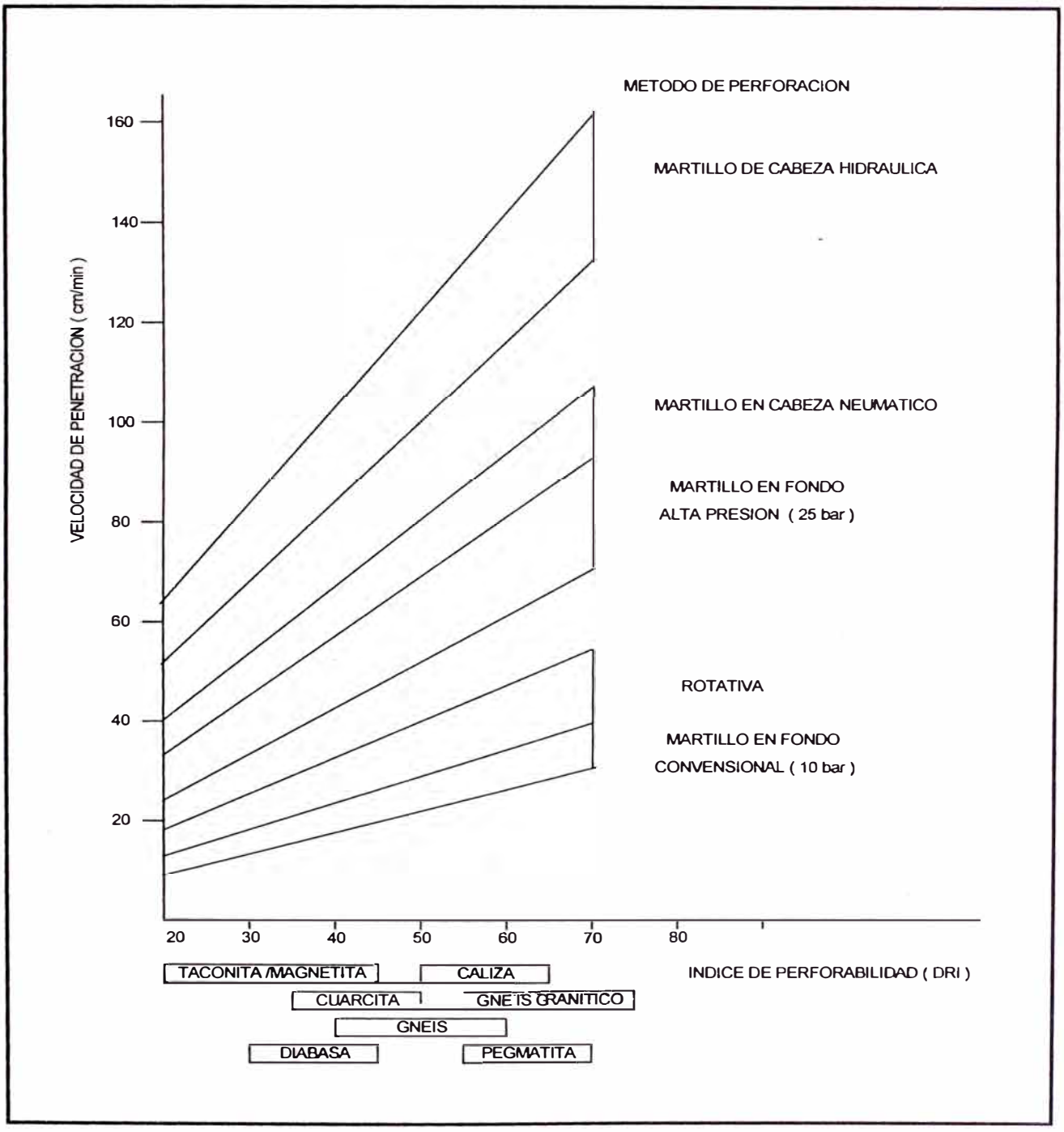
El índice de D.R.I (Orilling Rate Index) fue desarrollado en 1979, en la universidad de Tronheim (Noruega), siendo necesario para su obtención una muestra de roca de 15 a 20 kg. con la que se realizan las siguientes pruebas.

El índice de Perforabilidad D.R.I. de la roca en cuestión se determina a partir de los valores S10 y Sj mediante el ábaco de la figura 1.8 siguiente:



Abaco para el calculo del D.R.I.
Figura 1.8

Como puede observarse el D.R.I. coincide con el valor de la friabilidad S20 cuando SJ es igual a 10 que corresponde a rocas como los granitos o las sienitas cuarciticas. A partir de los datos obtenidos en diversas investigaciones de campo se han diseñado unos ábacos donde pueden estimarse las velocidades de penetración que se obtendrían con un martillo dado perforando una roca caracterizada por su D.R.I. y trabajando a un diámetro determinado. En la tabla 1.6 se recoge para diferentes tipos de rocas, una equivalencia aproximada entre la resistencia a la compresión, los índices de dureza Mohs y vickers, y el índice de Perforabilidad.



Velocidades de penetración obtenidas en diferentes condiciones de trabajo

Figura 1.9

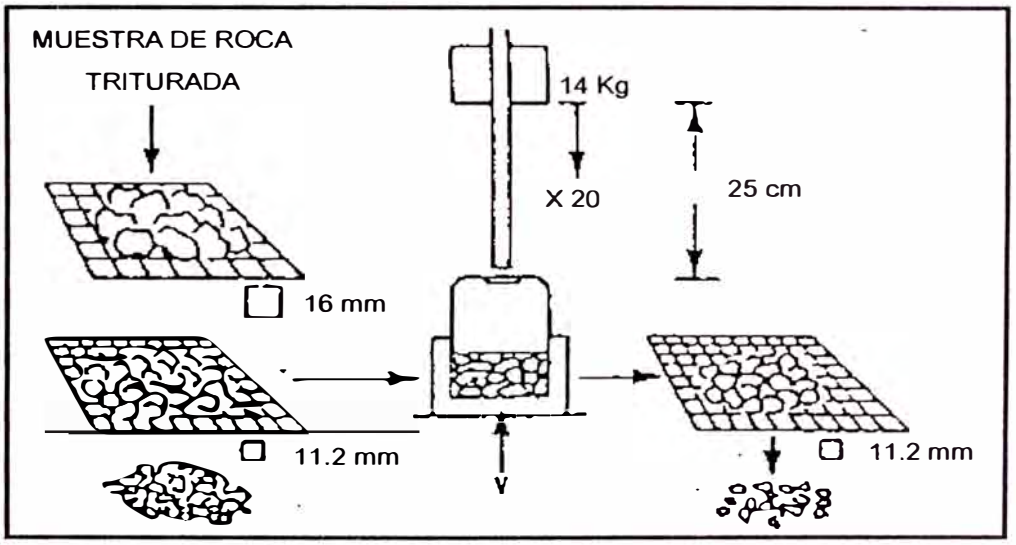
Tipo de Roca	RC (MPa)	Dureza Mohs	Dureza Vickers	Coeficiente Protadiakonov	Indice DRI	Clasificación
Carbón Mármol	10	<3,7	<200			
Pizarras	20			<3	<70	
Carbón Limolitas	30	2,5				
Pizarras	40	4,8	100-400			Blanda
Calizas Filitas	60	4,4	400	2	80	
Esquisto micáceo, Granito	70					
Conglomerados,serpentina	80					
Clorita	90	5,9	500	10	44	Media
Neis Anfibolita	110	5	600	7	64	
Cuarcita . Diabasa						
Granito. Pegmatita	120					
Granodiorita. Diorita	130					
Esquisto	140					
micáceo/cuarcitico	150					
Arenisca. Taconita	160					
Basalto. Andesita.	170					Dura
Riolita	180					
Traquita						
Gabro. Grauwaca	190	6,5	900	17	28	
Cuarcita	250					
Esquisto Cuarcito	300					
		>5,9	>700	>15	>44	Muy dura
Neis	350					
Gabro . Taconita	400					

Equivalencias aproximadas de dureza

Tabla 1.6

a.5. Ensayos de Friabilidad

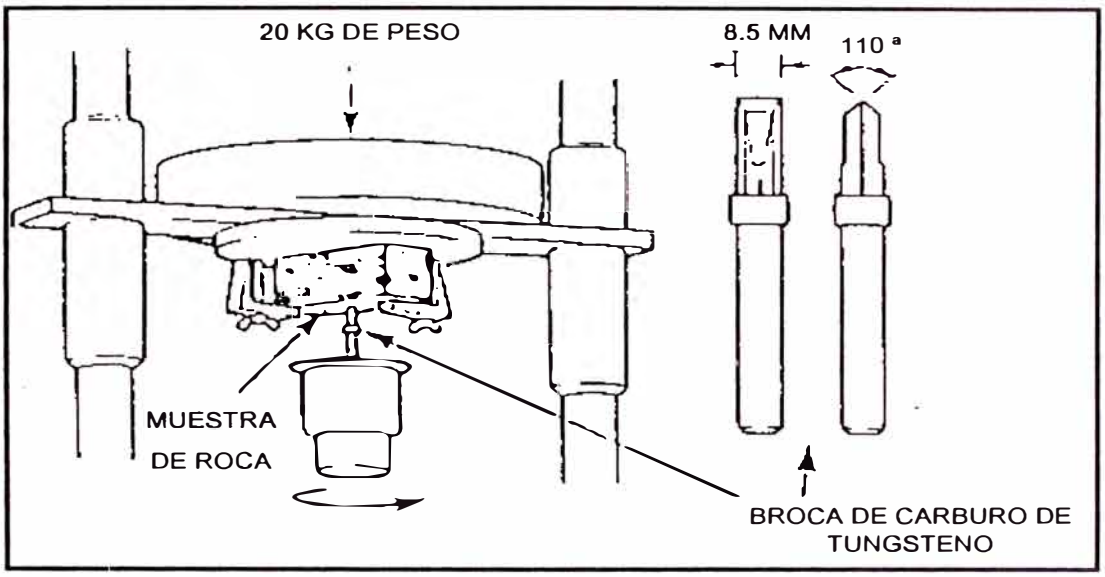
Una fracción representativa de 500g. De la muestra, troceada entre 11.2 y 16 mm. se somete a veinte impactos sucesivos de una pesa de 14 kg. que se deja caer desde una altura de 25 cm. Se repite el proceso 3 ó 4 veces y se toma el valor medio del porcentaje de muestra menor de 11,2 mm, denominando al valor obteniendo S_{20-v} (Figura 1.10)



Ensayo de friabilidad
Figura 1.10

a.6. Ensayo de perforación

Con una broca de 8.5 mm. de diámetro y 110º de ángulo de bisel, sometida a un empuje sobre la roca de 20 kg. y haciéndola girar 280 revoluciones, se efectúan de 4 a 8 perforaciones en cada probeta. La longitud media de los taladros expresada en décimas de milímetro constituye el llamado valor " SJ " (Figura 1.11)



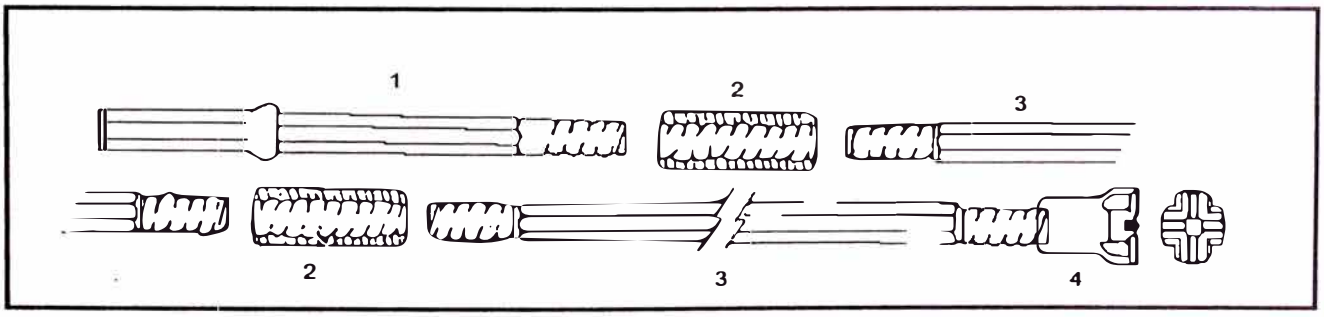
Ensayo de perforabilidad

Figura 1.9

a.7. Varillaje

Los elementos de prolongación de la sarta (Figura 1.12) son generalmente:

- Varillas o barras
- Tubos



1 Adaptadores de culata, 2 Manguitos, 3 Varillas de extensión, 4 Brocas

Sarta de perforación

Figura 1.12

b. Perforación rotativa

Hasta 1949, la mayor parte de los barrenos para voladura eran realizados mediante perforadoras a rotopercusión y sólo en el caso de rocas muy blandas era aplicable la perforación a rotación mediante brocas de corte o trépanos. La apertura en Estados Unidos de grandes explotaciones de carbón a tajo abierto con espesores de recubrimiento que alcanzaban hasta 40 m. y la aparición en el mercado de un explosivo a granel barato y de gran eficiencia energética como el ANFO, fueron acontecimientos que impulsaron a los fabricantes de perforadoras a diseñar equipos de gran capacidad, capaces de alcanzar elevadas velocidades de penetración. Simultáneamente, se comenzaron a utilizar de forma generalizada en la minería las brocas denominadas triconos, desarrolladas en el campo del petróleo desde 1907 y a aplicar el aire comprimido como fluido de evacuación de los detritus formados durante la perforación. Los diámetros de los barrenos varían entre las 2" y las 17" (50 a 444 mm). siendo el rango de aplicación más frecuente en minería a cielo abierto de 6" a 12" (152 a 311 mm) Diámetros mayores están limitados a minas con una elevada producción, y por debajo de 6" casi no se emplean debido a los problemas de duración de los triconos a causa del reducido tamaño de los cojinetes.

Este método de perforación es muy versátil, ya que abarca una amplia gama de rocas, desde las muy blandas, donde comenzó su aplicación, hasta las muy duras, donde han desplazado a otros sistemas, como en este caso de la perforación térmica (Jel Piercing) en las taconitas. Las perforadoras rotativas están constituidas esencialmente por una fuente de energía, una batería de barras (sarta) o tubos, individuales o conectadas en serie que transmiten el peso, la rotación y el aire de barrido a una broca con dientes de acero o Insertos de carburo de tungsteno que actúa sobre la roca. (Figura 1. 13). La mayoría de las grandes perforadoras van montadas sobre orugas planas, ya que éstas pueden soportar mayores cargas y transmitir menor presión al suelo en el desplazamiento. Las perforadoras montadas con orugas de teja. Tipo tractor, son útiles en terrenos difíciles y accidentados como los que se pueden presentar en las obras públicas.

b.1. Fundamentos de la perforación rotativa

b.1.1. Fuente de energía

b.1.2. Sistema de rotación

b.1.3. Sistema de barrido de detritus

b.1.4. Variables de perforación

b.1.4.1. Empuje sobre la broca

b.1.4.2. Velocidad de rotación

b.1.4.3. Desgaste de la broca

b.1.4.4. Diámetro de perforación

b.1.4.5. Caudal de aire para evacuación del detrito

b.2. Criterios para la selección de perforadora rotativa

b.2.1. Potencia de rotación

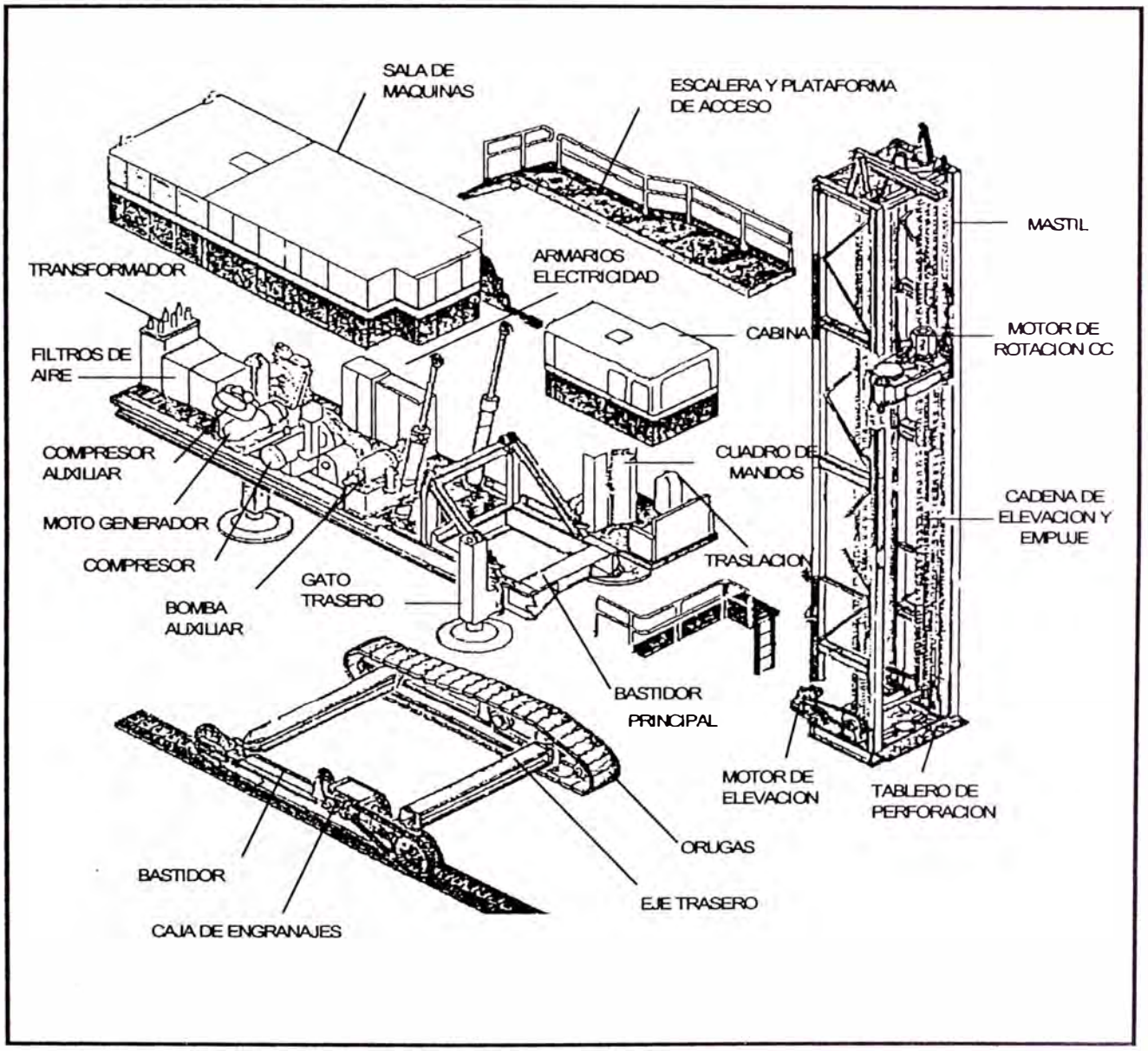
b.2.2. Empuje necesario

b.2.3. Compresor

b.2.4. Velocidad de Penetración

b.2.5. Cálculo del costo de perforación

b.2.6. Triconos



Componentes de una perforadora rotativa de accionamiento eléctrico (Marion)
Figura I.13

El principal inconveniente del montaje sobre orugas es su baja velocidad de traslación. 2 a 3 km/h, por lo que si la máquina debe perforar en varios bancos de la explotación distantes entre sí, es más aconsejable seleccionar un equipo montado sobre camión cuya velocidad media de desplazamiento es diez veces superior. Sin embargo, en las grandes operaciones los equipos se desplazan poco, ya que perforan un gran número de barrenos en reducido espacio.

Las máquinas más ligeras suelen ir montadas sobre camión, con chasis de 2 ó 3 ejes y sólo las de mayor envergadura con más de 60.00 libras de empuje se construyen sobre chasis de 4 ejes. Durante la perforación, estas unidades se apoyan sobre 3 ó 4 gatos hidráulicos que además de soportar el peso sirven para nivelar la máquina.

b.1.1. Fuente de energía

Un reparto medio de la potencia instalada en estas unidades para las diferentes operaciones y mecanismos es la siguiente:

- Movimiento de elevación y traslación : 18%
- Rotación : 18%
- Empuje: 3%
- Nivelación: 2%
- Captación de polvo: 3%
- Barrido y limpieza de los detritus con aire comprimido: 53%
- Equipos auxiliares : 3%.

Los equipos eléctricos tienen unos costos de mantenimiento de un 10 a un 15% más bajos que los de accionamiento diesel. Estos últimos, son elegidos cuando alrededor de las explotaciones no se dispone de adecuada infraestructura de suministro eléctrico o cuando la máquina va montada sobre camión.

b.1.2. Sistema de rotación

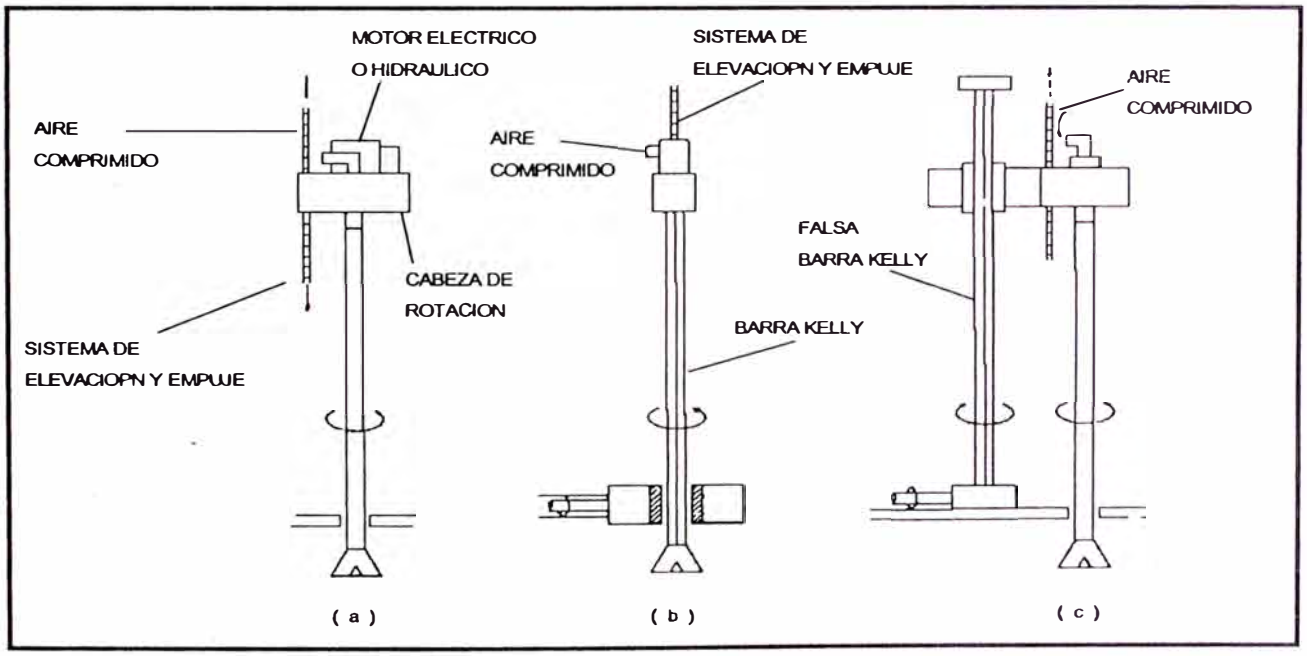
Con el fin de hacer girar las barras y trasmitir el par, las perforadoras llevan un sistema de rotación montado generalmente sobre un bastidor que se desliza a lo largo del mástil de la perforadora.

El sistema de rotación Directo puede estar constituido por un motor eléctrico o hidráulico. El primero, es el más utilizado en las máquinas grandes, pues aprovecha la gran facilidad de regulación de los motores de corriente continua, en un intervalo de 0 a 100 r/min.

En los diseños más antiguos se empleaba el sistema Ward Leonard y en los más modernos se usan thyristores o rectificado en estado sólido.

El sistema hidráulico consiste en un círculo cerrado con una bomba de presión constante y un convertidor de par con el que se logra variar la velocidad de rotación del motor hidráulico, situado en la cabeza de la sarta de perforación. Este tipo está muy extendido en los equipos pequeños y medianos.

Los sistemas mecánicos o indirectos son el de la Mesa de Rotación, muy popular en el campo del petróleo pero poco utilizado en las máquinas mineras, y el denominado de Falsa Barra Kelly, cuyos esquemas, de funcionamiento se representan. (Figura 1.14).



Sistema de rotacion: (a) Directo, (b) Mesa de rotacion (c) Falsa barra Kelly
Figura I.14

b.1.3. Sistema de barrido de detritus

El aire comprimido cumple las siguientes funciones:

- Enfriar y lubricar los cojinetes del tricono.
- Limpiar el fondo del barreneo y
- Elevar el detrito con una velocidad ascensional adecuada.

El aire circula por un tubo desde el compresor al mástil y desde éste, por manguera flexible protegida, a la cabeza de rotación de donde pasa al interior de la barra de perforación que lo conduce hasta la broca, saliendo entre los conos para producir la remoción de los detritus elevándolos hasta la superficie. Si los trozos son grandes y el caudal del aire insuficiente vuelven a caer en el fondo, produciéndose una remolienda hasta alcanzar el tamaño adecuado para ascender. La falta de aire produce así un consumo de energía innecesario, una menor velocidad de penetración y un mayor desgaste de la broca. Por el contrario, si la velocidad ascensional es muy alta aumentan los desgastes en el centralizador y en las barras de perforación.

Si se conoce la densidad de la roca y el diámetro de las partículas, pueden aplicarse dos fórmulas para calcular la velocidad ascensional mínima (Ec. 1.18) y (Ec. 1.19).

$$V_a = 573 \; x \; \frac{p_r}{p_r + 1} \; x \; d_p^{\,0.6} \quad \text{.....Ec. 1.8}$$

$$V_a = 250 \; x \; p_r^{1/2} \; x \; d_p^{1/2} \quad \text{.....Ec. I.9}$$

Donde:

V_a = Velocidad ascensional mínima (m/min)

P_r = Densidad de la roca (g/cm^3)

D_p = Diámetro de la partícula (mm).

El caudal de aire necesario se calcula mediante la expresión (Ec. 1.10):

$$Q_a = A_b \; x \; V_a = V_a \; x \; \frac{(D^2 - d^2)}{1{,}27} \quad \text{..... Ec. 1.10}$$

Donde:

A_b= Área de la corona circular entre la barra y la pared del barreno (m^2)

Q_a = Caudal del aire necesario (m3/mm).

V_a = Velocidad ascensional (m/min)

D = Diámetro del barreno (m)

d = Diámetro de la barra (m).

Otra fórmula para la determinación aproximada del caudal es (Ec. 1.11):

$$Q_a = 224 \times D^{3/2} \quad \text{..... Ec. 1.11}$$

Donde:

Q_a = Caudal de aire (m^3 /min).

D = Diámetro del barreno (m)

Las velocidades ascensionales recomendadas, en función del tipo de roca, son las que se ven (Tabla 1.7):

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD MINIMA		VELOCIDAD MÁXIMA	
	(m/min)	(pies/min)	(m/min)	(pies/min)
Blanca	1.200	4.000	1.800	6.000
Media	1.500	5.000	2.100	7.000
Dura	1.800	6.000	2.400	8.000

Velocidades Ascensionales en función del tipo de roca
Tabla 1.7

Así pues, el diámetro de las barras aconsejado, según el tipo de roca que se perfore, debe ser en formaciones blandas 3" (75 mm) menor que el diámetro del tricono en formaciones medias 2" (50 mm) y en formaciones duras 2 (38mm) ya que a medida que aumenta la resistencia de la roca los detritus son más pequeños.

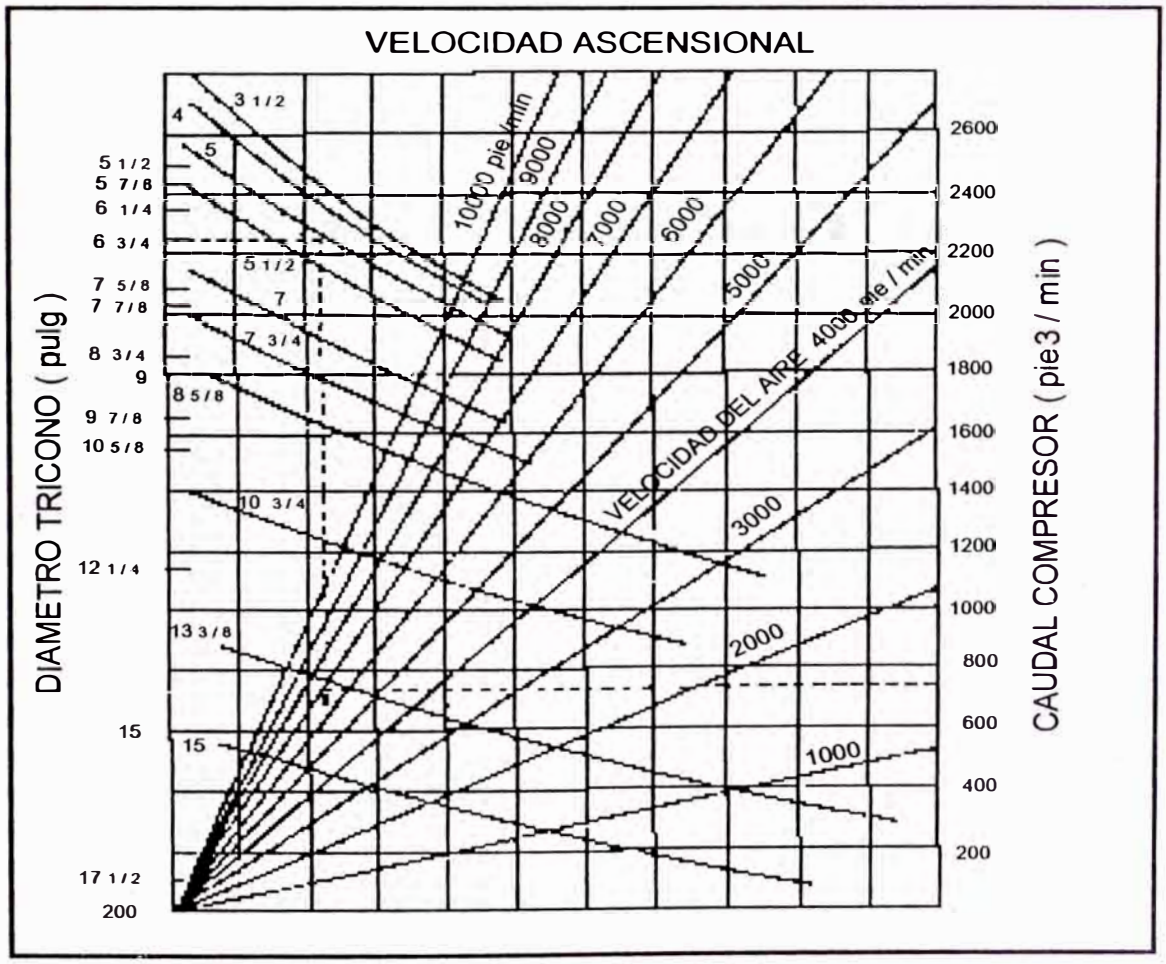
Con el ábaco de la Figura 1.15 puede determinarse con mayor exactitud el diámetro de las barras comerciales, conocidos el causal de aire, la velocidad ascensional y el diámetro del barreno.

Cuando la resistencia a compresión de la roca sea menor de 100 MPa, la alta velocidad de penetración conseguida hace que los detritus no salgan del barreno si no dispone de una corona circular suficiente, debiendo cumplirse:

$$\frac{\text{Area del barreno}}{\text{Area de la corona circular}} = 2$$

Lo que equivale a :

$$\frac{\text{Diámetro de barra}}{\text{Diámetro de barreno}} = 0.7$$



Dimensionamiento de las barras

Figura 1.15

b.1.4. Variables de perforación

Las variables internas que intervienen en la perforación rotativa son:

- Empuje sobre la broca.
- Velocidad de rotación.
- Desgaste de la broca.
- Diámetro del barreno y
- Caudal de aire para la evacuación del detrito.

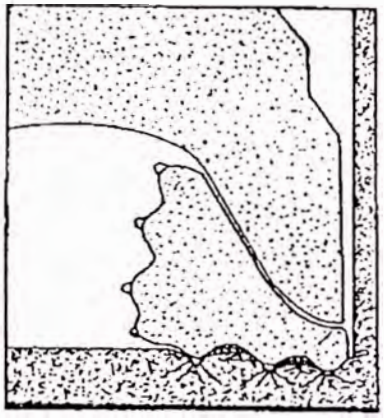
Las variables externas son las siguientes:

- Características resistentes de la formación rocosa.
- Eficiencia del operador.

Siendo lo mas importante las variables de perforación internos, seguidamente detallaremos cada uno de estas variables, estas variables guardan relación con las características de la máquina, su configuración y dispositivos de perforación:

b.1.4.1. Empuje sobre la broca

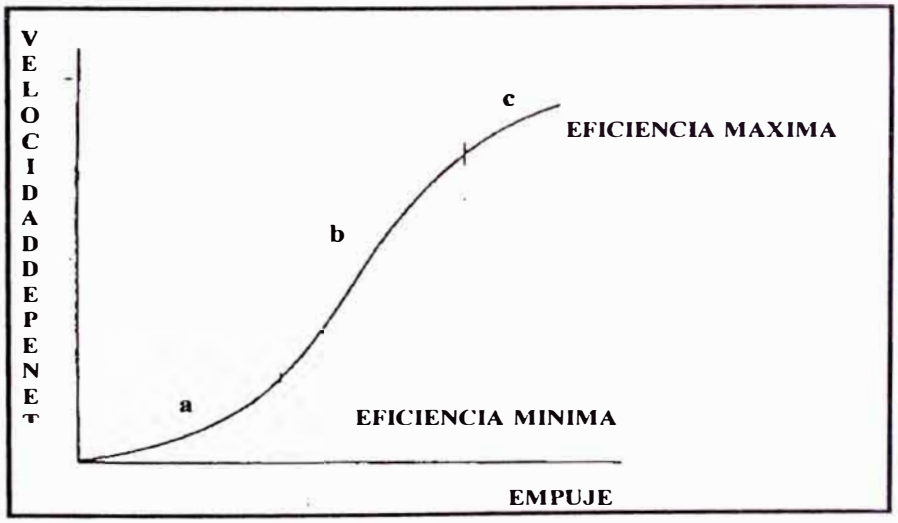
El empuje sobre la broca debe ser suficiente para sobrepasar la resistencia a comprensión de la roca, pero no debe ser excesivo para evitar fallos prematuros o anormales del tricono. La velocidad de penetración aumenta proporcionalmente con el empuje, hasta que se llega a un agarrotamiento del tricono contra la roca por efecto del enterramiento de los dientes o insertos, (Figura 1.16) o hasta que por la alta velocidad de penetración y el gran volumen de detritus que se produce no se limpia adecuadamente el barreno. En formaciones duras, un empuje elevado sobre la broca puede producir roturas en los insertos antes de presentarse un agarrotamiento o un defecto de limpieza. También disminuye la vida de los cojinetes, pero no necesariamente la longitud perforada por el tricono.



Rotura de roca. Empuje excesivo
Figura 1.16

Cuando se perfora una roca, los triconos pueden trabajar en tres situaciones distintas (Figura 1.17)

a) Empuje insuficiente
b) Avance eficiente y
c) Entrenamiento del útil



Efecto del empuje sobre la velocidad de penetración
Figura 1.17

El empuje mínimo, por debajo del cual una roca no es perforada, puede estimarse con la siguiente ecuación (Ec 1.12).

$$E_m = 28.5 \times RC \times D \qquad \text{.....Ec 1.12}$$

Donde:

E_m = Empuje mínimo (libras)

RC = Resistencia a compresión de la roca (MPa).

D = Diámetro de tricono (pulg).

El empuje máximo por encima del que se produce el enterramiento del tricono, se considera que vale el doble del valor anterior (Ec. 1.13).

$$E_M = 2 \times E_M \qquad \text{.....Ec. 1.13}$$

El empuje límite que soporta un tricono es función del tamaño de sus cojinetes, que a su vez, depende del diámetro del tricono (Ec. 1.14):

$$E_L = 810 \times D^2 \qquad \text{.....Ec. 1.14}$$

Donde:

E_L = Empuje límite del tricono (libras)

D = Diámetro (pulg).

En tabla 1.8 se dan los valores limites para triconos de diferentes diámetros.

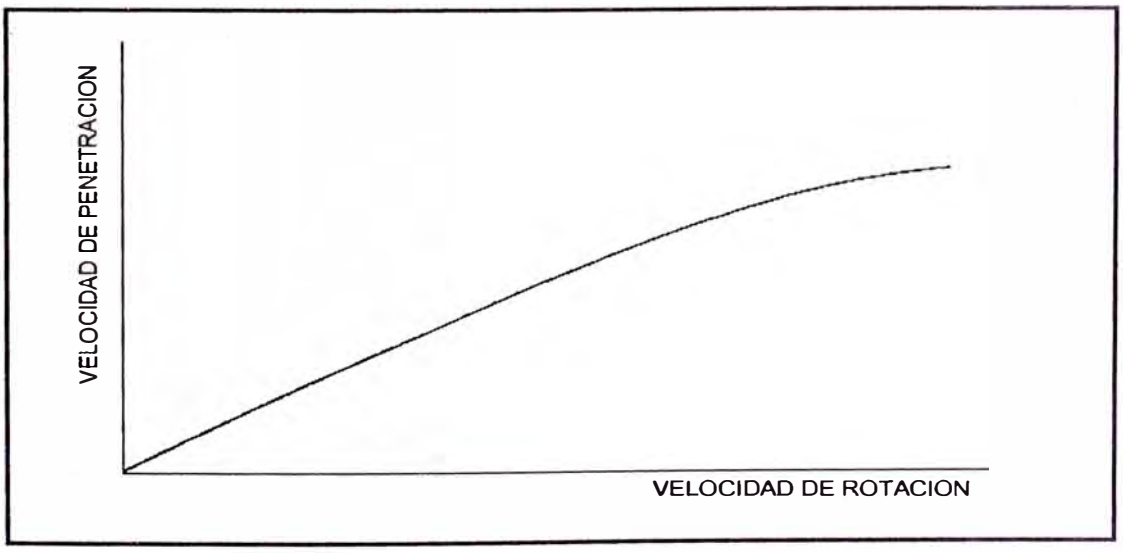
DIÁMETRO DEL TRICONO (Pulg)	EMPUJE LIMITE (libras)
5 1/8"	21.000
6 ¼ "	31.000
6 ¾"	37.000
7 7/8"	50.000
9"	65.000
9 7/8"	79.000
12 1/4"	121.000

Empuje limite que soportan los triconos en función del diámetro

Tabla 1. 8

b.1.4.2. Velocidad de rotación

La velocidad de penetración aumenta con la velocidad de rotación en una proporción algo menor que la unidad, hasta un límite impuesto por la evacuación de los detritus. (Figura 1.18)



Efecto de la velocidad de rotacion sobre la velocidad de penetración

Figura 1. 18

Las velocidades de rotación varían desde 60 a 120 r/min para los triconos con dientes de acero y 50 a 80 r/min para los de insertos de carburo de tungsteno.

En la Tabla 1.9 se indican las velocidades de rotación adecuadas para diferentes tipos de rocas.

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD DE ROTACIÓN (r/min)
Blanda	75- 160
Media	60 – 80
Dura	35- 70

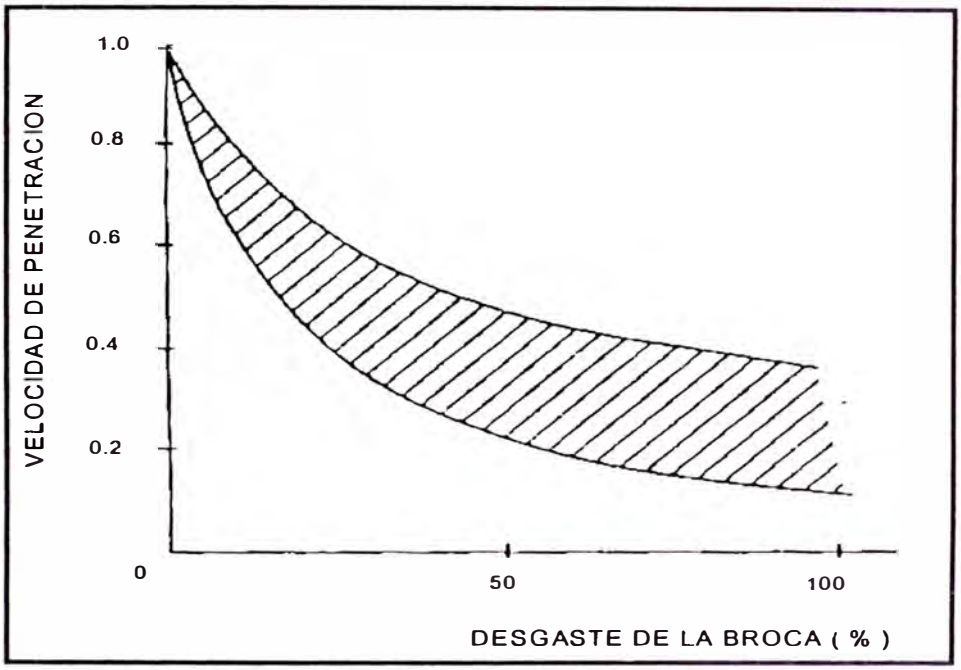
Velocidad de rotación adecuadas para diferentes tipos de roca
Tabla 1.9

El límite de la velocidad de rotación está fijada por el desgaste de los cojinetes, que a su vez depende del empuje, de la limpieza del barreno y de la temperatura; y por la rotura de los insertos que es provocada por el impacto del tricono contra la roca, siendo la intensidad de éste proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación.

b.1.4.3. Desgaste de la broca

Cuando se utilizan triconos de dientes, la velocidad de penetración disminuye considerablemente conforme aumenta el desgaste de la broca.

La Figura 1.19 muestra cómo para un tricono a mitad de uso, la velocidad de penetración puede reducirse de un 50 a un 75% con respecto a la obtenida con un tricono nuevo.

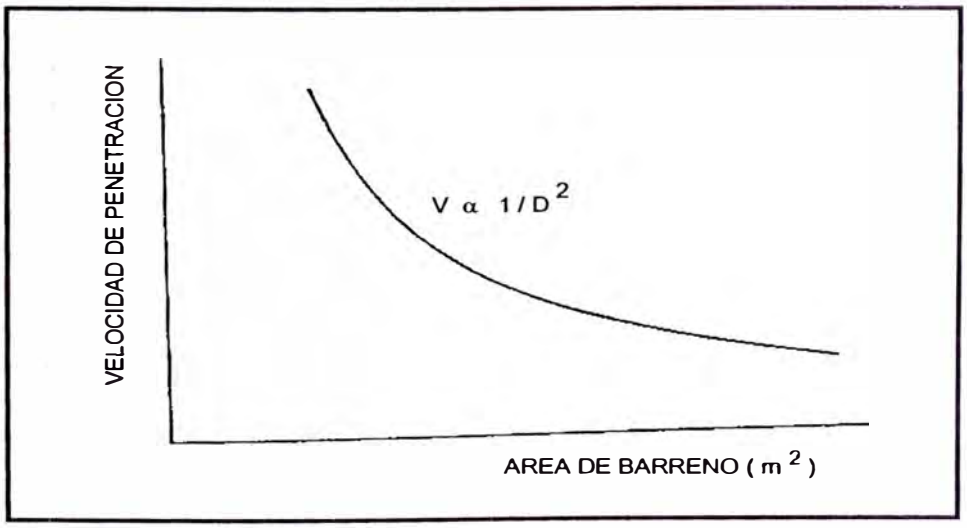


Efecto del desgaste de la broca sobre la velocidad de penetración

Figura 1.19

b.1.4.4. Diámetro de perforación

La Figura 1.20 refleja cómo la velocidad de penetración obtenida con empuje y velocidad de rotación constantes es proporcional al inverso del diámetro de perforación al cuadrado.



Variación de la velocidad de penetración con el diámetro

Figura 1.20

b.1.4.5. Caudal de aire para la evacuación del detrito

Cuando la perforación se efectúa con menos aire que el necesario para limpiar con efectividad el barreno, se producen los siguientes efectos negativos:

- Disminución de la velocidad de penetración.
- Aumento del empuje necesario para perforar.
- Incremento de las averías de la perforadora, debido al mayor par necesario para hacer girar el tricono.
- Aumento del desgaste en el estabilizador en la barra y en el tricono.

Una vez determinado el diámetro de perforación a utilizar, que depende de;

- Producción requerida.
- Tamaño y número de equipos de carga y transpone.
- Altura de banco.
- Limitaciones ambientales del entorno
- Costos de operación.

Y teniendo en cuenta las propiedades geomecánicas de la roca a perforar se determinarán:

- Las características de la perforadora.
- El tipo de tricono.
- El varillaje y los accesorios.

b.2. Criterios para la selección de perforadora rotativa

El diseño adecuado de una perforadora requiere la consideración da la potencia de rotación necesaria para hacer girar el tricono y el medio adecuado de evacuación de los detritus.

b.2.1. Potencia de rotación

La potencia de rotación requerida es igual al producto del par necesario para hacer girar el tricono por la velocidad de rotación Ec. 1.15.

$$HP_r = \frac{N_f \times T_f}{5.250} \quad \text{..... Ec. I.15.}$$

Donde:

HP = Potencia de rotación (HP).

N_f = Velocidad de rotación (r/min)

T_f = Par de rotación (lb-pies).

El par de rotación aumenta con el empuje sobre el tricono y la profundidad del barreno. Normalmente, las perforadoras se diseñan con una capacidad de par comprendida entre 10 y 20 libras/pie por libra de empuje.

Cuando no se conoce el par necesario, la potencia de rotación se puede calcular a partir de la siguiente expresión Ec. 1. 16:

$$HP_r = K \times N_f \times D^{2.5} \times E^{1.5} \quad \text{..... Ec. 1.16}$$

Donde:

HP_r = Potencia de rotación (HP)

N_f= Velocidad de rotación (r/min)

D = Diámetro de perforación (pulg)

E = Empuje (miles de libras por pulgada de diámetro)

K = Constante de la formación (Tabla 1.10)

ROCA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (MPa)	CONSTANTE K
Muy blanda	--	14.10^{-3}
Blanda	--	12.10^{-3}
Medio-blanda	17.5	10.10^{-3}
Media	56.0	8.10^{-3}
Dura	210.0	6.10^{-3}
Muy dura	476.0	4.10^{-3}

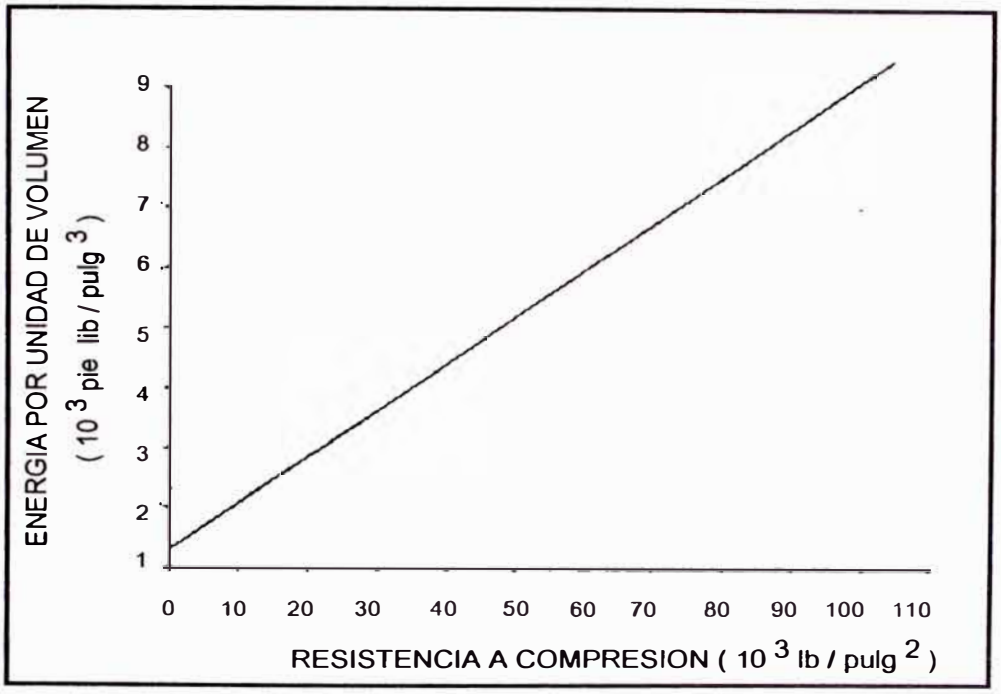
Valores de la constante de formación según el tipo de roca

Tabla 1.10

En la Figura 1.21 se representa la energía de perforación por unidad de volumen en función de la resistencia a compresión de la roca.

b.2.2. Empuje necesario

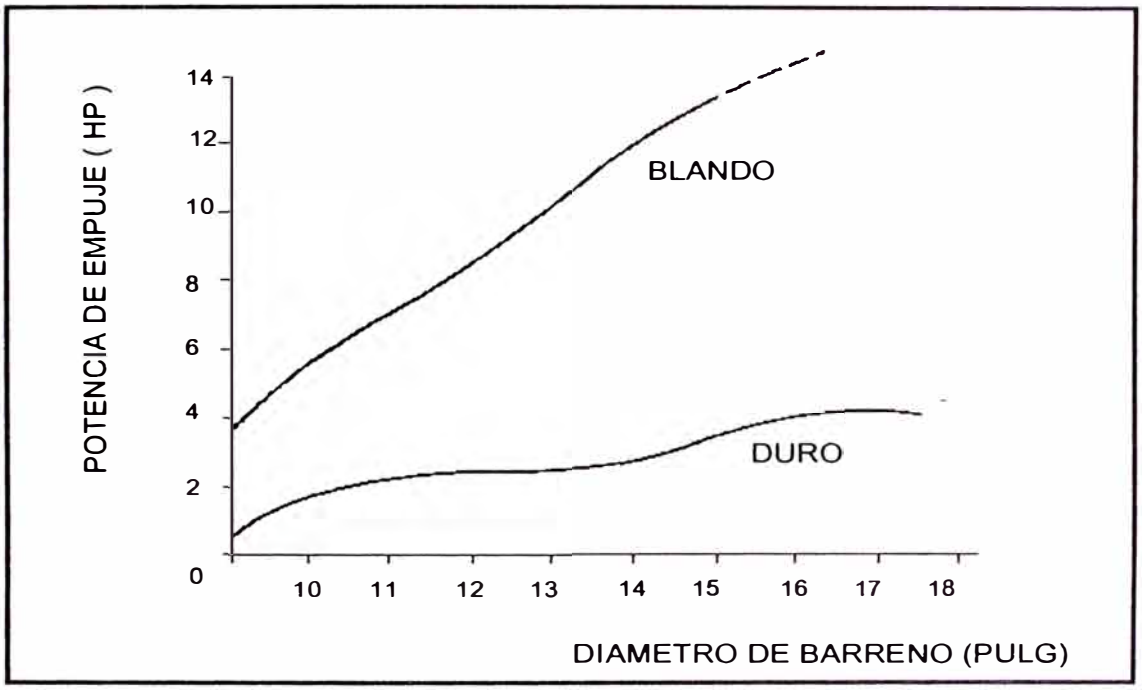
La potencia necesaria para el empuje es pequeña comparada con la de rotación, Figura 1.22 (a) y (b). Además, el empuje sobre el tricono. como se ha visto anteriormente, depende del diámetro y de la resistencia a compresión de la roca Figura 1.23.



Energía de perforación en función de la resistencia a la compresión
Figura 1.21

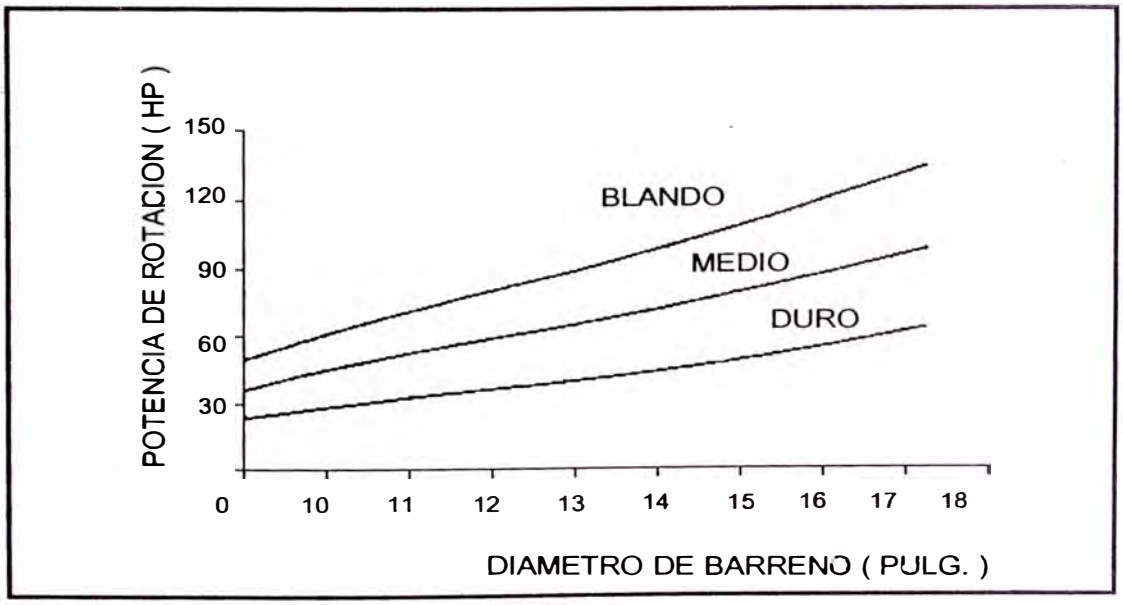
La capacidad de empuje de la máquina se recomienda que sea un 30% mayor que el empuje máximo de trabajo.

Una vez conocido este parámetro de diseño, se tendrá definido el peso da la máquina, ya que el empuje suele ser 50% del peso en trabajo, disponiendo de un 10 a un 15% de reserva para asegurarla estabilidad del equipo durante la operación y los desplazamientos.



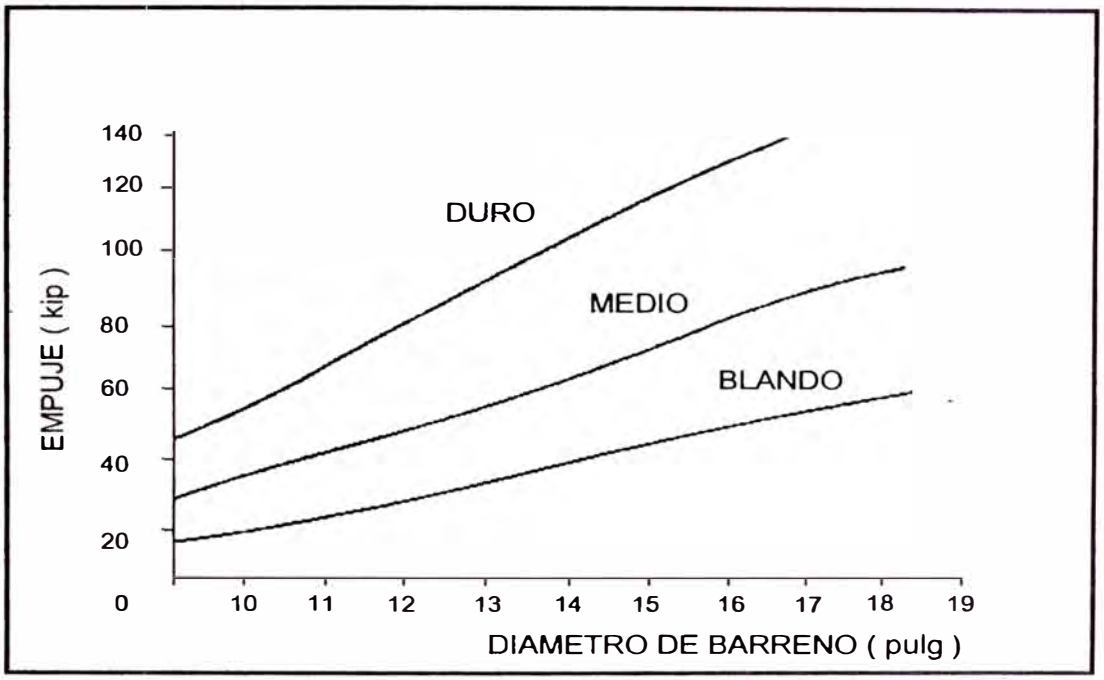
Potencia de empuje para diversos tipos de roca

Figura 1.22 a



Potencia de rotacion para diversos tipos de roca

Figura 1.22 b



Empuje sobre la broca en función del diámetro y del tipo de roca

Figura 1.23

b.2.3. Compresor

Los compresores que se utilizan en la actualidad son básicamente de dos tipos:

- Compresor de paletas
- Compresor de tornillo.

El rango de capacidades va desde los 7 a los 70 m^3 /min. aproximadamente. Tanto el tamaño de estos equipos como el tipo son opcionales en la mayoría de los casos.

b.2.4. Velocidad de Penetración

La velocidad de penetración depende de muchos factores externos: características geológicas, propiedades físicas de las rocas, distribución de tensiones y estructura interna. Esto hace que la determinación de la velocidad de penetración durante el desarrollo de un proyecto sea una tarea difícil para el Ingeniero proyectista, pero necesaria, debido a que la decisión que se tome va a incidir decisivamente en el resto de las operaciones. Cálculo de

la velocidad de penetración a partir de la resistencia a compresión simple de la roca. Este procedimiento se basa en la utilización de fórmulas empíricas propuestas por diversos investigadores.

b.2.4.1. Ensayos sobre muestras

Existen dos procedimientos conocidos por "Microbit" e "indenter Test"

El primero, es el más antiguo, viene siendo utilizado desde la década de los años 50, Se basa en la perforación de la probeta con una micro broca de (32 mm) de diámetro sometida a un peso de 200 lb y 60 r/min. Cada ensayo consiste en la perforación de un taladro de 3/32" (2,4 *mm)* y registro del tiempo de perforación cada 1/32" (0,8 mm). Después de cada perforación la broca se calibra y se controla el desgaste.

El sistema da buenos resultados en formaciones blandas y medias, que pueden ser perforadas con triconos de dientes. pero en formaciones duras, donde se hace necesario el empleo de brocas de insertos de carburo. se obtienen velocidades de penetración muy bajas y duraciones de triconos reducidas

En el segundo ensayo, se utiliza un diente de carburo de tungsteno de forma semiesférica que se aplica sobre la muestra con presiones crecientes e incrementos de 500 lb. Hasta un máximo de 5.00–6.00 lb. determinándose el denominado esfuerzo umbral "E_u".

El empuje que es necesario aplicar sobre el tricono vale (Ec. 1.17):

$$E = E_u \times I_c \qquad \text{..... Ec. 1.17}$$

Donde:

E = Empuje

E_u = Esfuerzo umbral

I_c = Número de insertos del tricono que en un instante dado están en contacto con la roca.

Pero " I_c " suele representar un 8% del número total "C_i" de insertos del tricono, convirtiéndose la expresión anterior en (Ec. 1.18).

$$E = 0.08 \times E_u \times C_i \quad \text{.....Ec. 1.18}$$

La velocidad de penetración vendrá dada por (Ec. 1.19):

$$VP = Nr \times P \quad \text{..... Ec. 1.19}$$

Donde:

VP = Velocidad de penetración

N_r = Revoluciones por minuto

P = Avance del tricono por cada revolución

Además, el avance del tricono en una revolución "p" debe ser proporcional a la penetración "p'" obtenida en el ensayo:

$$P = K \times p' \quad \text{.....Ec. 1.20}$$

Donde "K" es una constante que engloba aquellas condiciones reales que el ensayo de perforabilidad no reproduce.

La fórmula de la velocidad de penetración queda de la forma siguiente (Ec. 1.21):

$$VP = K \times N_r \times p = K \times N_r \left(\frac{p}{E_u}\right) \times E_u = K \times N_r \left(\frac{p}{E_u}\right) \times \left(\frac{E}{0.08 \times C_i}\right)$$

$$= K' \times N_r \times \left(\frac{p'}{E_u}\right) \times \left(\frac{E}{C_i}\right) \quad \text{.....Ec. 1.21}$$

Esta ecuación Ec.1.21 permite calcular la velocidad de penetración a partir de un conjunto de parámetros conocidos.

Como en la mayoría de los casos de los triconos se desechan por fallo de alguno de los cojinetes, pueden estimarse sus vidas útiles en metros sin más que multiplicar la velocidad de penetración por el numero de horas de duración de los cojinetes.

b.2.4.2. Formulas empíricas de estimación de la velocidad de penetración

Este procedimiento es de una gran sencillez y esta basado en fórmulas empíricas determinadas por ensayos de campo. En general, tienen en cuenta las siguientes variables:

- Diámetro de perforación.
- Empuje sobre el tricono.
- Velocidad de rotación y
- Resistencia a comprensión simple

La variable desconocidas es la Resistencia a Comprensión, cuyo valor es fácilmente estimado mediante un ensayo de laboratorio o de campo, a partir de la Resistencia Bajo Carga Puntual.

En 1967, después de un trabajo de investigación realizado en explotaciones de mineral de hierro en Canadá. A Bauer y P. Calder propusieron la siguiente expresión (Ec. 1.22).

$$\log \frac{VP}{6} = K \; x \log \frac{E}{\frac{RC}{12}} \qquad \text{.....Ec. 1.22}$$

Donde:

VP = velocidad de penetración (pies/hora)

K = Factor que depende de la roca y varía entre 1,4 y 1,75 para rocas con resistencia a compresión comprendidas entre 15.00 y 50.000 libras por pulgada cuadrada.

E = Empuje (libras por pulgada de diámetro)

RC = Resistencia a compresión (libras por pulgada cuadrada)

En 1971, Bauer modificó la fórmula introduciendo otra variable, como es la velocidad de rotación (Ec. 1.23)

$$VP = \left[61 - 28\ LOG_{10}\ RC\right] x \frac{E}{D} x \frac{N}{300} \quad \text{.....Ec. 1.23}$$

Donde:

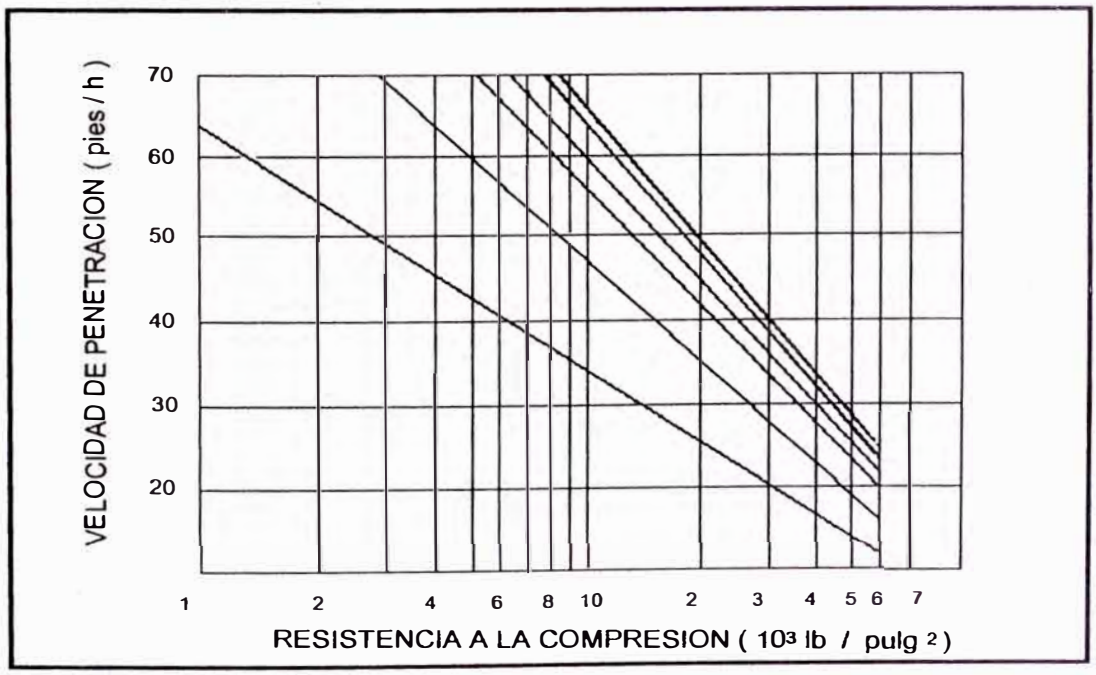
VP = Velocidad de penetración (pies/hora)

RC = Resistencia a compresión (miles de libras por pulgadas cuadradas)

$\frac{E}{D}$ = Empuje unitario (miles de libras por pulgadas de diámetro)

N= Velocidad de rotación (r/min)

En la Figura 1.24 se da un nomograma para el cálculo de la velocidad de penetración en función de la resistencia a comprensión.



Estimación de la velocidad de penetración a partir de la resistencia a la compresión (Bauer y Calder)

Figura 1.24

R. Praillet en 1978 dedujo la siguiente fórmula empírica Ec. 1.24

$$VP = \frac{63.9 \; x \; E \; x \; N}{RC^2 \; x \; D^{0.9}} \quad \text{.....Ec. 1.24}$$

Donde:

VP = Velocidad de penetración (m/h)

E =Empuje (kg)

N = Velocidad de rotación (r/min)

RC = Resistencia a comprensión de la roca (MPa)

D = Diámetro del tricono (mm).

Esta fórmula tiene una mayor fiabilidad en todos los rangos de resistencias de las rocas y permite calcular en una operación en marcha el valor de RC.

Por último, las casas fabricantes de triconos han construido ábacos muy sencillos donde en función del empuje sobre el tricono y la resistencia a compresión de la roca, se calcula la velocidad de penetración para una velocidad de rotación constante de 60 r/min

b.2.4.3. Velocidad media de perforación

Una vez determinada la velocidad de penetración, es preciso estimar cuál será la velocidad media resultante al incluir los tiempos muertos y la disponibilidad mecánica de los equipos que se supone del 80 % se calcula mediante la expresión (Ec.1.25):

$$VM = 2 \; x \; VP^{0.65} \quad \text{.....Ec. 1.25}$$

Donde:

VM = Velocidad media de perforación (m/h).

VP = Velocidad de penetración (m/h).

Otra forma más exacta de calcular "VM" es teniendo en cuenta los tiempos Individuales no productivos, comentados anteriormente en el capitulo de perforación rotopercutiva.

b.2.5. Cálculo del costo de perforación

El costo de perforación por metro perforado se calcula con la (Ec.1.26):

$$C_T = \frac{C_A \cdot C_I \cdot C_M \cdot C_o + C_E + C_L}{VM} + C_B \qquad \text{.....Ec 1.26}$$

Donde:

Costos Indirectos

CA = Amortización (PTA h).

CI = Intereses y seguros (PTA/h).

Costos Directos

CM = Mantenimiento (PTA/h)..

Co = Mano de obra |PTA/h).

CE = Energía (PTA/h).

CL = Engrase y lubricación (PTA/h).

CB = Broca. estabilizador y barra (PTA/m).

VM = Velocidad de perforación media (m/h)

b.2.5.1. Amortización

La vida operativa de estas máquinas se puede estimar entre 50.000 y 100.000 h para las perforadoras eléctricas y de 16.000 a 30.000 h para las unidades diesel-hidráulicas sobre camión. Para calcular el costo de amortización se divide el precio de adquisición menos el valor residual por el numero de horas previsto Ec. 1.27.

$$CA = \frac{\text{Precio de adquisición – Valor residual}}{\text{Horas de vida}} \qquad \text{.....Ec. 1.27}$$

b.2.5.2. Intereses, seguros e impuestos

La mayor parte de la maquinaria se compra con dinero prestado y por tanto debe tener en cuenta los intereses, además de los costos de seguros e impuestos que el equipo original. Para calcularlos se emplea la fórmula Ec 1.28:

$$C_I = \frac{\frac{N+1}{2N}\ x\ precioadquisición \quad x \quad \%(\text{int}\,ereses + Seguros + \text{Im}\,puestos)}{Horas\ \ de\ \ trabajo\ \ al\ \ año} \quad \ldots \text{Ec.1.28}$$

Donde

N = Numero de años de vida

b.2.5.3. Mantenimiento

Representa los Costos de reparación de averías y el mantenimiento preventivo. Se puede estimar multiplicando el precio de la maquina por 5×10^{-5} en perforadoras eléctricas o por 6×10^{-5} en las unidades diesel.

b.2.5.4. Mano de obra

Corresponde al costo horario del perforista. incluyendo cargas sociales, vacaciones, etc. y también el del ayudante en los casos en que se precise.

b.2.5.5. Energía

Este costo puede ser de energía eléctrica o diesel, y se calcula a partir de las especificaciones de los motores.

b.2.5.6. Aceites y grasas

Se determina a partir de los datos suministrados por el fabricante, referidos a cambios de aceite, sistemas hidráulicos y capacidades de los caracteres o depósitos. Suele estimarse entre un 15 y un 20% del costo de energía.

b.2.5.7. Broca, estabilizador y barra

Constituye una de las partidas criticas, debido por un lado a la falta de información previa de los técnicos y por otro a su importancia ya que su peso sobre el costo del metro perforado oscila entre el 15 y el 40% del costo total, según la dureza de la roca.

Las barras y estabilizadores suelen tener una vida media de 30.000 y 11.000 m, respectivamente

La duración de un tricono se puede estimar a partir de la ecuación Ec. 1.29:

$$VIDA\ (m) = \frac{28.140\ x\ D^{1.55}\ x\ E^{-1.67}}{N_r} x\ 3\ x\ VP \qquad \text{.....Ec. 1.29}$$

Donde:

D = Diámetro (pulg).

E = Empuje sobre la broca (miles de libras).

N, = Velocidad de rotación (r/min).

VP'= Velocidad de penetración (m/h)

b.2.5.8. Ejemplo de aplicación

En una explotación minera se dispone de una perforadora eléctrica con un empuje útil de 70-000 lb que perfora una roca con una resistencia a compresión de 75 MPa con un diámetro de 9" (229 mm). Los datos reales de operación son:

Empuje sobre la broca: 39.000 libras

Velocidad de penetración: 34 m/h

Velocidad de rotación: 60 r/min

El precio de adquisición del equipo es de 185 MPTA. y se desea calcular el costo por metro lineal perforado.

Las partidas que constituyen el coste total son:

$$C_A = \frac{185.000.000\ PTA}{50.000} = 3.700\ PTA/h \quad (\text{sin } valor\ residual)$$

$$C_I = \frac{\frac{13}{24} x\ 185x\ 16^6\ PTA\ x\ 0,2}{4.300\ h} = 4.660\ PTA/h$$

C_M = 185 x 10^6 x 5 x 10^{-5} = 9.250 PTA/h

C_o = = 2.600 PTA/h

C_E = 185 KW/h x 10 PTA / Kw = 1.850 PTA /h

C_L = 0,2 x CE = 370 PTA /h

Costos indirectos = $C_A + C_I$ = 8.360.PTA/h

Costos Directos = $C_M + C_O + C_E + C_L$ = 14.070 PTA/h

VM = 2 x $34^{0.65}$ = 19.8 m/h

$$Vida\ Tricono = \frac{27.140\ x\ g^{1.55} x\ 39^{-1.67}}{60} x\ 3\ x\ 34 = 3.174m$$

$$C_{B1} = \frac{525.000}{3.174} = 165,4\ PTA/m \quad (Tricono)$$

$$C_{B2} = \frac{315.000}{11.00} = 28,6\ PTA/m \quad (Estabilizador)$$

$$C_{B3} = \frac{350.000}{30.00} = 11,6\ PTA/m \quad (Barra)$$

$$CB = C_{B1} + C_{B2} + C_{B3} = 206\ PTA/m$$

$$C_T = \frac{8.360 + 14.070}{19,8} + 206 = 1.339\ PTA/m$$

b.2.6. Triconos

Aunque la aparición de los triconos como herramienta de perforación se remonta al año 1910, puede decirse que hasta el desarrollo de los equipos rotativos en la década de los 60 no se logró un perfeccionamiento en el diseño y fabricación de este tipo de brocas que hiciera su utilización masiva en minería. En un principio, sólo eran aplicables en formación rocosas blandas o de poca resistencia, pero, en la actualidad, estos útiles han permitido a la perforación rotativa competir con otros métodos empleados en rocas duras.

El trabajo de un tricono se basa en la combinación de dos acciones.

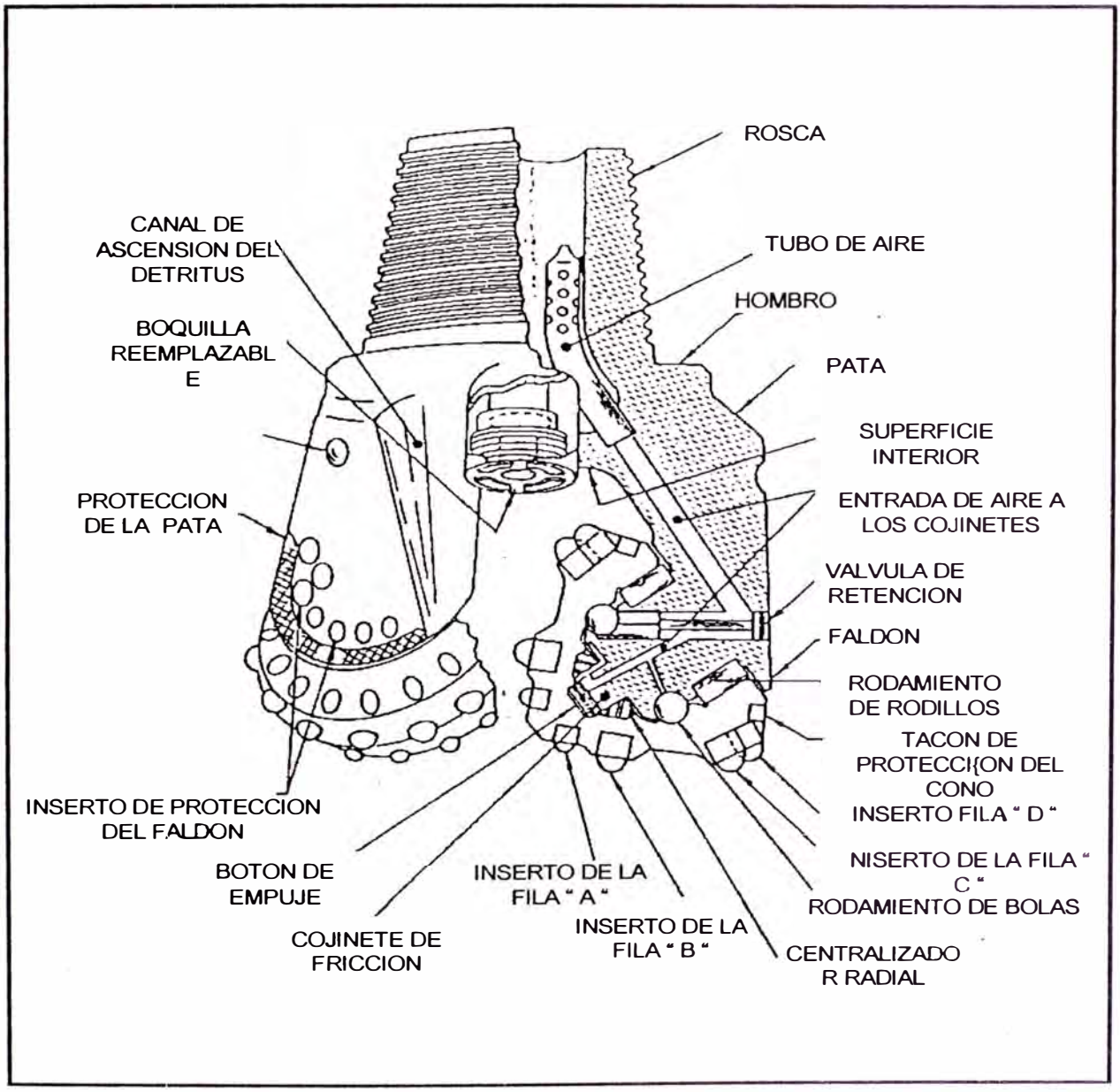
b.2.6.1. Indentación

Los dientes o insertos del tricono penetran en la roca debido al empuje sobre la broca. Este mecanismo equivale a la trituración de la roca.

b.2.6.2. Corte

Los fragmentos de roca se forman debido al movimiento lateral de desgarre de los conos al girar sobre el fondo del barreno.

La acción de corte sólo se produce, como tal, en rocas blandas, ya que en realidad es una compleja combinación de trituración y cizalladura debido al movimiento del tricono. Los elementos constitutivos de un tricono y, consecuentemente, de diseño son: los conos, los rodamientos y el cuerpo del tricono



Esquema de tricono (Smith – Gruner)

Figura 1.25

b.2.6.3. Elementos constitutivos y criterios de diseño

Los elementos constitutivos de un tricono y, consecuentemente, de diseño son: los conos, los rodamientos y el cuerpo del tricono

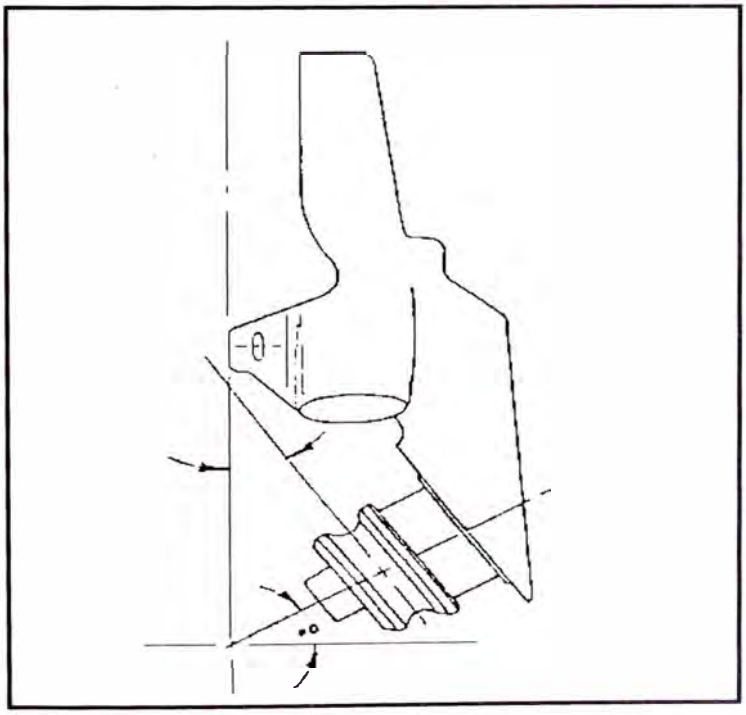
b.2.6.3.1. Cono

Los parámetros de diseño de los conos son los que se exponen a continuación.

b.2.6.3.2. Ángulo del eje del cono

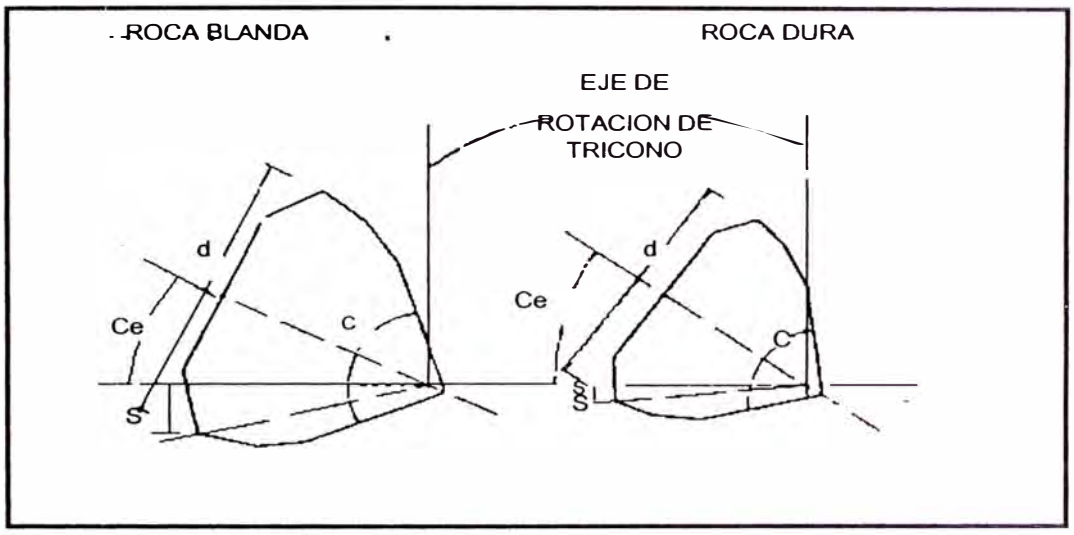
Uno de los aspectos más importantes que se tiene en cuenta en el diseño de un tricono. es el ángulo que forman los ejes de los conos con la horizontal.

Este ángulo determina el diámetro del cono dentado de acuerdo con el diámetro del barreno. Si aumenta el ángulo el diámetro del cono debe disminuir recíprocamente. (Figura 1.26)



Ángulo del eje del cono
Figura 1.26

Se observan los parámetros geométricos que caracterizan la disposición de los conos dentados para dos tipos de roca diferentes (Figura 1.27)



Angulos del eje del cono en dos tipos de roca

Figura 1.27

Donde :

C = Angulo del cono

Ce = Angulo del eje del cono

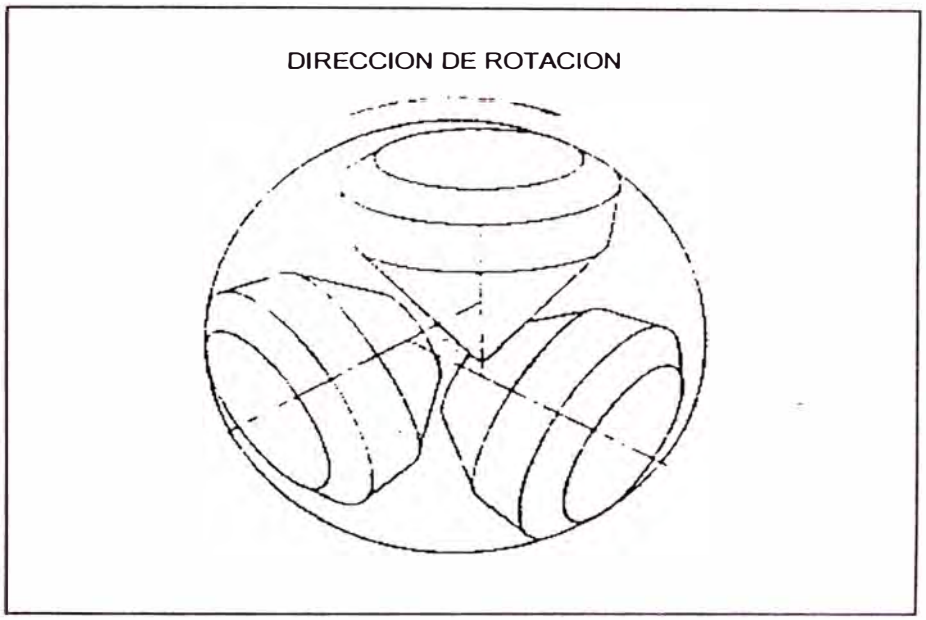
d = Diámetro del cono

s = Saliente del cono

El avance del tricono en el fondo del barreno lo regula en gran parte del tamaño y forma de los conos, es decir el perfil del mismo.

b.2.6.3.3. Descentramiento

Otro factor a tener en cuenta en el diseño es el descentramiento de los ejes de rotación de los conos.



Dirección de rotación de los conos del tricono
Figura 1.28

En el caso de rocas duras, este descentramiento es prácticamente nulo, con lo que el arranque de la roca se efectúa por trituración al sufrir los conos un movimiento de rodadura periférica. En rocas blandas se tiende a que el descentramiento sea mayor, obteniéndose así la rotura de la roca por desgarre o ripado, ya que los conos experimentan un movimiento de deslizamiento junto con el de rotación. En rocas de tipo medio se combinan por igual ambos efectos de rotación y deslizamiento, obteniendo el arranque de la roca por trituración y desgarre.

CAPITULO 2

2.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PERFORADORA DMM2

Los datos proporcionados por C.M.A. para la selección de los equipos de perforación fueron los siguientes:

Lugar:	Ancash – Perú
Latitud:	S 9°12'
Longitud:	E 77°15'
Altitud:	4700 m.s.n.m.
Temperatura ambiente:	-5 a 30 grados Celsius
Temperatura promedio:	15 grados Celsius
Presión Atmosférica:	8 psia
Factores de terreno:	1.5 caliza y 1.4 "skarn"
Características de roca:	Ver Tabla 2.1
Diámetro del taladro:	251 mm.
Velocidad de penetración:	38 mts/hr.

Estos datos fueron enviados a la Fábrica **INGERSOLL-RAND Co.** Garland Texas, fabricante de perforadoras, quienes luego de sucesivos procesos de evaluación, llegaron a seleccionar la Perforadora DMM2, que cumple con las características requeridas de manera particular para este tipo de operación minera, observar cuidadosamente las especificaciones de cada sistema de la unidad seleccionada.

Terreno		% Ocurrencia	Densidad de roca (kg/m3)	Dureza De Roca Compresión Uniaxial (Mpa)		
			Insitu	*Bajo*	*Promedio*	*Alto*
Mineral	*Skarn*	100	3,000	30	40	50
Desperdicio	*Caliza*	76	2,790	-	75	-
	Skarn	9	3,000	30	40	50
	Sulphide	14	3,000	30	40	50
	Overburden	1	-	-	-	-

Características geológicas del terreno

Tabla 2.1

Siendo las características técnicas de la Perforadora DMM2:

- Rango de perforación: 9" a 10-5/8" (229 a 270 mm) diámetro de broca
- Método de perforación: Rotación
- Capacidad de Avance: 75.000 lb-f (34.019 Kg.)de fuerza de empuje sobre la broca
- Mecanismo de avance: Un cilindro hidráulico
- Velocidad de retracción: 120 pie/min (0.61 mts/seg)
- Capacidad de Retroceso: 35.000 lb-f (15.894Kg-f)de fuerza de retracción hacia arriba
- Motores de rotación: 2 motores hidráulicos
- Tipo de motor de rotación: Desplazamiento variable
- Torque máximo cabezal: 8.640 lb-f x pie (11.714 N-m)
- Rango de velocidad cabezal: 0-150 r.p.m.
- Reducción cabezal de rotación: 15:1
- Rosca del Vástago del cabezal: 6" 5/8" API I.F.
- Compresor: 1900 PCM @ 100 psig Serie XL
- Motor diesel: CAT 3412 E – Electrónico 700 HP @ 2100 r.p.m.

- Capacidad combustible: 500 Glns. (1900 Lts.)
- Sistema hidráulico: 2 bombas desplazamiento variable
  1 bomba de dos cuerpos
- Capacidad de bombas: Principales: 69 gpm
  Doble: 40 / 26 gpm
- Capacidad tanque hidráulico: 150 Glns.
- Sistema de filtrado: 3 µ
- Presiones alivio sistema hidráulico:
  Rotación : 4500 psig.
  Avance perforación : 4500 psig.
  Avance retracción : 1900 psig.
  Traslación : 4500 psig.
  Auxiliares : 2750 psig.
- Sistema eléctrico

  Protecciones al paquete de potencia con indicadores tipo "Murphy" (indicadores de fabricación Norteamericana con indicadores de aguja con interruptores en los valores críticos), se activan apagando la unidad en los valores limites siguientes:

  °Tmáx aire compresor: 248 °F
  °Tmáx ac. hidráulico : 190 °F
- Baja presión de aceite de motor:

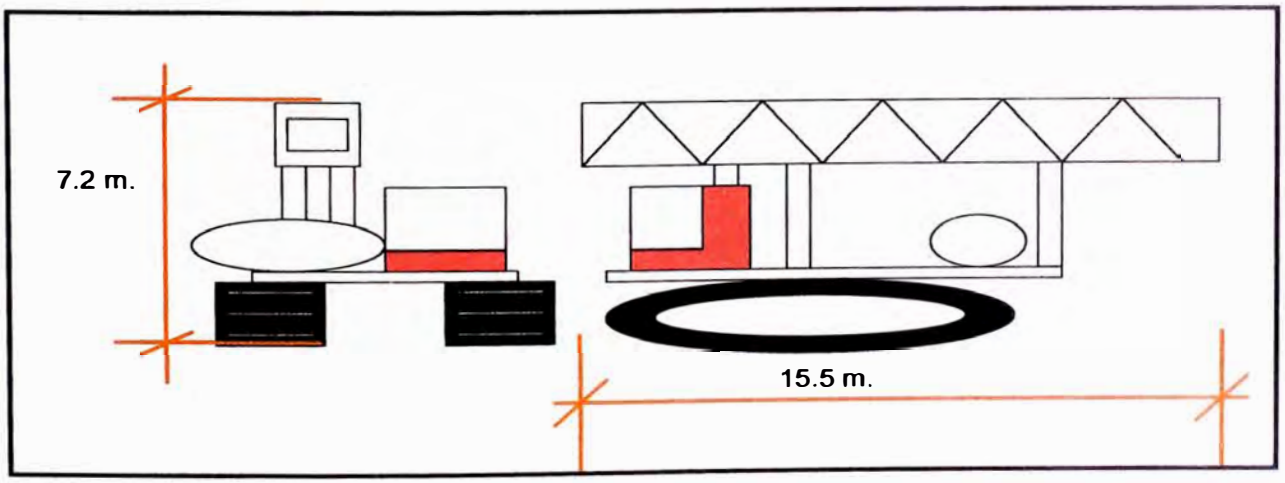
  Pmín @ 1250 r.p.m. : 10 psig
  Pmín @ 2100 r.p.m. : 27 psig
  °Tmáx refrig. Motor : 210 °F
- Sistemas auxiliares

  1. Carrusel porta barras
     Número de barras : 4
     Diámetro de barras : 7 5/8"
  2. Inyección de agua control polvo
     Capacidad bomba : 0-8 gpmt
     Capacidad tanque : 400 Glns

3. Lubricador automático de roscas	Capacidad tanque	: 60 Glns.
4. Sistema centralizado de lubricación	Con temporizador	: Lincoln
	Puntos engrasados	: 40
5. Indicador de eficiencia de perforación		: D.E.I.
6. Sistema contra incendios automático del tipo		: Centralizado
7. Sistema de aire acondicionado en cabina		: Caterpillar
8. Relleno rápido centralizado con acoples		: Wiggins
9. Chaquetas calientes para motor con generador de		:13Kw CAT
10. Malacate auxiliar (winche)	Operación	: Externa
	Capacidad levante	: 4.000 lb-f

- Dimensiones

altura torre arriba	: 56' 2" (17.1 m.)
altura torre abajo	: 23' 7" (7.2 m.)
largo torre arriba	: 35' 7" (10.8 m.)
largo torre abajo (sin colector de polvo)	: 51' 1" (15.5 m.)
ancho total (sin colector)	: 15' 0" (4.6 m.)
peso de trabajo (total)	: 25.000 lb-f (56.700 kg-f.)



Dimensiones de Perforadoras DMM2
Figura 2.1

CAPITULO 3

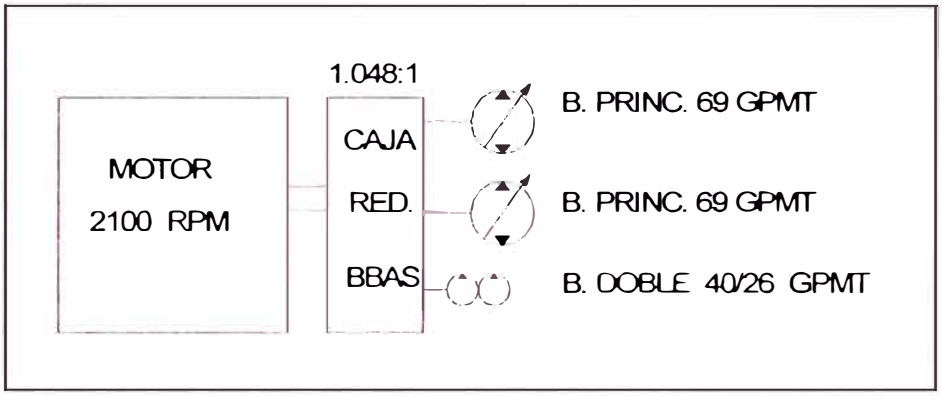
3.0 SISTEMA DE OPERACIÓN DE LA PERFORADORA DMM2

Antes de iniciar la explicación del sistema de operación de la perforadora DMM2 se debe tener en cuenta que el sistema hidráulico consta de tres circuitos hidráulicos principales: circuito de propulsión, circuito de alimentación de perforación / rotación y circuito de funciones auxiliares.

La torre de perforación tiene sistemas mecánicos e hidráulicos, por esto en la parte de torre de perforación explicaremos básicamente la parte netamente mecánica. El motor y el sistema neumático tienen sistemas aislados del resto sistemas por lo que será sencilla su explicación.

3.1 SISTEMA HIDRAULICO

La DMM2 es una perforadora hidráulica. La potencia para guiar el sistema hidráulico esta suministrada por un motor Diesel a través de una caja de engranajes de tres entradas. Las tres bombas hidráulicas convierten la energía mecánica de rotación del motor en energía hidráulica que se usan en los motores y cilindros para ejecutar las funciones necesarias de perforación y propulsión. El resultado es un sistema de perforación relativamente simple y flexible (Figura 3.1).



Circuito de propulsión

Figura 3.1

El sistema hidráulico consta de tres circuitos hidráulicos principales:

A. Circuito de propulsión

B. Alimentación de perforación y circuito de rotación y

C. Circuito de funciones auxiliares

A. CIRCUITO DE PROPULSION

Los componentes primarios del circuito de propulsión son las bombas hidráulicas, motores de propulsión, filtros, válvulas y controles. En la Figura 3.2, se identifican los siguientes componentes de este sistema:

a.1. Bombas

a.2. Motores de Propulsión

a.3. Llenado / Relleno del circuito

a.4. Circuito de limpieza

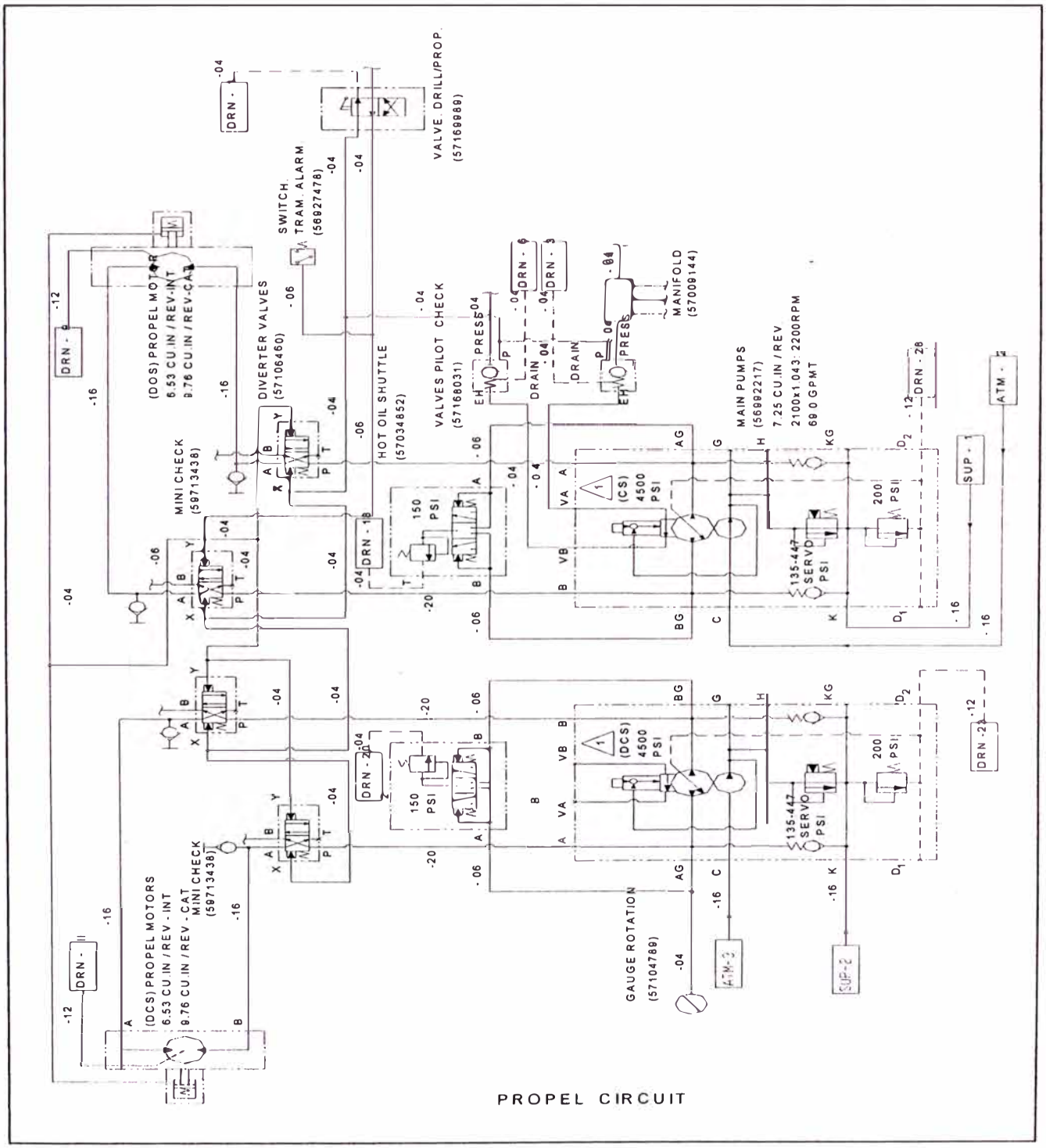
a.5. Freno de motor

a.6. Válvulas De Dirección

a.7. Válvula Selector: Perforación / Propulsión

a.8. Circuito de operación

a.9. Selección del circuito del aceite

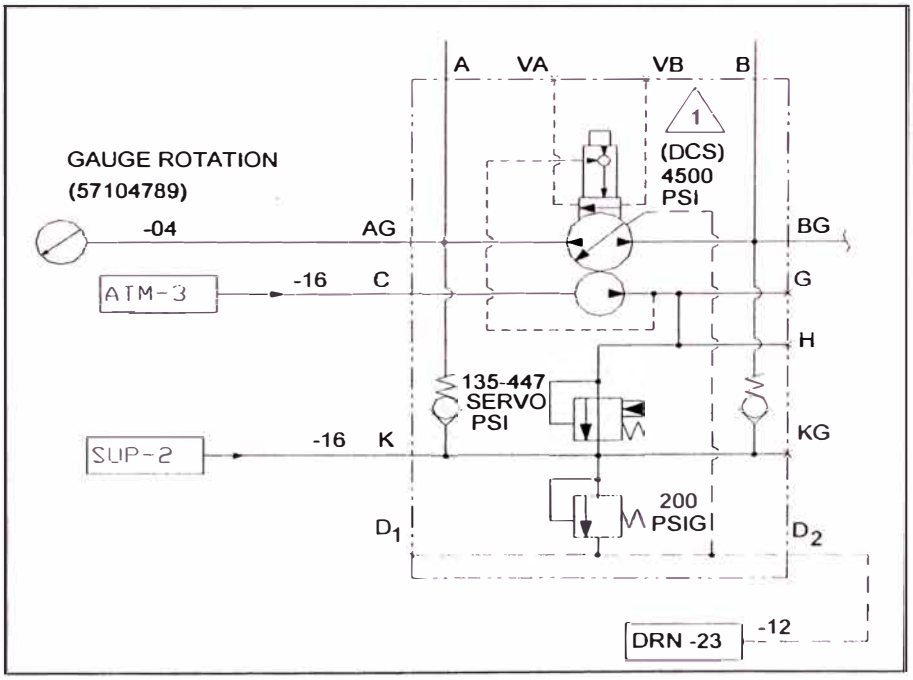


Propel circuit

Figura 3.2

a.1. Bombas

Las bombas de propulsión son bombas de transmisión hidrostática de circuito (loop) cerrado. *Circuito cerrado,* significa que el aceite que entra a los elementos principales de la bomba vuelven directamente desde el sistema sin pasar primeramente a través del tanque. El aceite es usado una y otra vez en un circuito continuo. *Transmisión hidrostática*, significa que la bomba esta diseñada para usarse en un sistema en el cual la potencia es transmitida por la presión de un fluido. La bomba no solo contiene el elemento principal de bombeo, sino también controles, válvulas y bombas auxiliares necesarias para una interfaces apropiadas con el sistema hidráulico. El esquema de la bomba principal se muestra en la Figura 3.3.



Bomba principal Denison

Figura 3.3

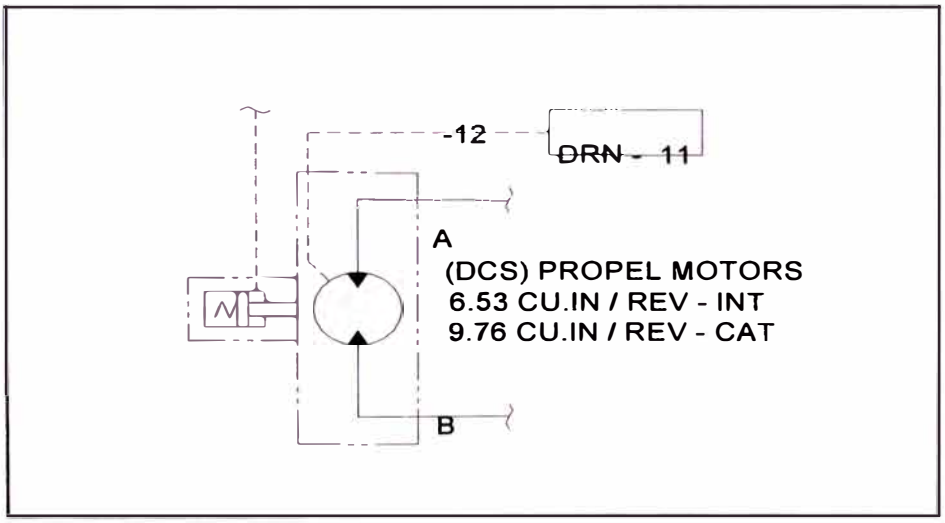
La parte básica de la bomba se muestra por el círculo más grande con triángulos apuntando hacia la línea de trabajo. La flecha larga a través del círculo significa que el desplazamiento de la bomba es variable. Las dos puertas principales de trabajo son la

puerta "A" y la puerta "B". Cualquier puerta puede descargar aceite dependiendo de la posición del control de desplazamiento de la bomba. Siempre que una puerta no esté descargando aceite, esta recibiendo aceite. En otras palabras, si el aceite sale por la puerta "A", prácticamente el mismo aceite está retornando a la puerta "B". Dos puertas que están conectadas a las puertas "A" y "B" son "AG" y "BG" respectivamente, estas puertas proveen un lugar para instalar un medidor de presión. Una bomba auxiliar de carga está acoplada al eje de la bomba principal. Esto está representado esquemáticamente por un círculo con un triángulo apuntando hacia la puerta de trabajo. El propósito de esta pequeña bomba es suministrar aceite para el trabajo de los controles de la bomba, y cargar el circuito de la bomba principal de tal manera de que nunca funcione sin aceite. El aceite es suministrado a la bomba de carga a través de la puerta "C". El aceite que sale de la bomba de carga va directo al sistema de control de plato variable. Cualquier aceite que no se usa para el control del plato variable pasa a través del alivio del servo en el circuito (loop) del circuito de relleno. El aceite de relleno está disponible en la puerta "K". El aceite disponible en la puerta "K" está suministrado por un múltiple (manifold) de sobrecarga (ver circuito del múltiple), la puerta "KG" es una ubicación para instalar un medidor de presión. El aceite de relleno puede fluir a través de las válvulas no retorno (check) que corresponden a las puertas "A" y "B" o puede fluir por las válvulas de alivio de carga de 200 psig a la caja de la bomba. Si la presión en cualquiera de los lados del circuito no sobrepasa las 200 psig la válvula de alivio no se abrirá. Cualquier exceso de aceite que se descargue a través del alivio, se juntará con fugas de aceite en la caja de la bomba y drenará a través de las puertas D1 ó D2. Los controles usados en este tipo de bombas son el servo control manual de rotación y el compensador de presión. El servo control manual de rotación esta representado esquemáticamente por la caja que contiene tres triángulos y un círculo. La entrada es suministrada a la bomba a través de la palanca de control, representada por el "sombrero" en la parte superior del servo control. La entrada mecánica es convertida en una entrada hidráulica (triángulo superior) Ver Fig. III.3. Aquí es amplificada (triángulo izquierdo) y la salida resultante (triángulo inferior) guía el sistema de posicionamiento del plato variable de la bomba. El compensador de presión puede vencer el control del plato variable siempre

que se alcance su punto de fijación (set point) de presión. El compensador está representado esquemáticamente por la caja que contiene una flecha (entre los símbolos del servo y de la bomba) el compensador puede ser fijado a un valor "fijado" en forma remota regulando la presión en la puerta "VA" o puerta "VB". Si la puerta "VA" y "VB" están taponadas, el compensador limitará la presión en la puerta "A" o puerta "B" a 4500 psig. Si la puerta "VA" está aliviada remotamente a menor presión, la presión de la bomba en la puerta "A" será limitada a la presión remota en lugar del mayor "valor fijado" interior. Lo mismo ocurrirá en la operación de la puerta "VB".

a.2. Motores de Propulsión

Los motores de propulsión son de circuito cerrado y de transmisión hidrostática. El aceite es suministrado al motor básico a través de la puerta "A" ó "B" (Figura 3.4). Suministrando aceite a la puerta "A" permitirá al motor girar en una dirección. Luego que el aceite es usado para girar el motor, sale a través de la puerta "B". El aceite suministrado a la puerta "B" permitirá al motor girar en sentido opuesto y saldrá a través de la puerta "A".



Motor de propulsion

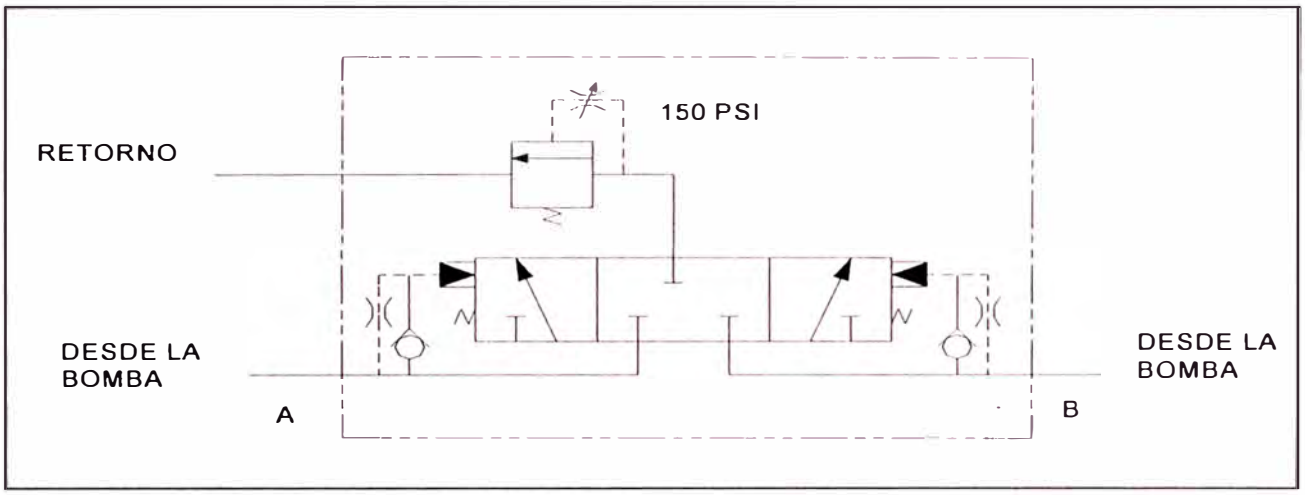
Figura 3.4

a.3. Llenado / Relleno del circuito

El aceite necesario para la carga inicial del circuito principal y para mantenerlo lleno es tomado por la bomba de carga en el puerta "C". La puerta "C" está conectada al estanque a través de mangueras de succión. El aceite está continuamente siendo inyectado en el circuito principal para rellenar las fugas normales en la bomba, motor y válvulas de dirección (diverter) y para rellenar el aceite que ha sido drenado por la válvula lanzadera de aceite caliente (shuttle). Las pérdidas de la bomba son recogidas en la caja de la bomba y devueltas al estanque de la DMM2 por medio de la puerta "D" de la bomba. Las fugas en el motor combinadas con el flujo de la válvula lanzadera de aceite caliente (shuttle) también retornan al sistema del estanque a través los múltiples (manifolds) incluidos en otro circuito.

a.4. Circuito de limpieza

El circuito de limpieza extrae una pequeña cantidad del total de aceite disponible en el circuito de hidráulico de transmisión. Este aceite que deja el circuito lleva consigo algo de temperatura y contaminación que debe estar presente en el sistema. El circuito está representado esquemáticamente por una válvula direccional de tres posiciones y una válvula de alivio (Figura 3.5). La válvula de tres posiciones esta normalmente centrada por resortes. En esta posición no hay flujo de aceite ni por el lado "A" ni por el lado "B" del circuito (loop). La válvula se mueve siempre que haya un desbalance de presiones a través del motor. Por ejemplo, si el lado "A" del circuito (loop) está a una mayor presión que el lado "B". La válvula lanzadera se mueve para permitir que el aceite del lado "B" (menor presión de aceite) salga del circuito. La válvula de alivio garantiza que la mínima presión del circuito deseada siempre se mantenga. En otras palabras, la válvula lanzadera no permitirá que el circuito principal se quede sin aceite. La válvula de alivio está "fijada" (set point) a 150 psig. Esta válvula se llama normalmente válvula lanzadera de aceite caliente (shuttle). Hay un circuito de limpieza para cada bomba principal. El circuito trabaja con su respectiva bomba, independiente del modo de operación (perforación o propulsión).

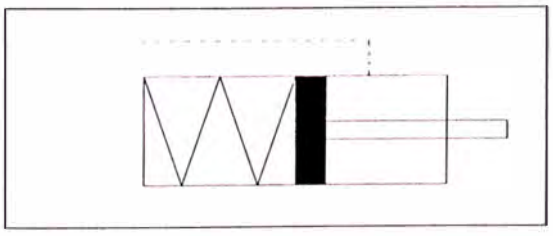


Válvula desviadora de aceite

Figura 3.5

a.5. Freno de motor

El freno de motor es accionada mediante resorte sobre la unidad de discos múltiples. Es aliviado hidráulicamente. Hay un perno en la unidad que encaja entre el motor de propulsión y la caja de engranajes de mandos finales. En operación normal, los resortes cargan los discos de freno para mantener el eje del motor sin giro (Figura 3.6). Esta operación asegura que el freno se aplicará automáticamente si el aceite no es suministrado a la puerta del freno. El freno es aliviado por presión hidráulica. La presión empuja a los resortes para aliviar la carga en los discos de freno. Esto permite girar el eje del motor. El freno se mantendrá aliviado mientras que la presión es suministrada.

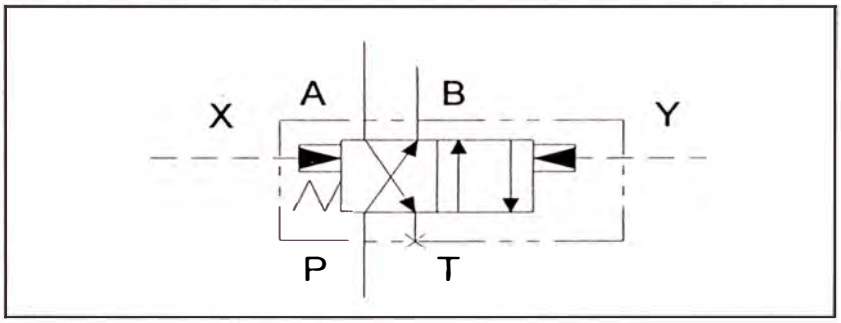


Freno de motor de propulsión

Figura 3.6

a.6. Válvulas de Dirección

Las válvulas de dirección (Diverter) son de dos posiciones, válvulas de cuatro vías hidráulicamente accionadas. La válvula esta representada esquemáticamente en la Figura 3.7. El resorte en el lado izquierdo de la válvula mueve la válvula de modo que "P" se conecte con "B" y "T" se conecte con "A" cuando no hay señal hidráulica presente. El movimiento está representado por un triángulo en la caja en cada extremo de la válvula. Una presión hidráulica aplicada en cualquier extremo hará que el carrete (spool) de la válvula se mueva a la posición que corresponde la señal. En otras palabras, la presión aplicada en el lado izquierdo del carrete hará que la válvula se mueva de "P"a "B" y "A" a "T". La parte principal de la válvula consiste en una caja con el carrete deslizante y los carretes de operación. La válvula está empernada a una placa base con seis pernos. La placa base tiene puertos roscados para acoplarse con el resto del sistema.

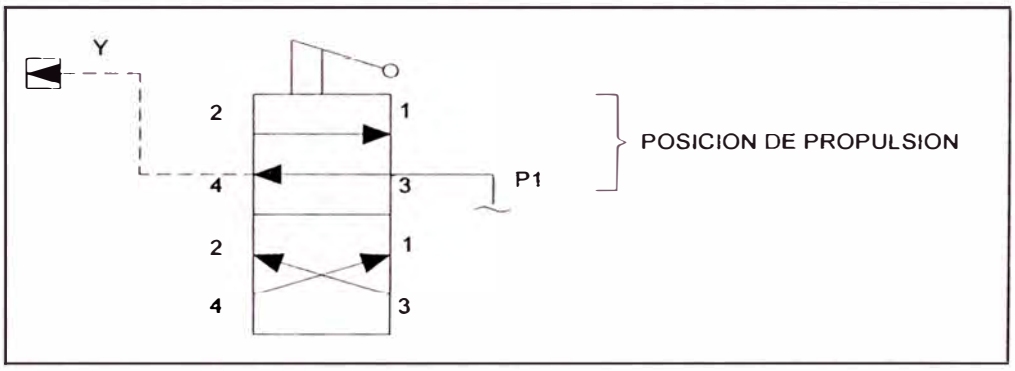


Válvula diversora
Figura 3.7

a.7. Válvula Selector: Perforación / Propulsión

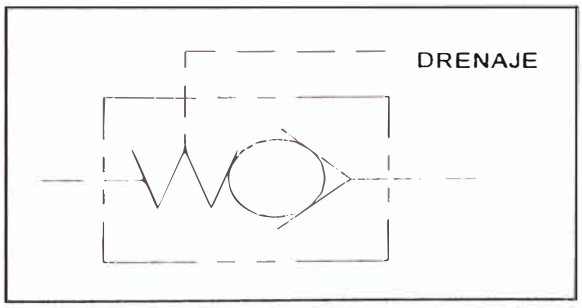
La válvula Selector: Perforación / Propulsión (Figura 3.8) es una válvula de dos posiciones y cuatro vías. La presión y el flujo de pilotaje para esta válvula es suministrada por el circuito del ventilador. Cuando la válvula selector se mueve al modo propulsión. El flujo es dirigido desde "3" a "4" y de "2" a "1". Esto envía presión piloto a la puerta "Y" de las válvulas de Dirección (Diverter) principales, moviendo estas al modo propulsión. Al mismo

tiempo las válvulas no retorno (check) pilotadas en (Figura 3.9) cierran, aislando el compensador de la bomba. La bomba es entonces capaz de entregar 4500 psig. al circuito de propulsión. Cuando la Válvula Selector: Perforación / Propulsión se mueve al modo perforación, el aceite de pilotaje puede fluir desde la puerta "3" a la puerta "2" y de la puerta "4" a la "1". El flujo desde la puerta "2" es dirigido a la puerta "X" de las válvulas de Dirección (Diverter) principales.



Válvula selector Perforación / Propulsion
Figura 3.8

Las válvulas direccionales (diverter) principales se mueven de la posición "P" a "B"; "A" a "T". Al mismo tiempo las válvulas no retorno (check) piloto son abiertas para permitir la regulación externa del compensador (alivios de fuerza de avance y fuerza de retracción).



Válvula Check pilotada
Figura 3.9

a.8. Circuito de operación

El recorrido de aceite primario en el circuito de propulsión es de 100 psig. (hidrostáticos cerrados) guiados por líneas gruesas que conectan las bombas con los motores de propulsión (propel motor) (Figura 3.2). Hay un sistema de transmisión para guiar cada una de las dos orugas. El control de plato variable de la bomba es movido con un cable actuado por una palanca en la cabina del operador. Hay una palanca y un cable para cada una de las dos bombas correspondiendo al sistema de tracción lado izquierdo y derecho. Siempre que la bomba se mantenga en neutro (plato variable en neutro) el aceite no fluye en el circuito y el motor no gira. Moviendo el control del plato variable fuera de la posición neutral en una dirección permite al aceite fluir en el circuito en dirección anti-horario. El flujo de aceite hace que el motor de propulsión gire. Moviendo el control del plato variable fuera de su posición neutra en la otra dirección hace que le aceite fluya en el circuito en el sentido horario. El motor gira ahora en la dirección opuesta. La velocidad del motor en cualquier dirección es gobernada por el movimiento del control del plato variable. Los dos sistemas de transmisión (dos bombas y dos motores) permiten una operación independiente una de otra. Las orugas pueden girar a diferentes velocidades o en diferentes direcciones para hacer el sistema completamente flexible.

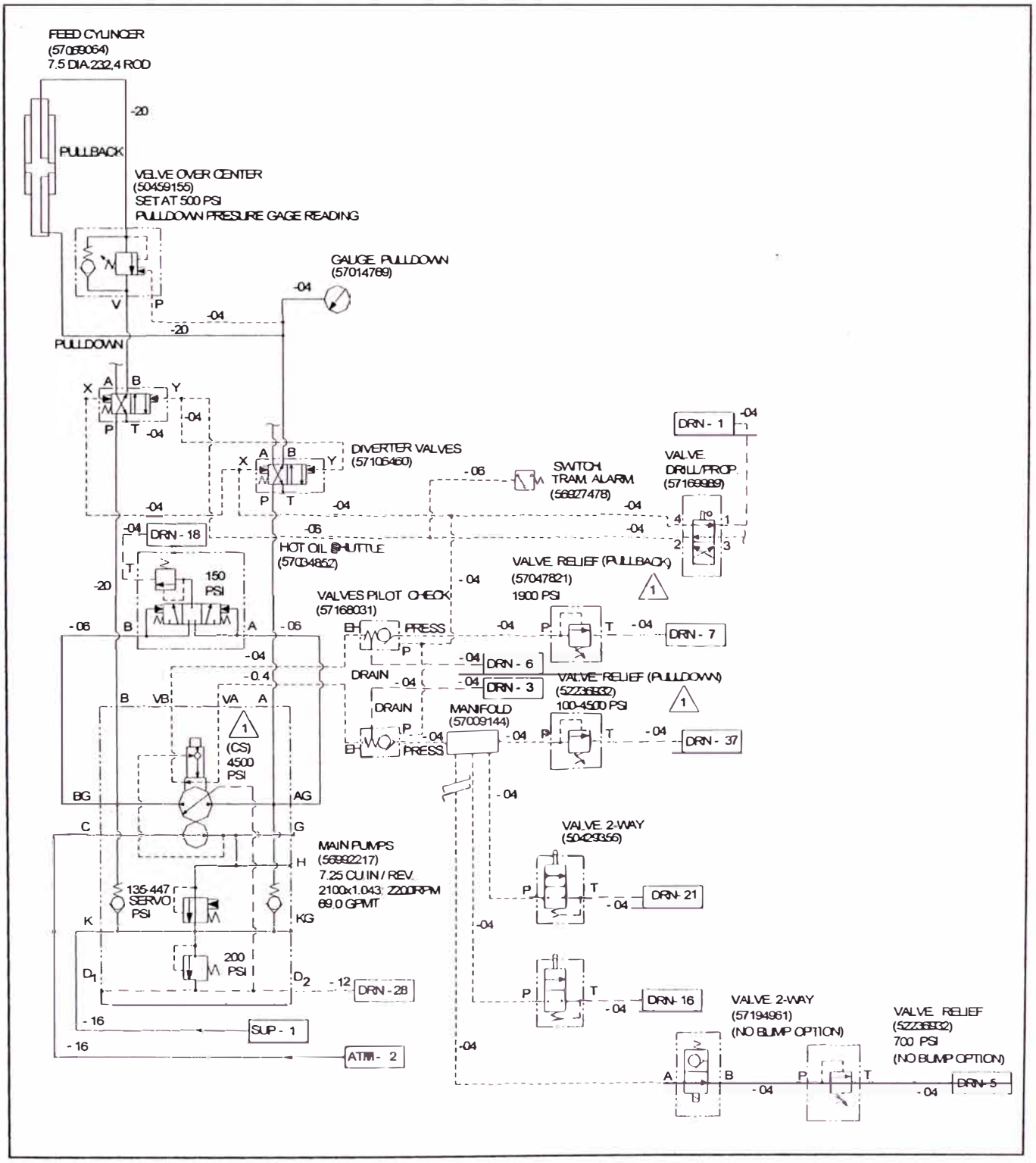
a.9. Selección del circuito del aceite

Las únicas interrupciones en el circuito principal son las cuatro Válvulas De Dirección (Diverter). Ver Figura 3.7, estas válvulas se mueven para conectar “P” a “A” y “B” a “T” siempre que el circuito de propulsión es energizado. El circuito de propulsión usa las puertas “P” y “A” en las cuatro válvulas. Las válvulas se mueven suministrando aceite a la puerta “Y” y venteando por la puerta “X”. El aceite para esta propósito es suministrado por otro circuito en la DMM2. En el modo propulsión la válvula selectora perforación propulsión dirige el aceite a la puerta "Y" de la válvula diversora principal. Al mismo tiempo el aceite también es dirigido para aliviar ambos frenos de los motores y para energizar el interruptor de la alarma de propulsión.

B. ALIMENTACION DE PERFORACION Y CIRCUITO DE ROTACION

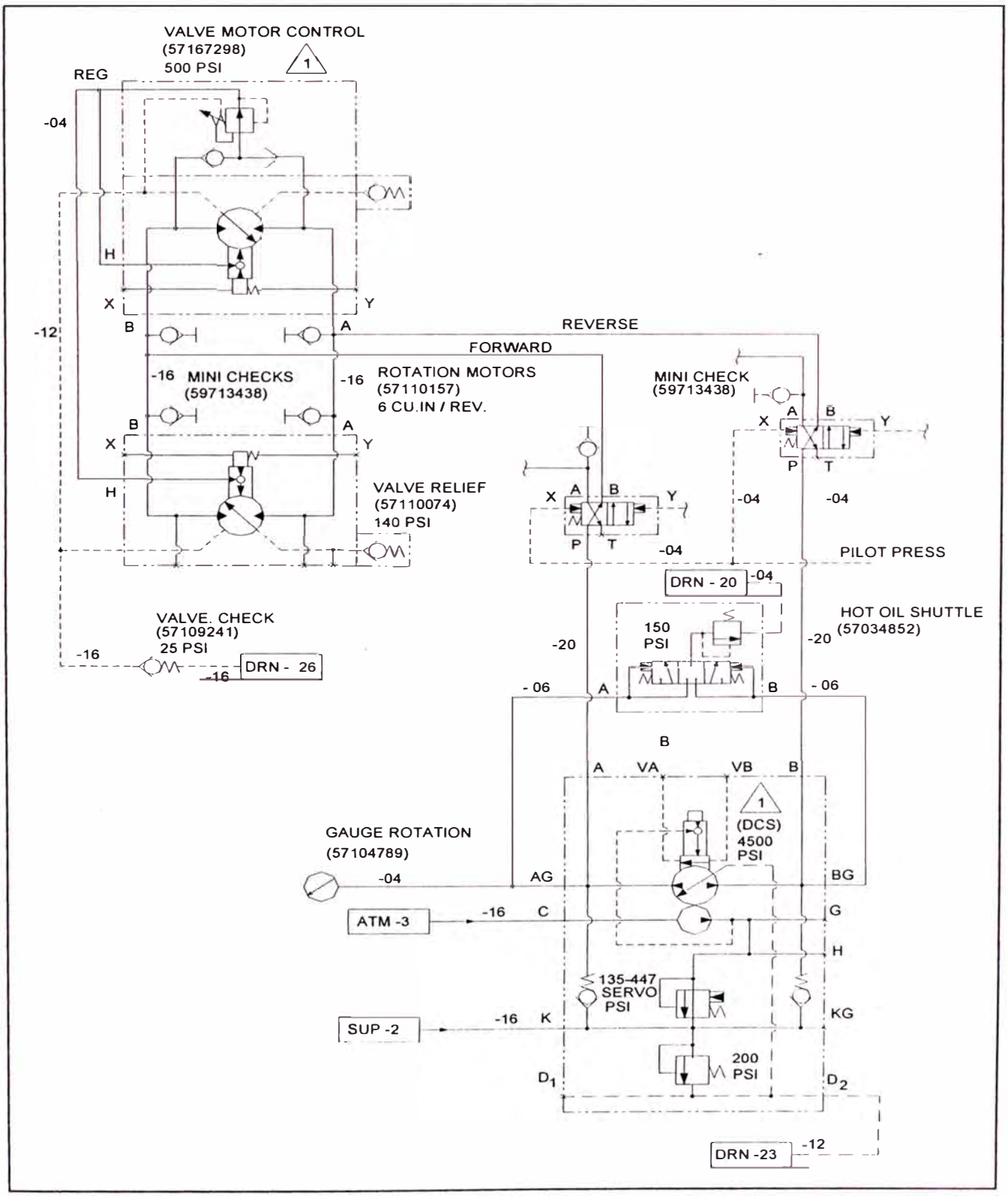
Los componentes primarios de la alimentación de perforación y el circuito de rotación son las bombas principales, motores de rotación, cilindro de avance, filtros, válvulas y controles (Figura 3.10 y Figura 3.11)

b.1. Bombas
b.2. Motores de rotación
b.3. Llenado / Relleno del circuito
b.4. Cilindro de Avance
b.5. Válvulas compensadoras de control
b.6. Válvulas de alivio
b.7. Circuito de operación
b.8. Rotación
b.9. Válvula de control motor de rotación
b.10. Alimentación de perforación
b.11. Selección del circuito de aceite



Drill feed circuit

Figura 3.10



Rotation circuit

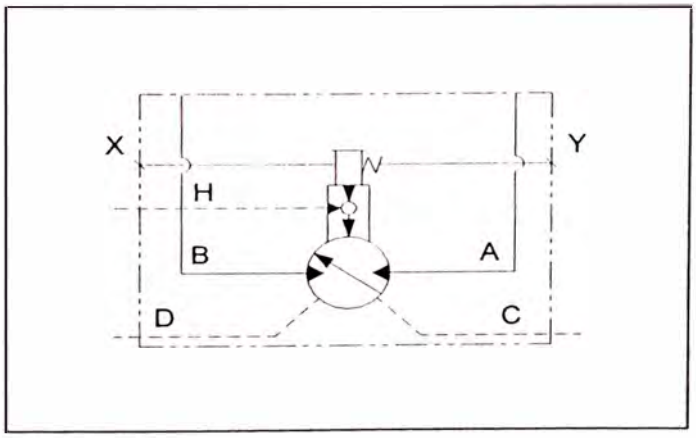
Figura 3.11

b.1. Bombas

Las bombas principales usadas para la alimentación de perforación y el circuito de rotación son también usadas en el *Circuito de Propulsión* . Es decir son las mismas.

b.2. Motores de rotación

Los motores de rotación son de circuito cerrado, desplazamiento variable y transmisión hidrostática. *Circuito cerrado* como se menciono anteriormente, significa básicamente que el estanque no está incluido en el circuito entre la bomba hidráulica y el motor hidráulico. *Transmisión hidrostática* significa que el motor está diseñado para ser usado en un sistema en el cual la potencia es transmitida por la presión de un fluido. El esquema de los motores de rotación se muestra en la Figura 3.12. La sección principal del motor esta indicada por un círculo con dos triángulos apuntando hacia el interior de las dos puertas principales. La flecha larga a través del circulo significa que el desplazamiento del motor puede ser cambiado para dar diferentes niveles de velocidad y torque. El desplazamiento del motor es controlado por un sistema de servo de plato variable mostrado en el esquema como una caja acoplada al motor. Dentro de la caja hay tres triángulos y un circulo que representa la entrada al servo y las funciones de salida. El servo recibe aceite para potenciar el sistema desde la puerta "H" del motor. También recibe una entrada desde una disposición mecánica de resortes y pistones indicados por un sombrero y un resorte en el conjunto del servo.



Motores de rotacion

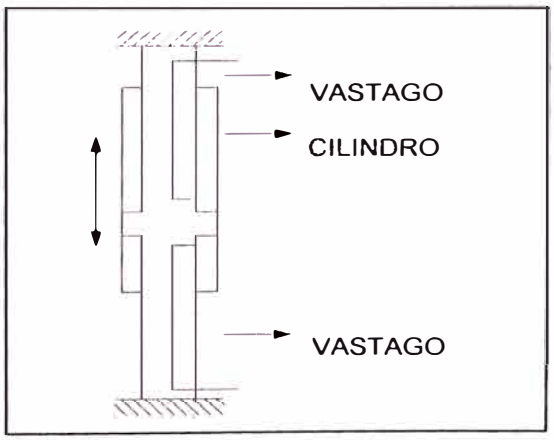
Figura 3.12

b.3. Llenado / Relleno del circuito

El aceite necesario para inicialmente cargar el circuito principal y mantenerlo lleno es tomado por la bomba de carga en la puerta "C" de la bomba principal. La puerta "C" está conectada directamente al estanque por mangueras. Una pequeña cantidad de aceite es inyectada continuamente por la válvula lanzadera de aceite caliente al circuito principal para absorber las perdidas normales en el aceite drenado fuera del circuito. Las fugas de la bomba son recogidas en la caja de la bomba y retornadas al estanque por medio de la puerta "D" de la bomba. Las pérdidas en el motor son retornadas al sistema de estanque por múltiples (manifolds) incluidos en otro circuito.

b.4. Cilindro de Avance

El cilindro de avance es un cilindro de doble acción y doble vástago (Figura 3.13). Doble acción significa que el cilindro puede moverse hacia arriba o hacia abajo (extenderse o retraerse) de acuerdo con la dirección del aceite hidráulico. El cilindro, distinto a muchos cilindros de los cuales tienen un solo vástago que sale del extremo del cilindro, tienen un vástago que sale de ambos extremos del cilindro. Los vástagos están acoplados al mismo pistón dentro del cilindro. El cilindro tiene iguales áreas de pistón en ambos extremos de modo que la fuerza de avance (pull-down) es igual a la fuerza de retracción (pull-back) para un presión dada. En la DMM2 el vástago del cilindro de avance es estacionario y el tubo se mueve hacia arriba y hacia abajo para mover el cabezal de rotación.

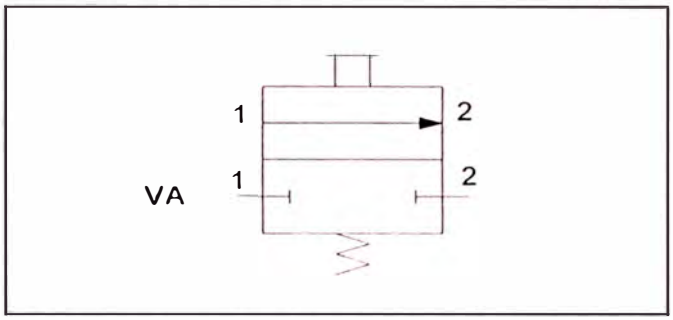


Cilindro de avance DM-M2
Figura 3.13

b.5. Válvulas compensadoras de control

Los controles de la bomba de alimentación de perforación son las válvulas no retorno (check) pilotadas, la válvula de alivio del avance, la válvula de alivio de retracción y las válvulas de dos vías. Cuando la Válvula Selectora: Perforación / Propulsión se mueve al modo perforación, la presión piloto abre las válvulas no retorno (check) pilotadas permitiendo ventear las puertas "VA" y "VB" de la bomba lado cabina (derecha mirando de adelante hacia atrás). "VA" y "VB" que están conectadas al alivio de avance (pull down) y retracción (pull back).

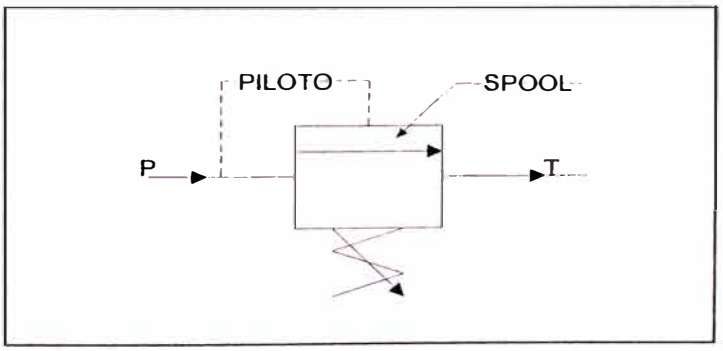
Esto permite al compensador de la bomba ser ajustado remotamente para una presión menor a la fijada internamente, que es de 4500 pisg. El alivio de avance trabaja cuando el lado del circuito de transmisión de avance esta trabajando. El control permite al operador obtener los niveles de fuerza de avance (pull-down) requeridos para diferentes tipos de perforación manteniendo un alto nivel de eficiencia hidráulica. El alivio del avance (pull-down) es ajustado en la consola del operador. La válvula de alivio para la retracción (pull-back) tiene una regulación fija (que no debe ser modificada) y ajusta remotamente el compensador de la bomba cuando se está trabajando en retracción (pull-back). La presión de retracción (pull-back) está limitada a un máximo de 1900 psig. Las válvulas de dos vías (Figura 3.14) están también incluidas en el sistema de control de la presión de avance (pull-down). Estas válvulas están montadas en los cilindros de nivelación (gatos) izquierdo y derecho. Estas válvulas sensan cuando el gato esta cargado o colgado de su soporte. Si el sistema de alimentación empieza a levantar la máquina del soporte de los gatos cuando se está perforando, una o las dos válvulas se abrirá produciendo el venteo del compensador de la bomba. Esta hará que se neutralice la bomba hasta que la carga se normalice.



Válvula 02 vias
Figura 3.14

b.6. Válvulas de alivio

Dos válvulas de alivio se usan en el circuito de alimentación de perforación en conjunto con otros controles. Las válvulas de alivio son los alivios de avance y retracción. Están mostradas esquemáticamente en la Figura 3.15. El aceite fluye desde la puerta "P" a la puerta "T" cuando la válvula esta abierta. El aceite no puede fluir desde la "T" a la puerta "P". La válvula básica es una caja con una flecha indicando que no hay conexión de la puertas "P" y "T" (normalmente cerrada). El símbolo flecha (representando el carrete de la válvula) se mantiene en la posición cerrada por un resorte ajustable. La entrada de presión de aceite (línea piloto punteada) abrirá la válvula siempre que la fuerza del aceite exceda la fuerza del resorte.



Válvula de alivio
Figura 3.15

b.7. Circuito de operación

El esquema completo de la alimentación de perforación y el circuito de rotación son mostrados en las Figuras 3.10 y 3.11. El flujo principal, representado por las líneas gruesas son los dos circuitos cerrados que corresponden a la rotación y a la alimentación de perforación.

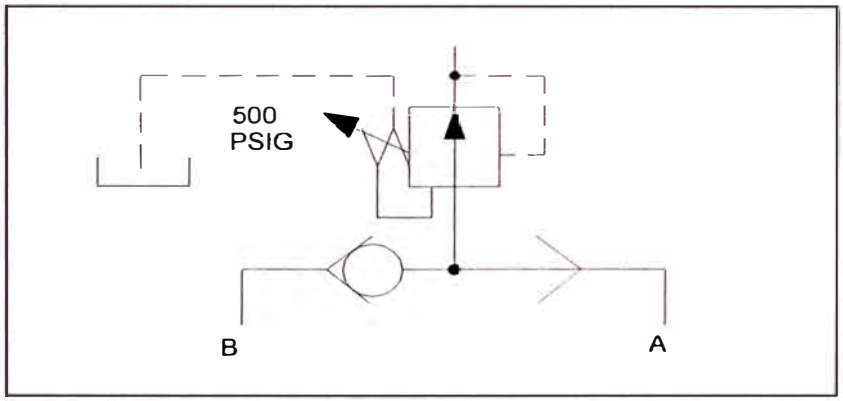
b.8. Rotación

La bomba principal de este circuito es controlada moviendo un actuador de cable ubicado en la cabina del operador. El cable mueve una palanca de control en la bomba para controlar el flujo de aceite. Cuando la bomba está en neutro (palanca de control centrada) no hay flujo de aceite en el circuito (loop) de transmisión y los motores de rotación no giran. Si la bomba es accionada (adelante o reversa) los motores de rotación girarán en una dirección o en otra. La velocidad del motor de rotación es proporcional a la cantidad de flujo de la bomba. (Longitud de desplazamiento de la palanca). Un continuo cambio de aceite en el circuito se presenta cuando los motores están trabajando. El sistema de relleno de las bombas principales inyecta aceite tomado por el circuito de limpieza. Dado que el alivio de limpieza esta fijado a 150 psig. y el alivio de carga en la bomba esta fijado a 200 psig., el aceite que sale del circuito saldrá por el alivio del motor. Cuando el motor no está trabajando, la mayor parte del aceite cargado saldrá a través del alivio de la bomba de carga.

b.9. Válvula de control motor de rotación

El aceite debe ser suministrado a las puertas "H" del motor para mover el sistema servo de posicionamiento del plato variable. El aceite para este efecto debe estar a una menor presión que a la que se encuentra normalmente el circuito. Una válvula montada externamente en uno de los motores suministra el aceite. Esta válvula se llama válvula de control del motor y se muestra esquemáticamente en la Figura 3.16. Una válvula de lanzadera (shuttle) interna selecciona el lado de mayor presión del circuito para ser usada en el sistema servo del motor. La presión del circuito se reduce a un nivel pre-fijado máximo

de 500 psig. Este aceite es el apropiado para el sistema servo. La caja del motor de rotación acepta filtraciones normales en el interior del motor. La presión de aceite en la caja debe ser mayor de 30 psig (presión de carcaza). para abrir la válvula no retorno (check) en la línea de drenaje de la caja. Luego que la válvula se ha abierto; el aceite puede volver al sistema del estanque. La función principal de la válvula no retorno (check) es para mantener la caja del motor llena de aceite en todas las posiciones de la torre de perforación.



Válvula de control motor de rotación
Figura 3.16

b.10. Alimentación de perforación

El sistema de alimentación de perforación usa la bomba del lado derecho y el cilindro de avance (pull-down) en un circuito cerrado. Esta bomba es también accionada por un cable de control desde la cabina del operador. Cuando al bomba esta en neutro, el cilindro no se mueve. Si la bomba se acciona a cualquier lado, el tubo del cilindro se moverá hacia arriba o hacia abajo. La velocidad del movimiento del cilindro es regulada y es proporcional al desplazamiento aplicado a la palanca de control de la bomba. El circuito de limpieza interactúa con el circuito de alimentación de perforación para mantener un pequeño flujo de aceite fuera del circuito durante el ciclo del cilindro. El aceite que sale es reemplazado por la bomba de carga ubicada en la bomba principal. Una válvula de sobre centro (overcenter) se usa en el circuito de alimentación de perforación para contrarrestar los efectos de gravedad

creados en el circuito de transmisión (sarta de barras y cabezal de rotación). El peso del cabezal de rotación y las barras hace que el cilindro trate de bajar exponiendo esto en términos de presión de fluido, la presión en el fondo del cilindro es mayor que la presión en la parte de arriba del cilindro. De modo que el tubo del cilindro se moverá hacia abajo. La válvula de sobre centro (overcenter) contrarresta esta tendencia previniendo que el aceite salga de la parte superior del cilindro. Ya que el aceite no puede salir, el cilindro no podrá bajar. La tensión del resorte de la válvula esta "fijada" adecuadamente para prevenir que el cabezal baje debido al peso del cabezal de rotación y las barras. La válvula alivia la presión cuando la suma de la fuerza del aceite piloto y la fuerza del aceite de alivio superan la fuerza del resorte. Sin barras en el cabezal de rotación la presión es cerca de 500 psig en la puerta piloto. El flujo de aceite no está restringido por la válvula cuando el cabezal de rotación esta siendo levantado.

b.11. Selección del circuito de aceite

Ambos circuitos de transmisión de la función perforación son seleccionados por la válvula selectora: perforación / propulsión. Las funciones de perforación están conectadas a las puertas "B" de las cuatro válvulas. Las válvulas de dirección (diverter) se mueven de la posición "P" a "B" y "A" a "T". La potencia para mover las válvulas de dirección (diverter) es suministrada desde otro circuito de la DMM2 a través de la válvula selectora: perforación / propulsión.

Seleccionando la apropiada posición del selector: perforación / propulsión, se envía aceite a la puerta "X" de la válvula de dirección (diverter) principal y drena la puerta "Y" de la válvula de dirección principal. (recordar que los frenos de los motores de propulsión y el interruptor de alarma de propulsión están en el mismo circuito con la puerta "Y" de la válvula de dirección). Cuando los frenos se han drenado, ellos aseguran el sistema de propulsión. Cuando el interruptor de alarma de propulsión drena, apaga la alarma de propulsión.

C. CIRCUITO DE FUNCIONES AUXILIARES

El circuito de funciones auxiliares ejecuta todas las tareas asociadas al proceso de la perforación a excepción de la rotación y la alimentación de perforación. Algunas de estas tareas son el movimiento de la torre, operación de los gatos. Inyección de agua, colector de polvo, malacate auxiliar (winch), llave de quiebre y enfriamiento de aceite y agua (Figura 3.17.1 y Figura 3.17.2). Los componentes del circuito de funciones auxiliares necesarios para ejecutar las funciones de perforación, son:

c.1. Bomba doble

c.2. Válvulas de alivio

c.3. Motores

c.4. Cilindros

c.5. Válvulas de restricción

c.6. Válvulas de cuatro vías

c.7. Enfriadores de aceite hidráulico

c.8. Filtros

c.9. Circuito de operación

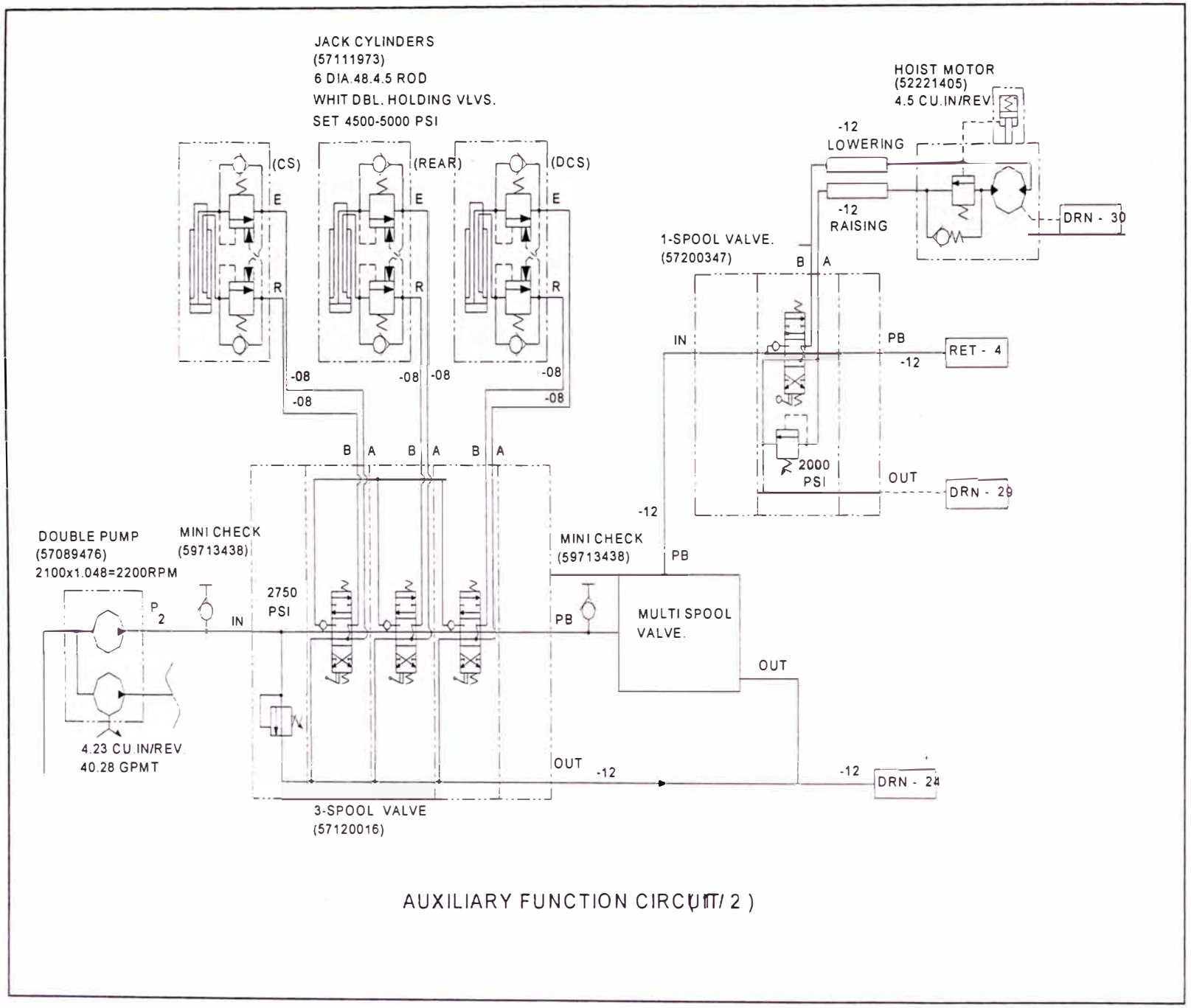
c.10. Circuito P1 de la bomba doble

c.11. Circuito de sobrecarga

c.12. Circuito P2 de la bomba doble

c.13. Circuito de drenaje

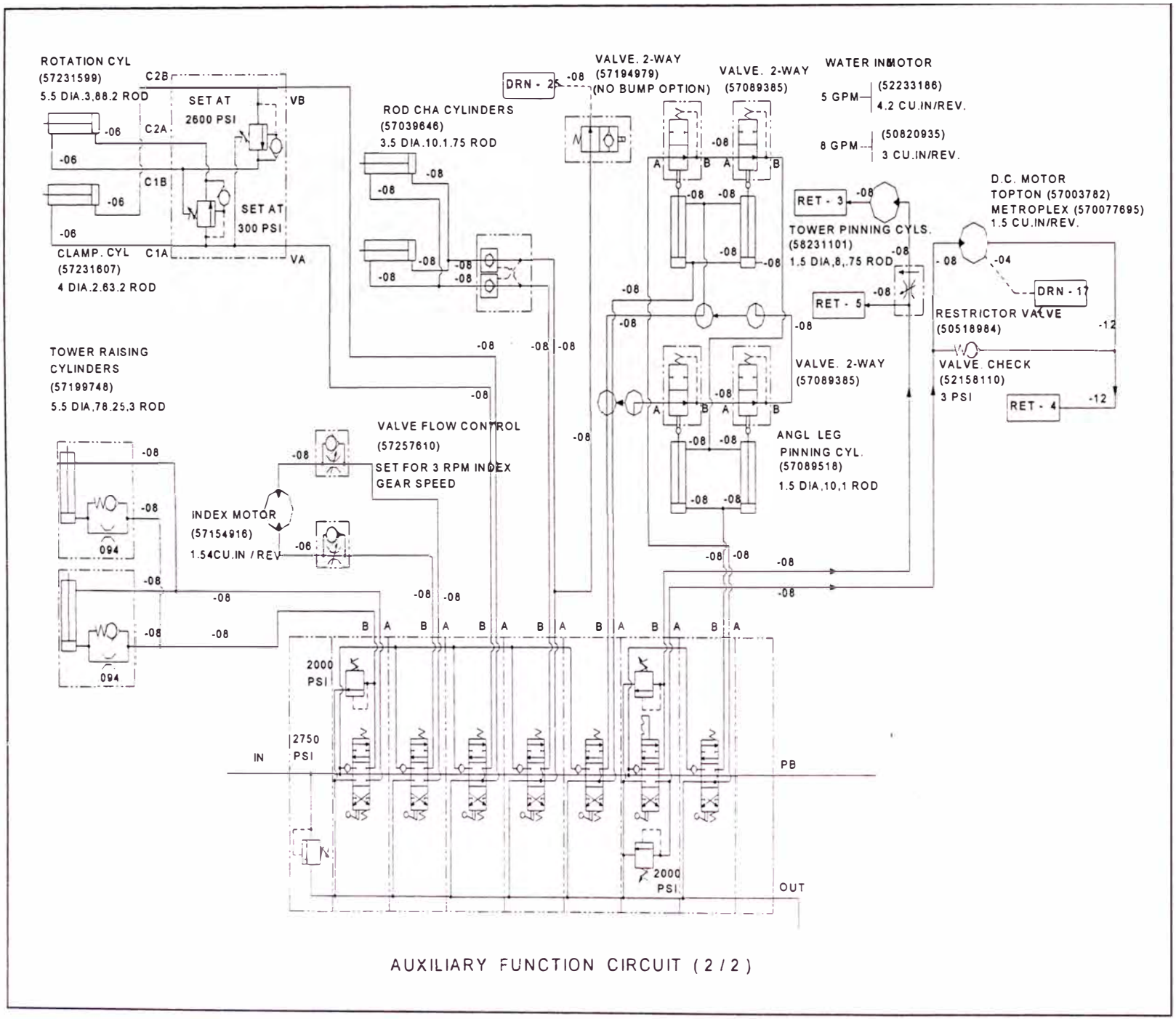
c.14. Múltiple de retorno



AUXILIARY FUNCTION CIRCUIT (1 / 2)

Figura 3.17.1

Auxiliary function circuit (1 / 2)



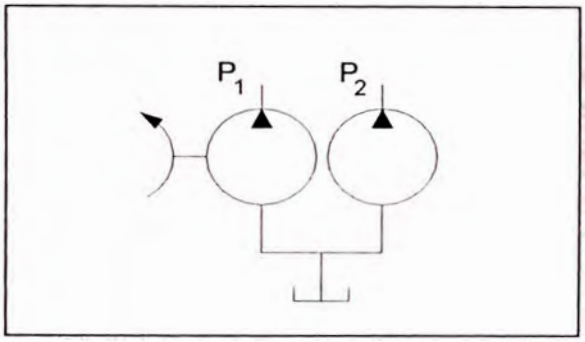
AUXILIARY FUNCTION CIRCUIT (2 / 2)

Auxiliary function circuit (2 / 2)

Figura 3.17.2

c.1. Bomba doble

La bomba doble es un bomba de dos secciones de desplazamiento fijo. Los dos elementos de bombeo en el interior de la caja tienen un entrada común y dos salidas separadas como se muestra en el esquema de la Figura 3.18. El circulo contiene un triángulo que significa una sola dirección del flujo. La sección "P1" de la bomba es capaz de entregar mayor aceite que la sección "P2" para un velocidad en el eje dado.

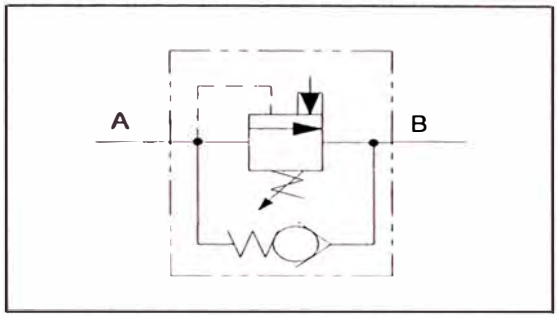


Bomba doble

Figura 3.18

c.2. Válvulas de Alivio

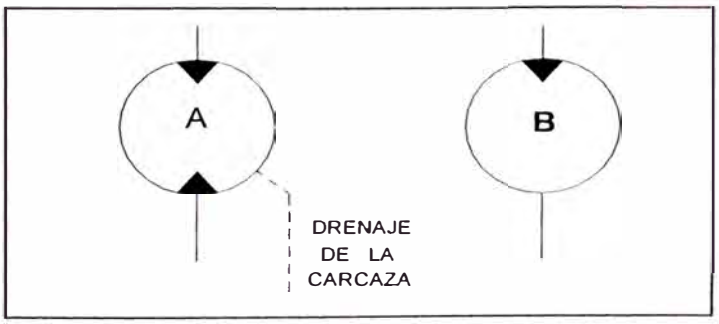
Las válvulas de alivio son usadas en diferentes partes del circuito de funciones auxiliares. El símbolo de una válvula de alivio se muestra en la Figura 3.19. La caja de la válvula contiene una flecha en la posición normalmente cerrada. El largo del resorte ajustable mantiene el carrete de la válvula en la posición cerrada hasta que la presión (puerta A) sobre pase la fuerza del resorte. La válvula se abre y cierra como se requiera al limite de máxima presión en su entrada.



Válvula de alivio
Figura 3.19

c.3. Motores

El símbolo del motor se muestra en la Figura 3.20. El círculo debe contener un triángulo apuntando hacia adentro desde una puerta de trabajo (unidireccional) o un triángulo apuntando hacia adentro desde ambas puertas (bidireccional). Ambos motores mostrados son de desplazamiento fijo. Esto significa que la velocidad solamente se puede variar cambiando el suministro de flujo al motor. Las líneas punteadas que salen del circulo indican que las filtraciones de la caja del motor se están sacando del motor hidráulico.

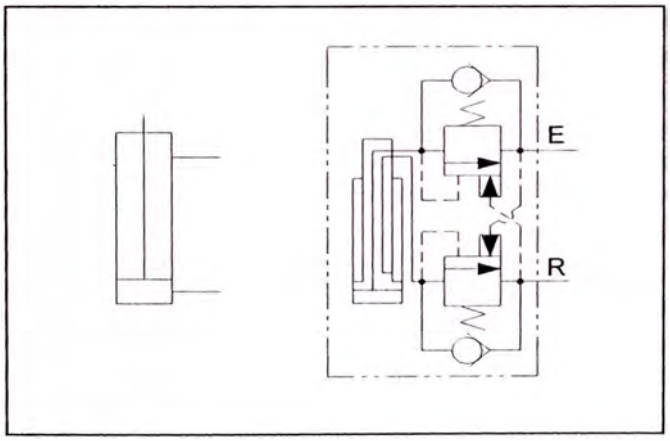


Motores
Figura 3.20

c.4. Cilindros

El símbolo representativo del cilindro se muestra en la Figura 3.21, estos son todos de doble acción, cilindros de un solo vástago. Doble acción significa que el cilindro puede ser potenciado por el sistema hidráulico para extender o retraer. Un solo vástago significa que el cilindro tiene un vástago que sale de un solo lado del tubo de cilindro. El segundo símbolo del cilindro muestra un conexión diferente (conexión a través del vástago) y un disposición completa de válvulas. La sección de válvulas es un circuito de válvulas de sobrecentro (overcenter) dobles, las cuales aseguran el cilindro efectivamente.

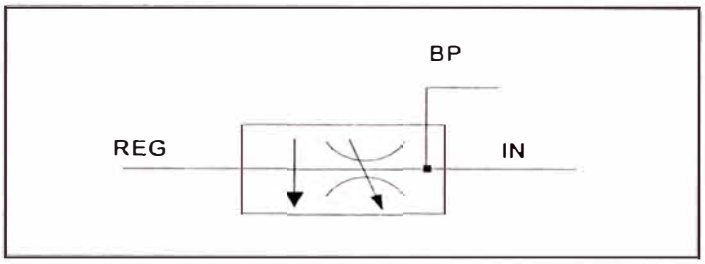
En el capitulo 4.2 Torre de Perforación se da una descripción de la operación y calibraciones de la válvula de sobrecentro. Las válvulas están pre-calibradas en fabrica a 400 psig de presión de alivio.



Cilindros
Figura 3.21

c.5. Válvulas de restricción

Las válvulas restrictoras del tipo by-pass permiten restringir el flujo para la carga de trabajo y dirigir cualquier exceso de aceite por la puerta de la válvula de by pass. El regulador de inyección de agua es un ejemplo de este tipo de válvulas. Las válvulas restrictoras se muestran en la Figura 3.22

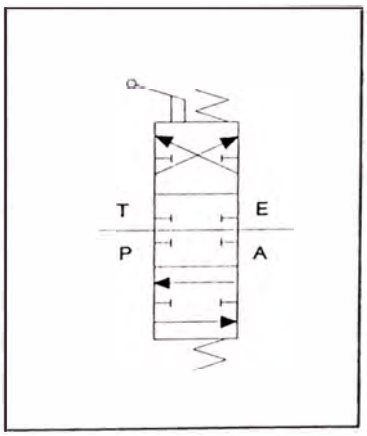


Válvula restrictora de Flujo
Figura 3.22

c.6. Válvula de cuatro vías

Las válvulas de cuatro vías se usan para controlar la operación de la mayoría de los cilindros y motores en el circuito de funciones auxiliares. Todas estas válvulas son válvulas manualmente operadas de tres posiciones (Figura 3.23). Las tres cajas que componen el símbolo de la válvula; contienen flechas que indican el camino del aceite. En la posición central, las puertas de presión y estanque y las dos puertas de trabajo están bloqueadas. El aceite fluye a través del núcleo central de la válvula y está disponible para ser usado en otra tarea.

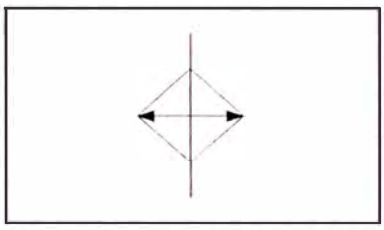
Una de las posiciones de trabajo de la válvula permite el flujo desde la puerta "P" a la puerta " A2" y desde la puerta "B" a la puerta "T". La otra posición conecta "P" a "B" y "A" a "T". En las dos posiciones externas, el flujo de aceite a través del núcleo esta bloqueado.



Válvula de cuatro vias
Figura 3.23

c.7. Enfriadores de aceite hidráulico

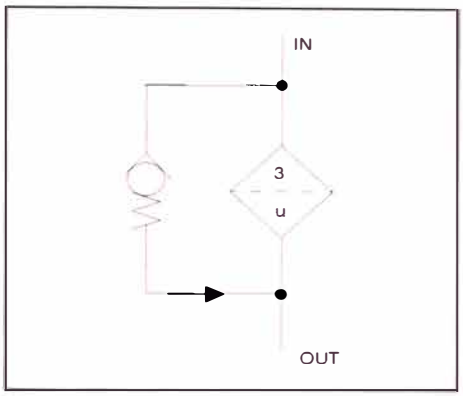
El esquema de los enfriadores de aceite hidráulico se muestra en la Figura 3.24. El enfriador esta equipado con una válvula de "bypass" para dirigir el aceite alrededor del núcleo cuando el aceite esta frío. La presión de aceite en esta condición debe ser mayor que lo normal. Como la temperatura aumenta, para su normal rango de operación, la válvula bypass cerrará y forzará al aceite a pasar a través del núcleo.



Esquema del enfriador de aceite
Figura 3.24

c.8. Filtros

Los filtros hidráulicos principales están montados en los enfriadores de aceite. Todo el aceite desde el manifold de retorno pasa directamente a través de estos filtros antes de ser retornados al sistema de estanque (tanque hidráulico). El símbolo del filtro se muestra en la Figura 3.25. Los filtros de aceite limpian el aceite usado por las bombas principales y motores. Cada filtro tiene incorporado una válvula check de bypass para proteger de roturas del elemento o de la carcaza si el filtro empieza a obstruirse. El filtro está representado esquemáticamente por un cuadrado rotado (rombo) en una esquina con la entrada y salida conectadas en las dos esquinas opuestas y una línea de puntos conectando las dos esquinas sobrantes. El aceite fluye dentro del filtro a través de la puerta de entrada y sale a través de la puerta de salida. La contaminación queda en el elemento poroso en el interior de la carcaza. Un elemento adicional es el indicador visual usado para señalar que el elemento de filtro esta obstruido.



Filtro
Figura 3.25

c.9. Circuito de operación

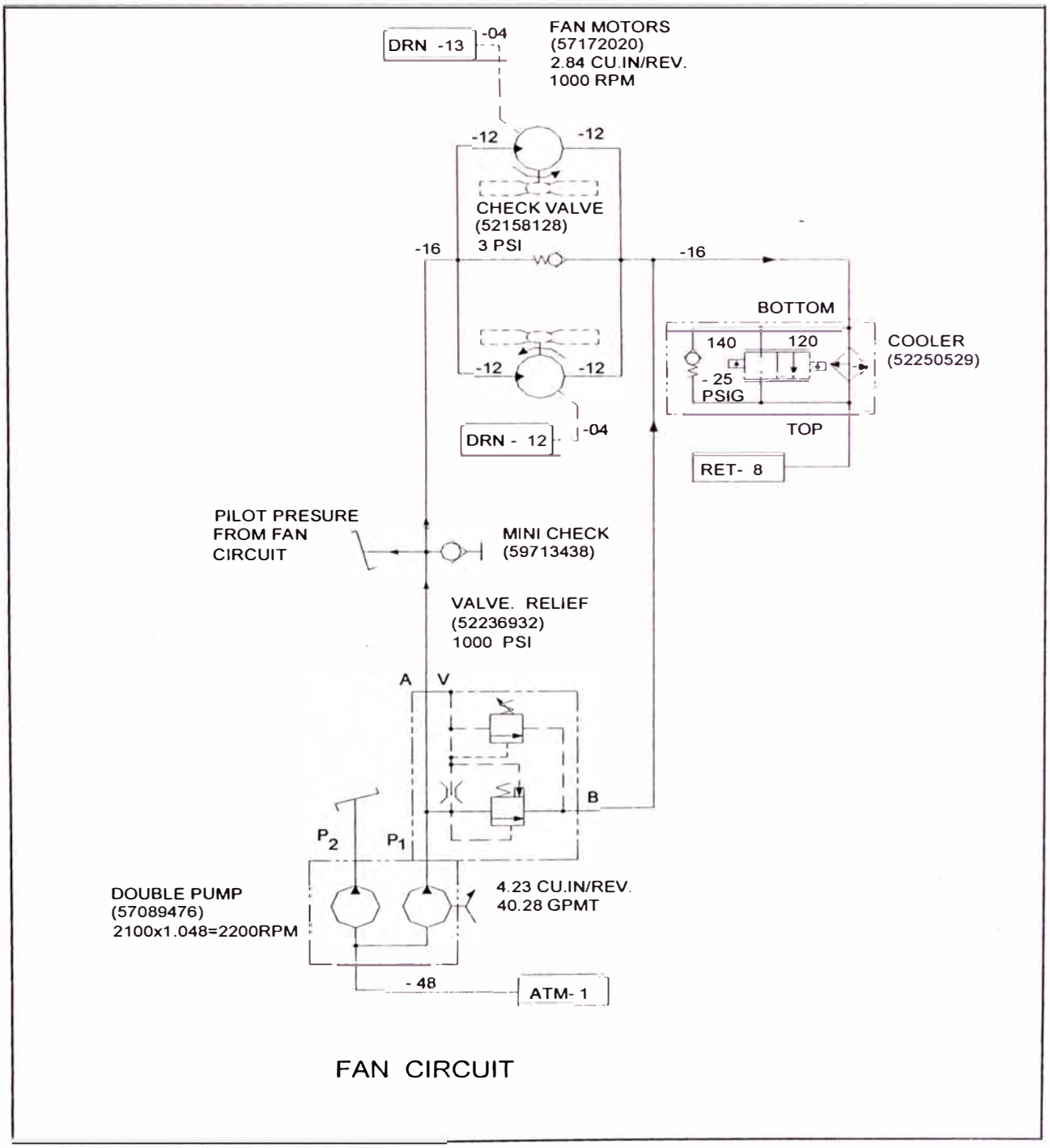
El aceite suministrado a todo el circuito hidráulico de la DMM2 proviene del estanque hidráulico a través de un colador, una válvula compuerta (shut off) y las cañerías de succión. Las dos secciones de la bomba doble toman el aceite de la cañería de succión. Cada una de las secciones de la bomba doble suministran aceite para diferentes funciones (Figura 3.17)

c.10. Circuito P1 de la bomba doble

La sección P1 maneja el motor del ventilador del enfriador de aceite y el motor del ventilador del radiador de la máquina. Esta sección también suministra aceite piloto para el uso en propulsión, alimentación de perforación y circuito de rotación. La máxima presión de trabajo de este circuito esta definida por la velocidad del ventilador de 1200 r.p.m.. Una válvula de alivio montada en la puerta de salida de la bomba se usa para regular la velocidad del ventilador. El aceite que es desviado por esta válvula es dirigido a través de los filtros principales al múltiple de sobrecarga. Un elemento adicional del sistema del motor del ventilador es la válvula check la cual conecta las puertas de salida y entrada del motor. Esta válvula evita la cavitación en el motor del ventilador cuando la bomba doble no esta suministrando aceite.

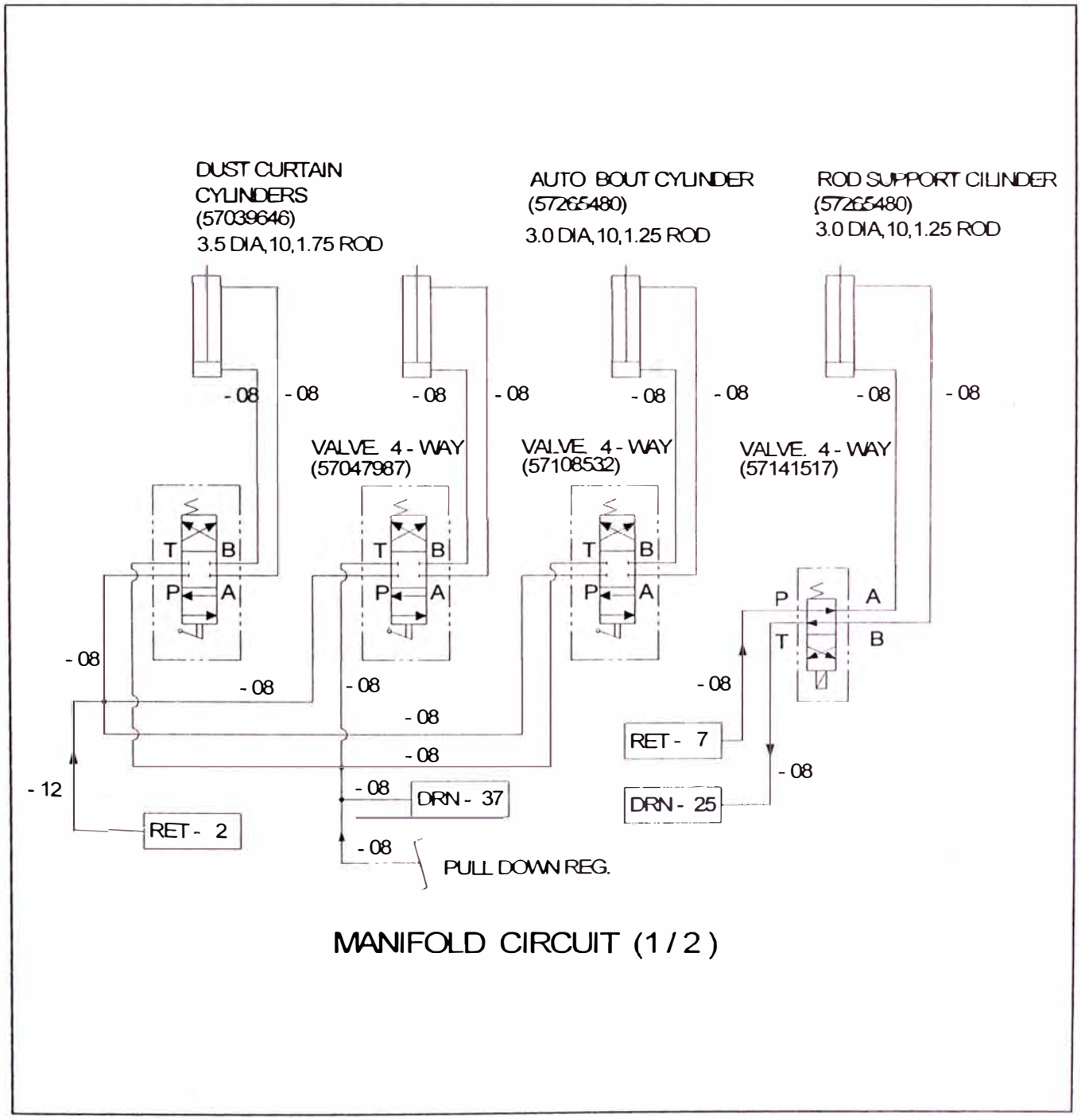
Esto puede normalmente suceder cuando la maquina perforadora se detiene. Todo el aceite que no se usa para sobrecargar la puerta "K" de la bomba principal pasa a través de un válvula no retorno (check) de 95 psig al estanque. El circuito del ventilador se muestra en la Figura 3.26. Tres válvulas de cuatro vías usan el aceite da baja presión disponible en la parte inferior de este circuito. Estas válvulas controlan el cilindro de la llave de quiebre y dos cilindros de la cortina de polvo. Estas válvulas controlan la salida y entrada de los cilindros cuando se requiera. El aceite usado para estas tareas retorna al estanque hidráulico a través de un filtro.

Luego que el aceite de la bomba P1 ha sido utilizado para mover los motores o los cilindros de la llave de quiebre o cortinas de polvo, pasa a través del enfriador de aceite y el sistema de filtros y entonces es suministrado al múlitple de sobrecarga para usarse en otros circuitos. El circuito de los múltiples se muestra esquemáticamente en la Figura 3.27.1 y Figura 3.27.2.



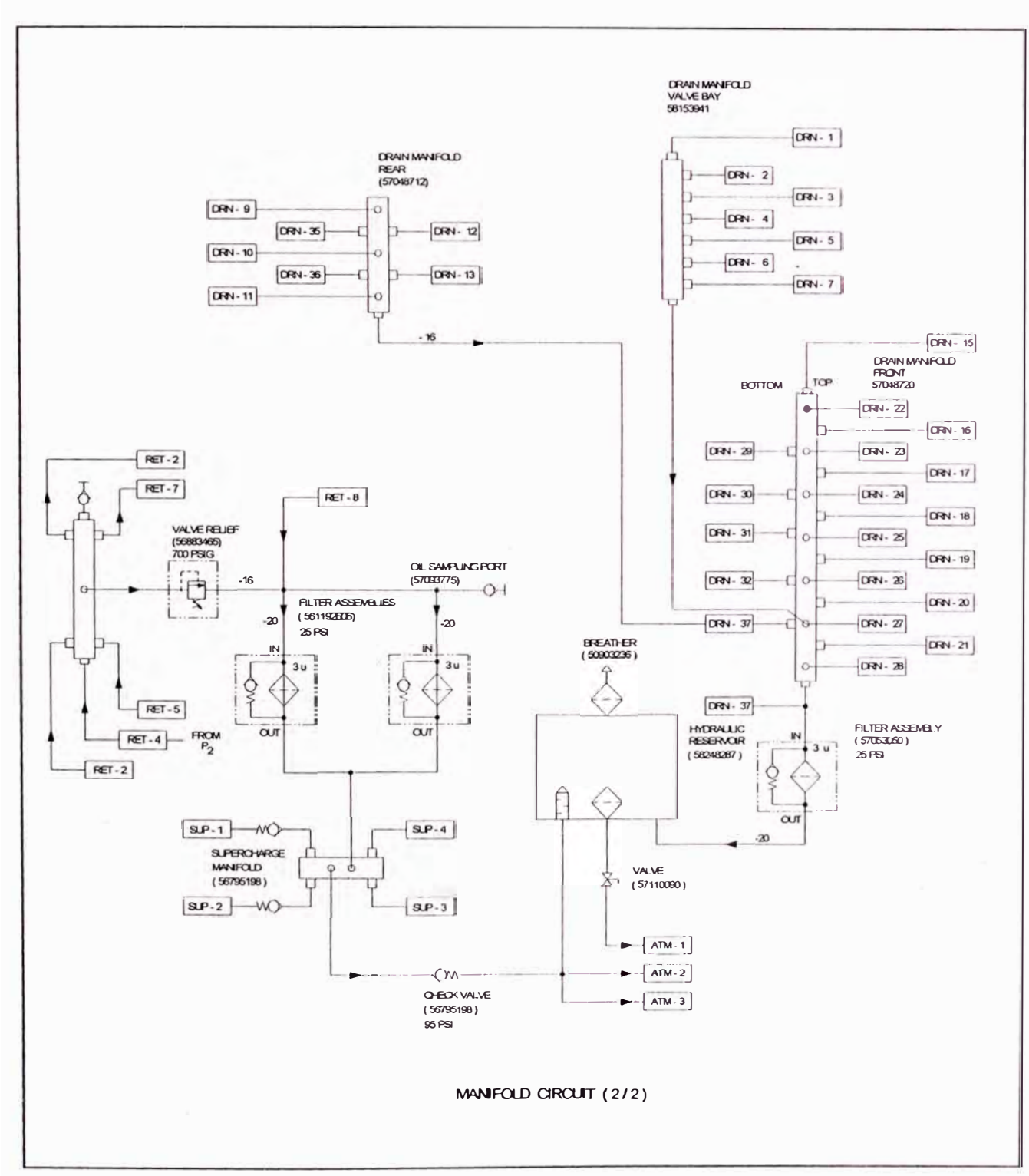
Fan circuit

Figura 3.26



Manifold circuit (1 /2)

Figura 3.27.1



Manifold circuit (1 / 2)

Figura 3.27.2

c.11. Circuito de sobrecarga

El circuito de sobrecarga toma el aceite de la sección P1 de la bomba doble, del motor de inyección de agua y de la puerta del regulador de la válvula de desviación (bypass).

c.12. Circuito P2 de la bomba doble

Refiérase al circuito de funciones auxiliares Figura 3.17.1. La sección P2 de la bomba doble suministra el menor flujo requerido para el resto de los sistemas de perforación. El flujo de aceite desde la bomba es alimentado a la válvula de tres carretes, los cuales controlan los tres cilindros hidráulicos de levante y nivelación de la maquina. Cada una de estas válvulas es de centro abierto puerta cerrada y de cuatro vías. La presión de aceite en el circuito de los cilindros de nivelación esta limitada a 2750 psig. Por una válvula de alivio en la carcaza de la válvula de tres carretes. El aceite que ocasionalmente pase por el alivio se mezcla con el aceite que esta siendo retornado por cualquiera de los cilindros de nivelación que se están extendiendo o retrayendo y es devuelto al múltiple de drenaje. El circuito de aceite P2 que no se usa en la válvula de tres carretes es suministrado a la válvula de seis carretes. Todas estas válvulas son de cuatro vías de centro abierto con un núcleo que suministra aceite a otras funciones. La presión en este circuito y en todas las otras funciones están limitadas a 2750 psig por una válvula de alivio. La primera sección de la válvula controla los cilindros de izado de torre. El rango de flujo en este circuito esta limitado por los restricciones en la base de ambos cilindros. La segunda sección de la válvula controla el motor de la indexación del carrusel. La velocidad en este motor es regulada por válvulas restrictoras que limitan el flujo de aceite en el circuito. El cilindro de la llave de cadena es suministrado por la tercera sección de la válvula. La cuarta y quinta sección de la válvula controlan el movimiento de los cilindros del cambiador de barras y los cilindros de los seguros (pasadores) de la torre. La sexta sección de la válvula controla el motor del colector de polvo y el motor de la inyección de agua. Estos circuitos están conectados en forma diferente de modo que el aceite de retorno de ambos motores no vuelve a la puerta “T” de la válvula. Esto permite que un motor sea controlado alimentando aceite a la puerta “A” y el otro motor sea controlado alimentando aceite a la puerta “B”. El

retorno de ambos motores se devuelve al múltiple de drenaje. La presión en el circuito del colector de polvo está limitada a 1500 psig por una válvula de alivio en la puerta de trabajo en la sexta sección de la válvula. La presión en la inyección de agua esta limitada a 1000 psig de la misma manera. Otro elemento de los dos circuitos son una válvula no retorno (check) en el circuito del motor del colector de polvo y una válvula de desviación (bypass) del tipo restrictor en el circuito del motor de inyección de agua para controlar la velocidad del motor. El retorno de aceite desde la válvula de seis carretes va directamente al múltiple de drenaje. El aceite que no se usa por cualquiera de las válvulas de tres carretes y de seis carretes es suministrado a una válvula de carrete simple de cuatro vías que controla el funcionamiento del motor del malacate auxiliar (winche). Todo el aceite no usado en el circuito P2 se mezcla con el aceite del múltiple de retorno y entra al sistema de filtros principales, donde es dirigido al circuito de sobrecarga para ser usado en los circuitos e alimentación de perforación, rotación y propulsión.

c.13. Circuito de drenaje

También incluido en el circuito de funciones auxiliares están los múltiples de retorno y drenaje, los cuales aceptan aceite desde otros circuitos, y el sistema de estanque el cual es el último punto de recolección para todo el aceite que no se ha usado en el resto del sistema hidráulico.

c.14. Múltiple de retorno

El múltiple de retorno recibe la parte de aceite no usado de P2, más el aceite de retorno desde varias de las funciones auxiliares. El múltiple de aceite de retorno también se usa para suministrar el flujo para las dos cortinas de polvo y para la llave de quiebre. Para obtener la presión suficiente para operar estas funciones hay una válvula de alivio a la salida del manifold. El propósito de esta válvula es para mantener una presión interna en el múltiple. Esta válvula es ajustable y esta fijada a suficiente presión para asegurar una apropiada operación de las funciones que están siendo alimentadas por la presión de retorno. Vea el circuito del múltiple, Figura 3.27.

3.2 TORRE DE PERFORACION

La torre de perforación tiene al sistema de alimentación como principal. En la torre también se encuentra el sistema de rotación el cual fue explicado en el acápite 3.1 sistema hidráulico.

SISTEMA DE ALIMENTACION

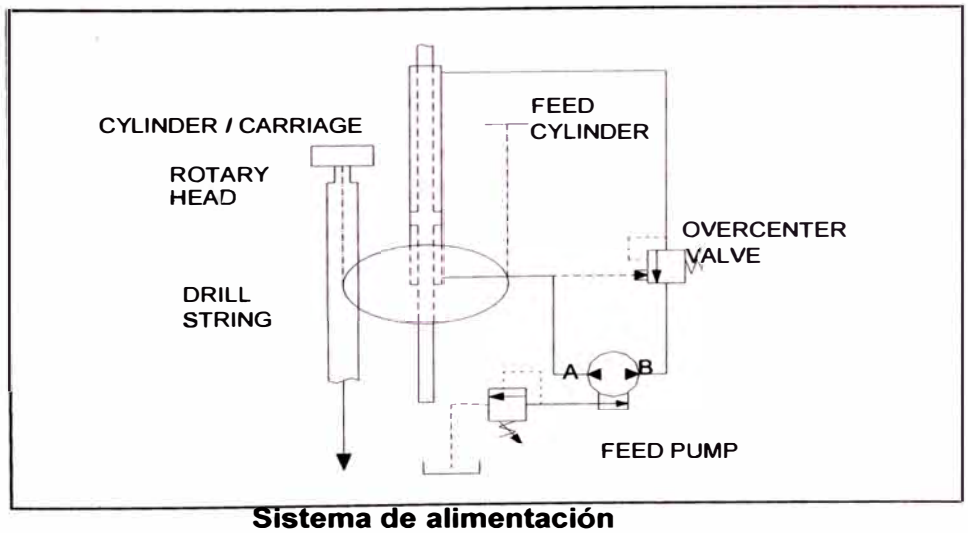
La función del sistema de alimentación de la DMM2 es proveer fuerza a la broca de perforación. La fuerza aplicada proviene del peso del conjunto (sarta) de barras de perforación (incluye el peso del cabezal de rotación y parte del cilindro de alimentación) y de la fuerza aplicada por el cilindro de alimentación a la barra de perforación. La siguiente descripción de operación demostrará como las partes individuales del sistema de alimentación responde a las órdenes del operador para proveer un control de fuerza exacto en la broca. El sistema de alimentación dibujado en la Figura 3.28, de la DMM2. Incluye componentes hidráulicos y mecánicos que contribuyen con fuerza a la perforación:

a. Sistema mecánico

b. Sistema hidráulico

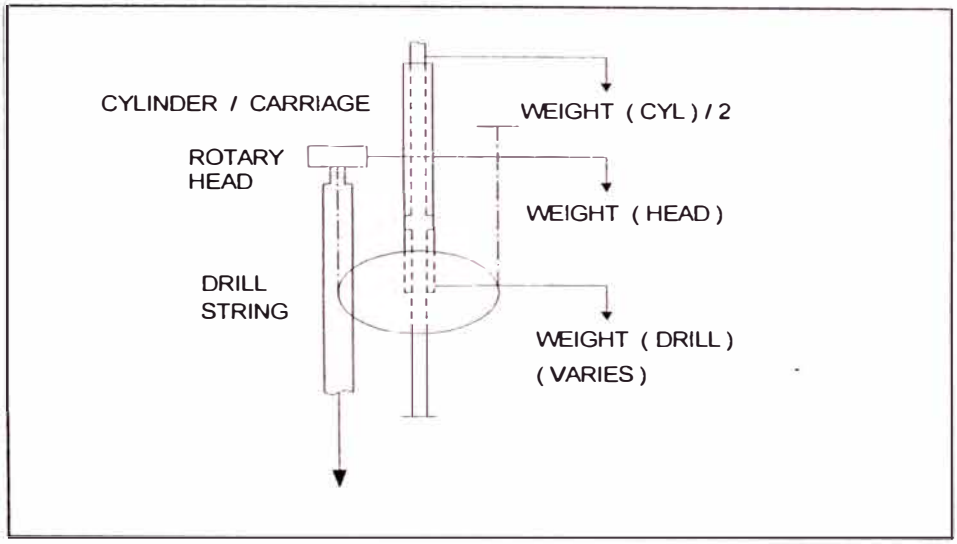
c. Dirección del cilindro y la fuerza

d. Control de fuerza del sistema de alimentación



Sistema de alimentación

Figura 3.28



Sistema de alimentación / componentes mecánicos
Figura 3.29

a. Sistema mecánico

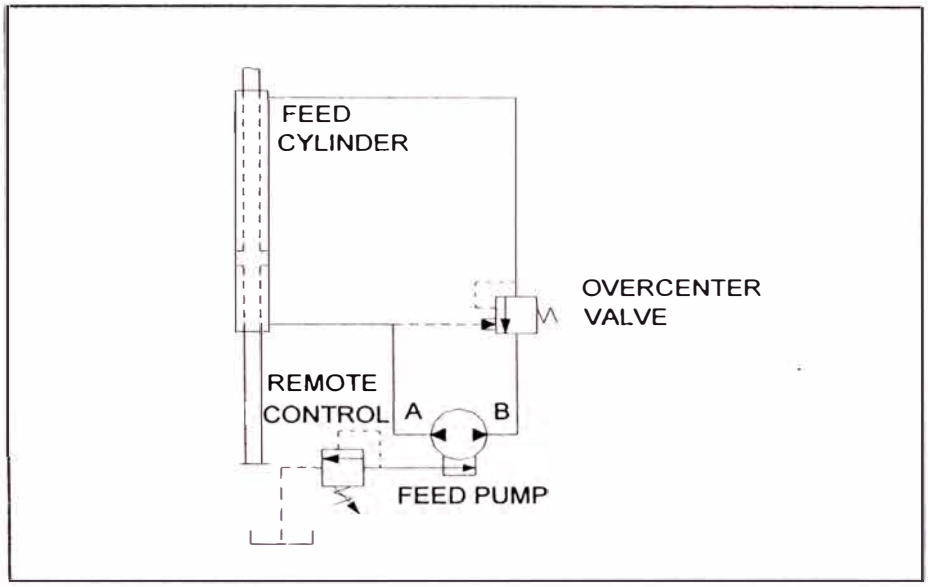
Los componentes mecánicos son la el conjunto de barras de perforación propiamente, el conjunto del cabezal de rotación y el cilindro de alimentación (Figura 3.29). La contribución de fuerza del cabezal de rotación y el cilindro de alimentación permanecen constantes y es cerca de 6000 Lb-f. El peso del conjunto de barras (sarta) cambia cada vez que se agrega ó retira una barra. Por ejemplo, si se usa cuatro barras para perforar y cada barra pesa 6000 Lb-f. La fuerza total aplicada a la perforación por los componentes mecánicos varía de 6000 Lb-f (cero "0" barras) a 30000 Lb-f. (4 barras) F. Mec = 6000 + (peso de barra x N° de barras).

b. Sistema hidráulico

Los componentes hidráulicos incluyen la bomba de alimentación, el cilindro de alimentación, la válvula de sobre centro y el control de compensador remoto (Figura 3.30). Una válvula de lanzadera (shuttle) para el control de aceite de relleno se puede encontrar en el circuito de la maquina pero no contribuye en el control de la fuerza.

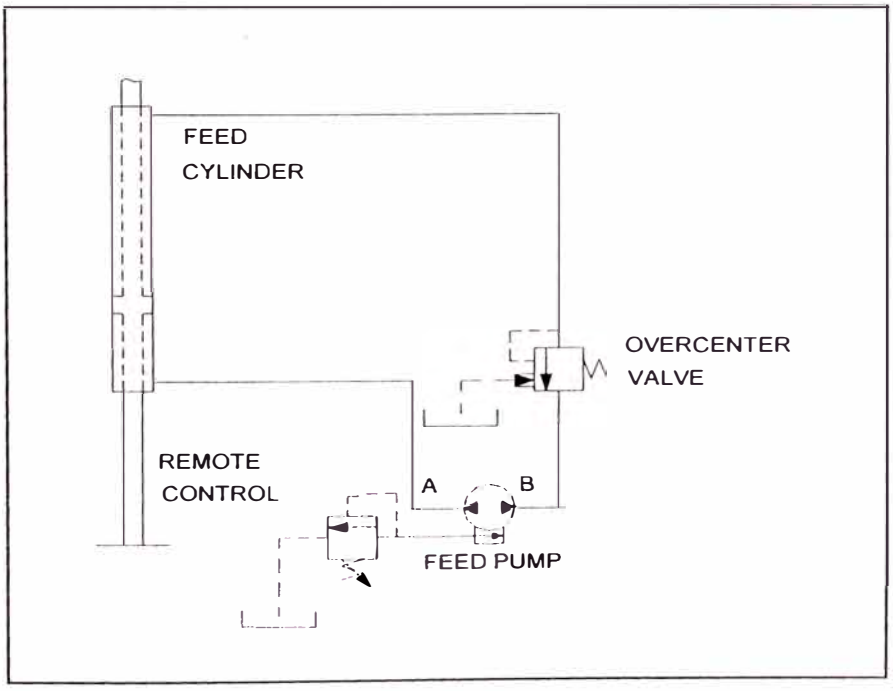
La bomba de alimentación es de desplazamiento variable, circuito cerrado y de pistones. Es capaz de suministrar flujo de aceite por cualquiera de las dos puertas de trabajo y es capaz de limitar la presión de trabajo a cualquier flujo disponible (presión compensada). Cuando el aceite fluye desde la puerta "B" de la bomba, el cilindro tira al cabezal de rotación y la sarta de barras hacia arriba. El flujo de aceite de la bomba que sale por la puerta "A" mueve el cabezal de rotación y la sarta de barras hacia abajo. El cilindro de alimentación es un cilindro hidráulico de doble vástago con 7,5" de diámetro de pistón y 4" de diámetro de vástago.

El área efectiva de trabajo del pistón es cerca de 31,6 pulgadas cuadradas. Esto significa que la fuerza producida por cada 100 psig en un lado del pistón es cerca de 3160 Lb-f. La válvula de sobrecentro se suministra en el circuito hidráulico para proveer una resistencia al cabezal de rotación hacia abajo. La válvula es de presión controlada, por lo que esa capaz de restringir el flujo a cualquier nivel necesario para sostener las barras a una contra presión deseada. La válvula tienen una puerta al cilindro y una puerta a la válvula (la cual esta conectada a la bomba) y una puerta piloto. La puerta piloto esta normalmente conectada al lado opuesto de la bomba pero en algunas aplicaciones será ventajoso inhabilitar esta puerta. Inhabilitando la puerta piloto por descarga a tanque permitirá que la válvula opere con una simple válvula de alivio (Figura 3.31). El control compensador remoto (una válvula de alivio) es usado para establecer una fuerza aplicada a la sarta de barras. Siempre que la válvula de alivio este seteada a una presión particular, la presión de trabajo en la puerta "A" de la bomba esta limitada a la presión particular. El operador de perforación es responsable de determinar la presión apropiada para la operación de perforación y de "fijar" el control de esa válvula.



Sistema de alimentación / Componentes hidraulicos

Figura 3.30



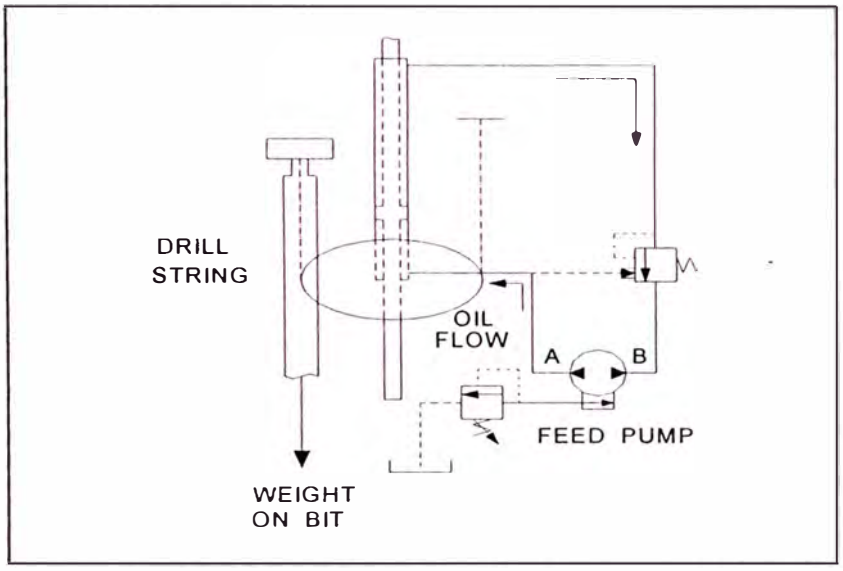
Sistema de alimentación / barras con fuerza controlada

Figura 3.31

c. Dirección del cilindro y la fuerza

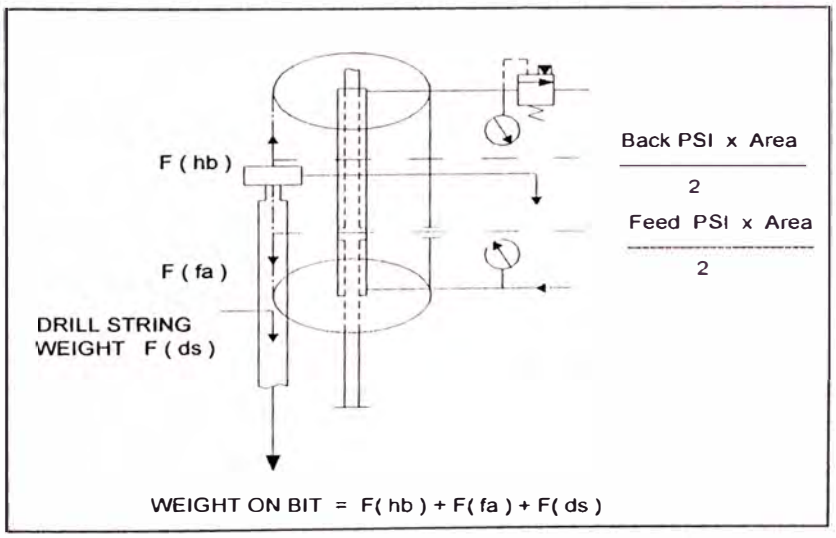
Durante la perforación, es necesario desplazar el conjunto de barras hacia abajo (avance) sin exceder el máximo peso necesario en la roca. (Figura 3.32). El flujo de aceite necesario que sale de la puerta "A" de la bomba para satisfacer la demanda de avance del pistón del cilindro de alimentación, al mismo tiempo, la fuerza máxima desde el cilindro de alimentación debe ser controlada para obtener el peso deseado en la broca. El flujo de aceite requerido es suministrado moviendo el control de desplazamiento de la bomba en la dirección de alimentación inferior. Es posible obtener velocidades de alimentación de perforación en el rango de 0 a 84 pies por minuto en la dirección de alimentación hacia abajo moviendo la palanca de control de desplazamiento en la cabina cerca del operador. Si una aplicación particular de perforación, demanda que la perforación avance lentamente aún cuando la perforación no este cargada pesadamente, entonces el operador debe poner el control en la posición requerida para obtener esta velocidad. Si el control se mueve a la posición máxima de alimentación hacia abajo, la perforación tratara de avanzar a máxima velocidad siempre que la broca encuentre material blando. La fuerza máxima desde el cilindro de alimentación es controlada regulando la presión en ambos extremos del cilindro de alimentación (Figura 3.33). Si la fuerza de alimentación es mayor que la contra presión, entonces la fuerza desde el cilindro es hacia abajo. Si la contra presión es mayor que la presión de alimentación, entonces la fuerza del cilindro es hacia arriba.

Es importante notar que la fuerza hacia arriba del cilindro quita el peso desde la broca aunque el cilindro se este moviendo hacia abajo.



Sistema de alimentación / direccion

Figura 3.32



Sistema de alimentación / control de fuerza

Figura 3.33

d. Control de fuerza del sistema de alimentación

Se puede ver de la descripción anterior de la operación del sistema hidráulico que el cilindro de alimentación puede producir fuerza en ambas direcciones cuando las fuerzas externas (sarta de barras, cilindro, etc.) empujan hacia abajo en el cilindro, el cilindro puede agregar o restar de estas fuerzas mientras el cilindro se mueve hacia abajo (Figura 3.33).

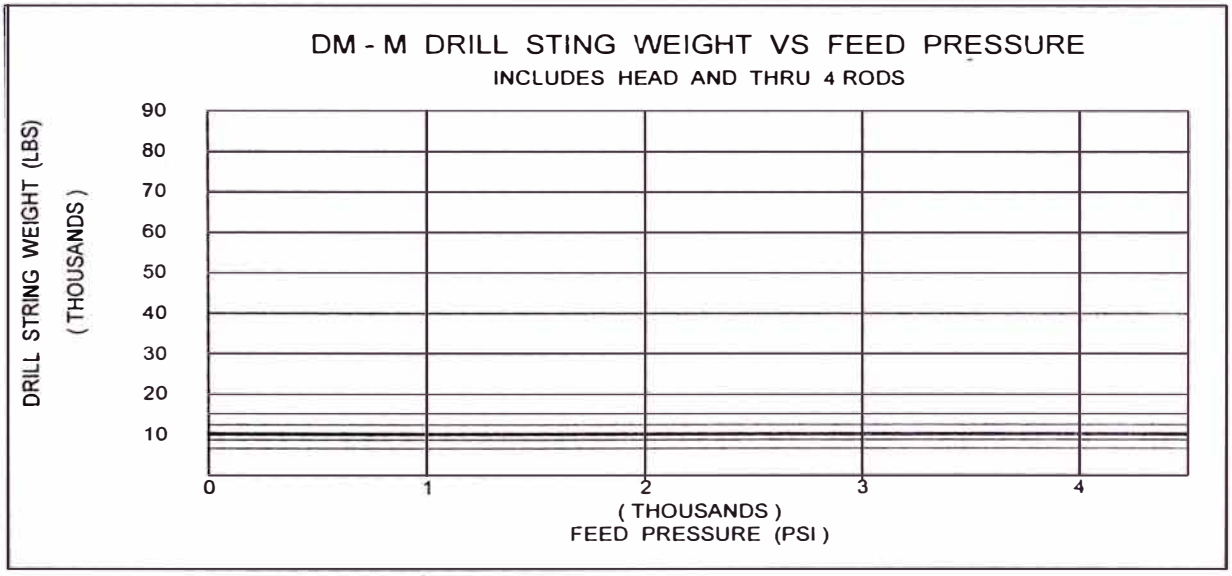


Figura 3.34

La Figura 3.34 es un gráfico de las fuerzas externas F(DS) actuando para influir en el peso en la broca. Se puede ver de este gráfico que agregando o quitando barras cambia el peso en la broca. Una barra de 2200 Lb-f de peso ha sido seleccionada para este ejemplo.

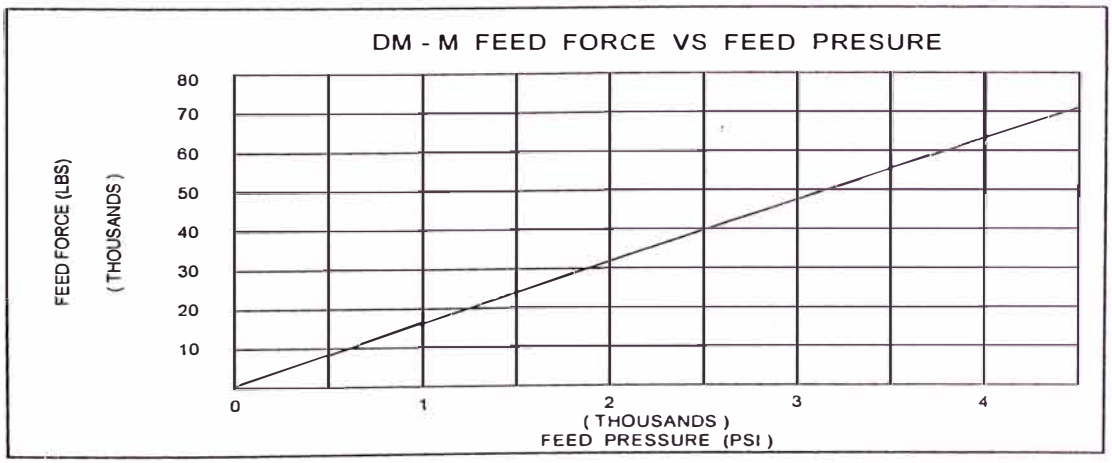


Figura 3.35

La Figura 3.35 es un gráfico de la fuerza producida por la presión de alimentación en el interior del cilindro de alimentación. La ecuación que genera este gráfico es simple.

Fuerza (FD)=presión * Area / 2

El 2 es necesario porque el cilindro trabaja en una relación de 2=1 con la velocidad de los cables. Así para 1000 psig, la fuerza en eje central de perforación es 15800 Lb-f y para 3000 psig la fuerza es de 47400 Lb-f.

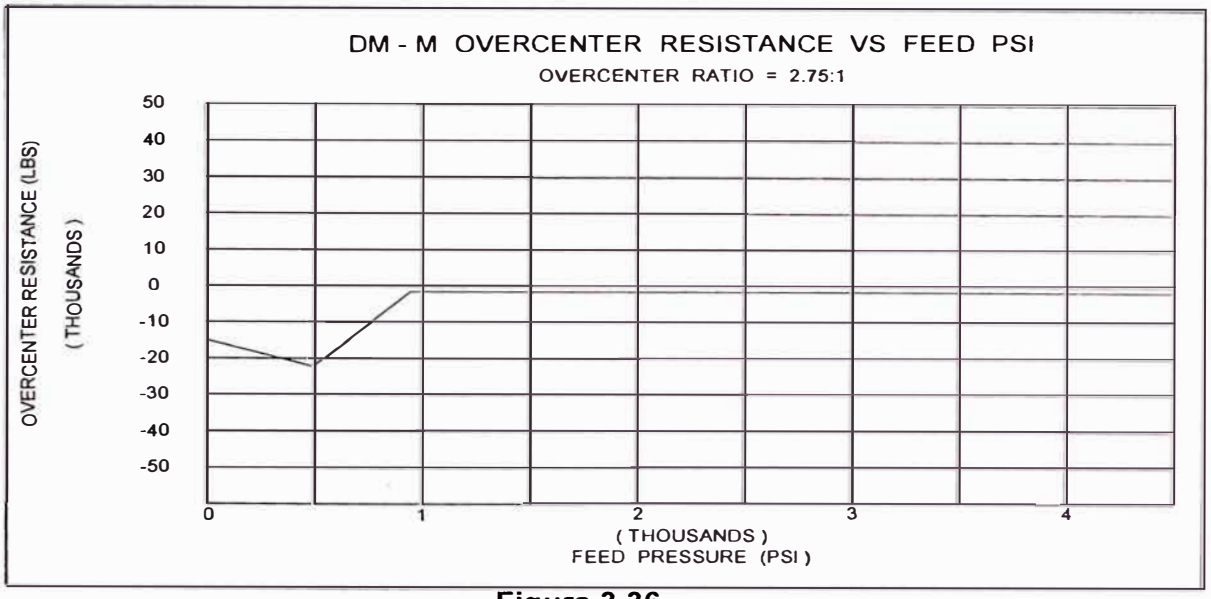


Figura 3.36

La Figura 3.36 es un gráfico de la fuerza producida por operación normal de la válvula de sobrecentro en respuesta al comando de presión de alimentación. Esta fuerza es negativa porque es opuesta a la fuerza de alimentación hacia abajo. La ecuación que genera este gráfico es:

Fuerza (HB) = -(Seteo) - (presión de alimentación * 2,75 * Area / 2)

Donde el valor fijado (setting) es el ajuste del resorte de la válvula de sobrecentro. (Asuma para este ejemplo que sea 3000 psig) note que este es la única fuerza negativa (fuerza de izado) disponible al sistema de alimentación. Aumentando el valor fijado sea suficiente para el izado disponible de todo el conjunto de barras (sarta), cuando la presión de alimentación esta a un mínimo valor. Todo el peso de las barras disponible, significa el peso del sistema de alimentación más todas las barras usadas.

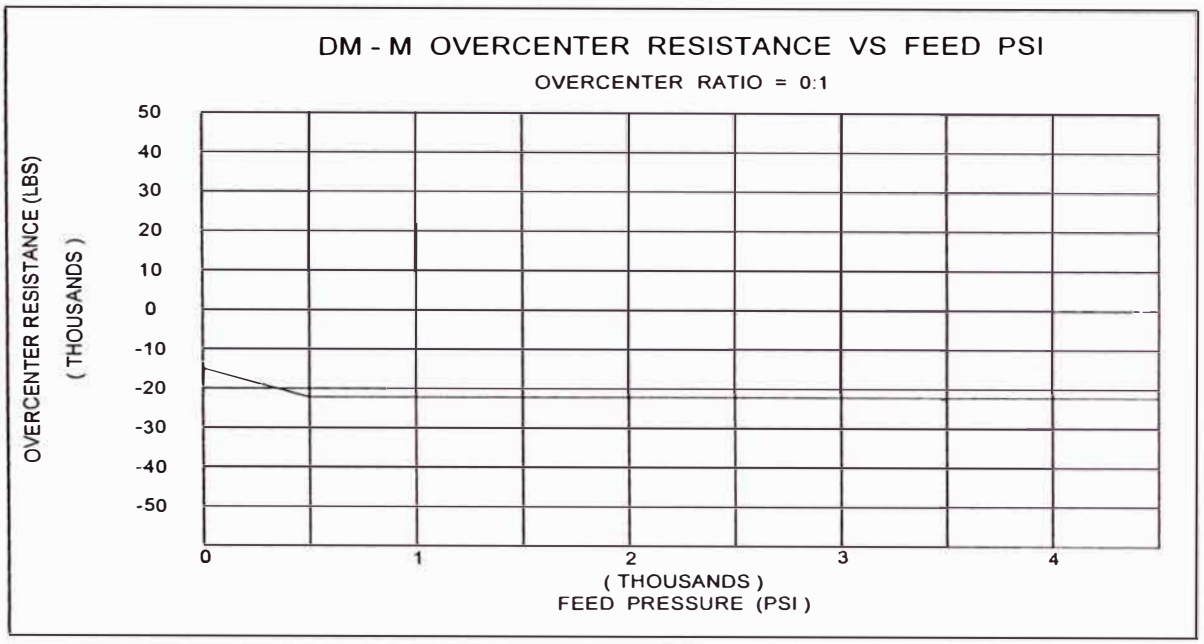


Figura 3.37

La Figura 3.37 es un gráfico de la fuerza producida por la operación una simple válvula de alivio en la descarga del cilindro de alimentación. Este tipo de operación se obtiene cuando la puerta piloto de la válvula de sobrecentro esta inhabilitada. El pico (peak) en la curva esta ausente porque no hay influencia de un piloto para sostener.

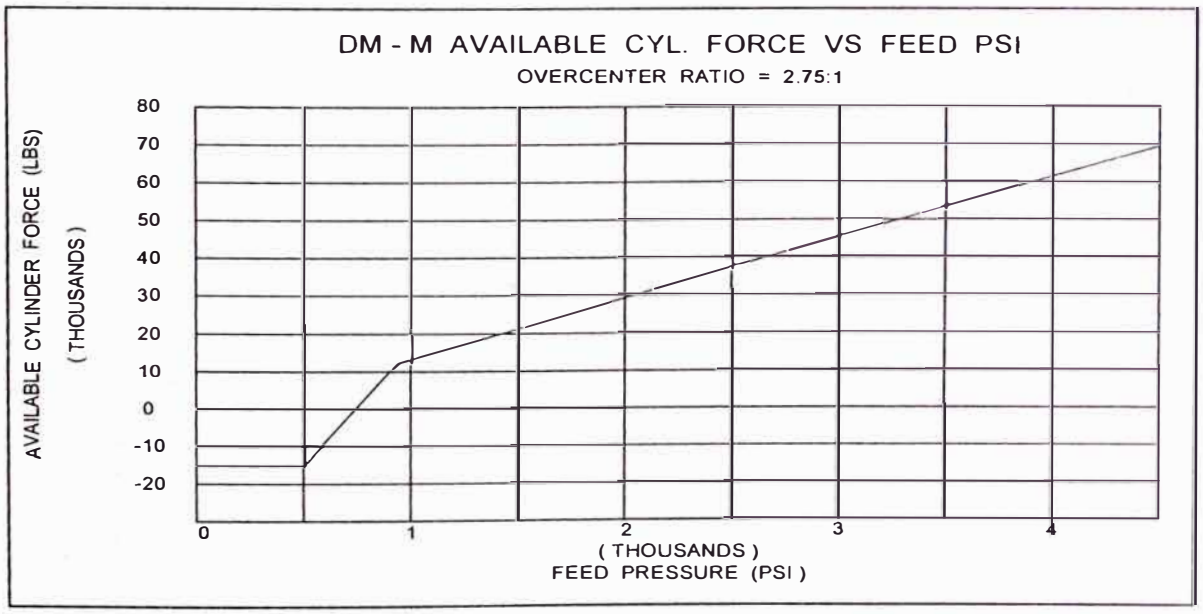


Figura 3.38

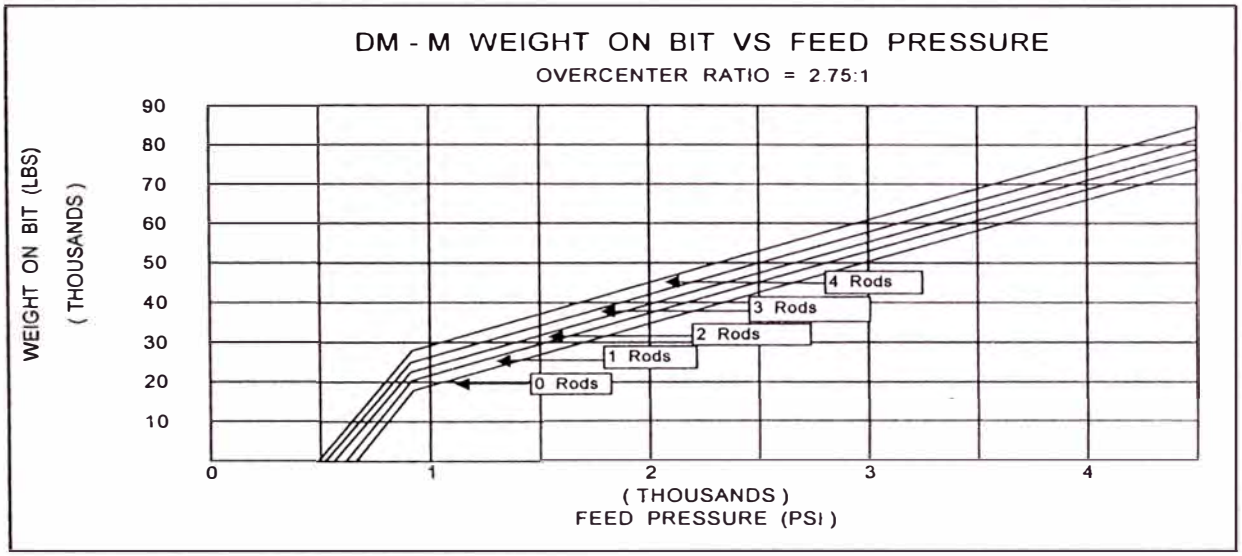


Figura 3.39

La fuerza disponible desde el cilindro de alimentación (en el eje central de perforación) esta representada por la Figura 3.38 al cual se obtiene sumando los Figura 3.35 y Figura 3.36. La Figura 3.39 se obtiene agregando la fuerza del cilindro a la Figura 3.34. Esta salida representa el peso total en la broca como una función de la presión de alimentación. Note que la fuerza en la broca cambia cada vez que se agrega una barra. Cuando una barra es agregada, la presión de alimentación debe cambiar si el peso en la broca se mantiene constante.

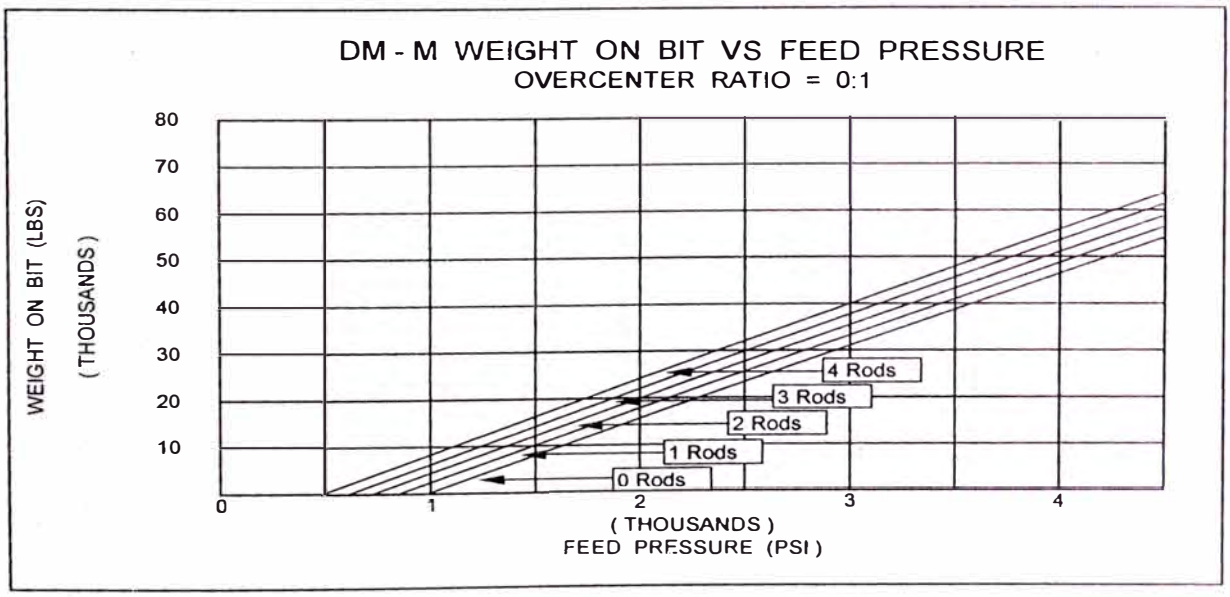
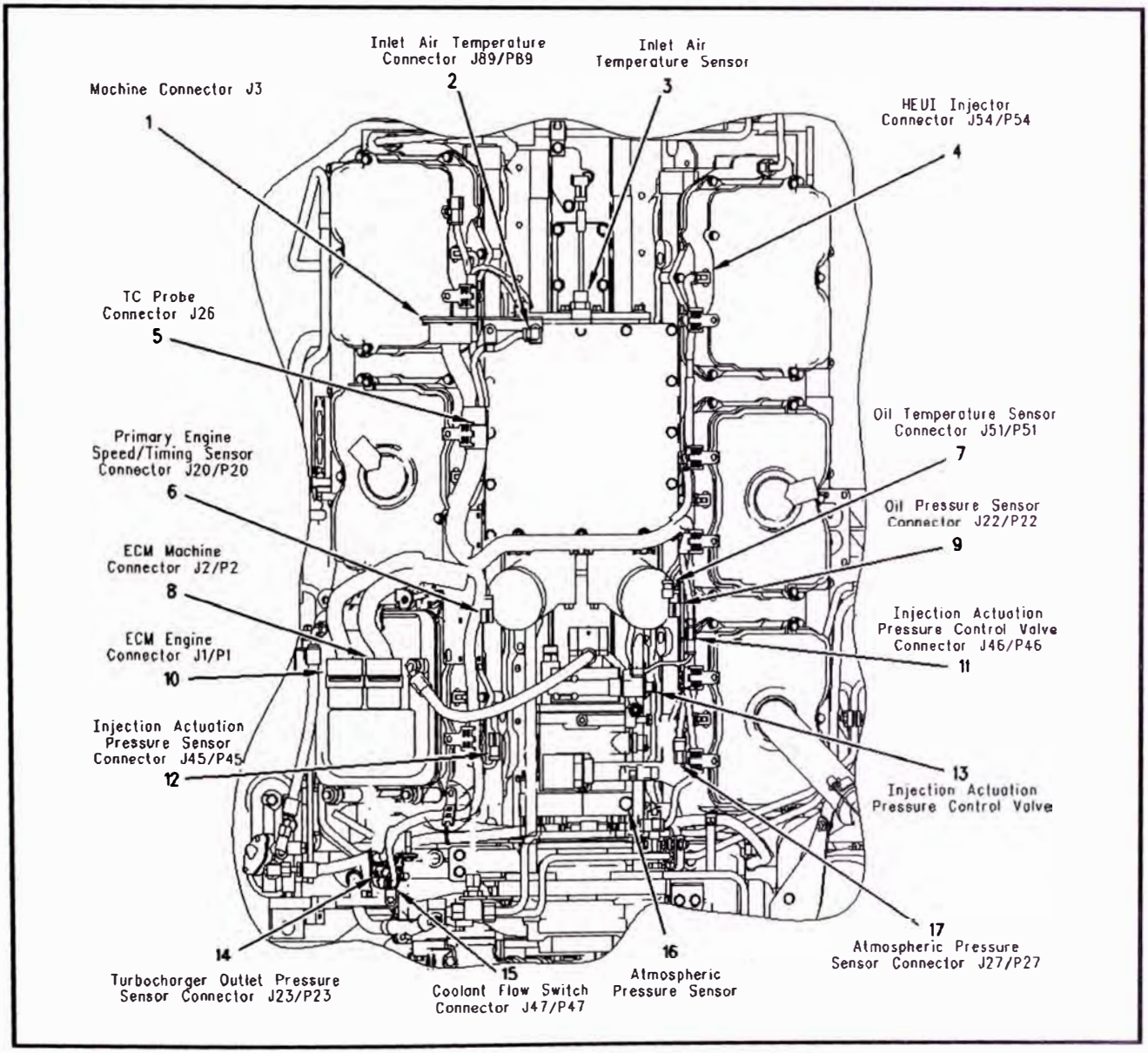


Figura 3.40

La Figura 3.40 muestra el peso en la broca obtenida cuando la puerta piloto de la válvula de sobrecentro esta inhabilitada. Esto puede ser verificado agregando gráficos Figura 3.34, Figura 3.35 y Figura 3.37.

3.3 MOTOR

El motor utilizado por la perforadora DMM2 es un motor en "V" cuya particularidad es ser electrónico. El modelo del motor es 3412E (Figura 3.41)

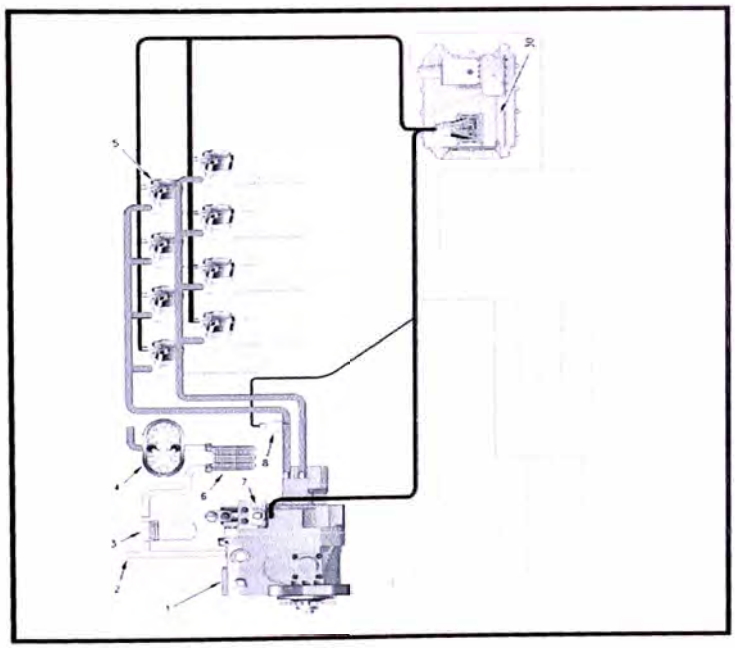


Motor de la la perforadora DMM2 modelo 3412E

Figura 3.41

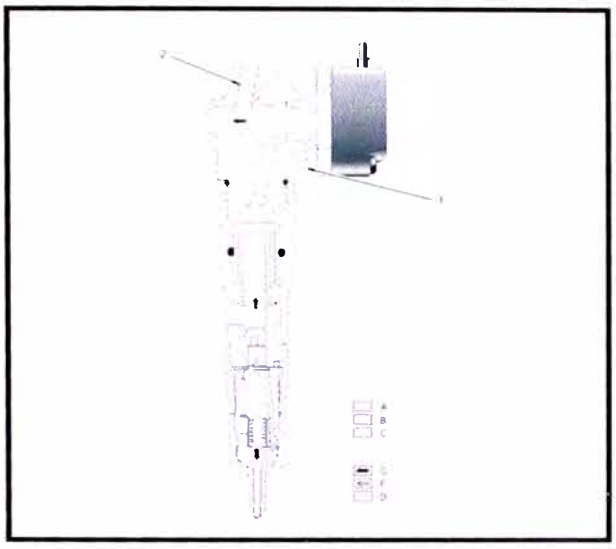
Características del motor 3412E

El motor 3412E Caterpillar seleccionado para esta unidad es un motor de pistones con disposición en V con seis cilindros en cada banco. La particularidad del motor 3412E es que es controlado por el E.C.M., que es el Módulo de Control Electrónico diseñado por Caterpillar. Este E.C.M. tiene los mapas en un software particular para cada modelo de motor. El módulo de personalidad es el que contiene dicha información específica. Un motor HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injector) es decir esta disposición es diferente a los motores clásicos con bomba scroll. El motor 3412E es un motor HEUI es decir no tiene bomba de inyección de combustible. La presión es generada por una bomba hidráulica que toma aceite del motor para este propósito (Figura 3:42). Los inyectores están controlados por el E.C.M. y responden a los requerimientos del par consumidor, es decir la carga a la que es sometida la unidad. El control que ejerce el E.C.M. es a través de las apertura y cierre de los solenoide de los inyectores. Para el accionamiento de cada inyector el ECM activa el solenoide permitiendo que la presión hidráulica transfiera su energía hacia el inyector (Figura 3.43) permitiendo la inyección del combustible. Es decir la energía de presión es transferida por el inyector hacia el combustible.



Sistema de Alimentación HEUI

Figura 3. 42

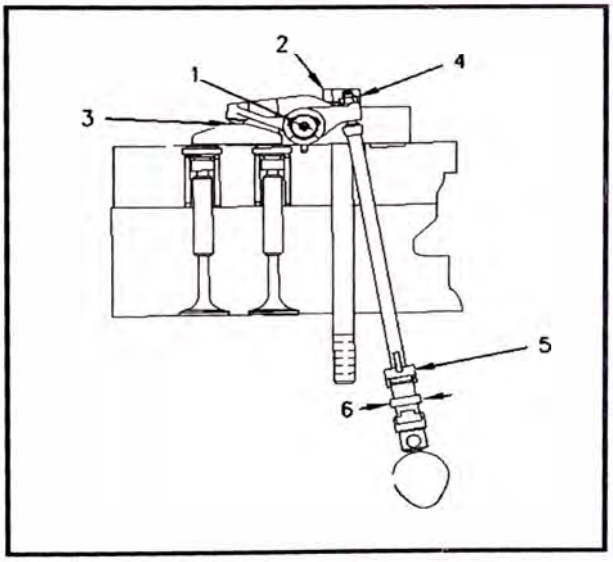


El inyector HEUI

Figura 3.43

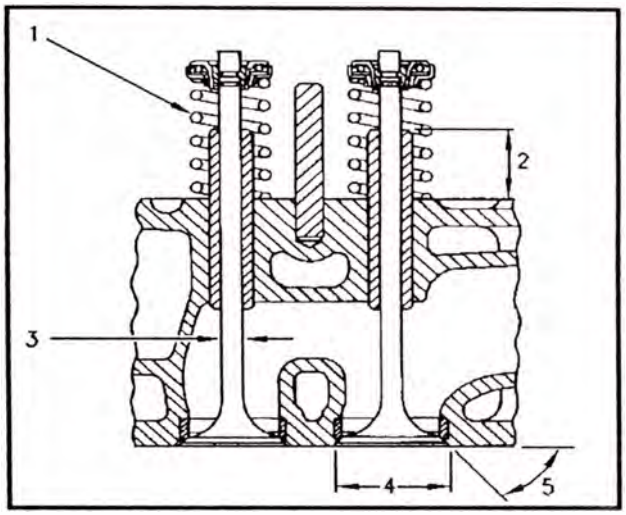
Válvulas

Las válvulas del motor están dispuestas en número de cuatro por culata. Dos de admisión y dos de escape. Ver disposición de empujadores, balancines y válvulas (Figura 3.44) y (Figura 3.45):



Disposición de Balancines

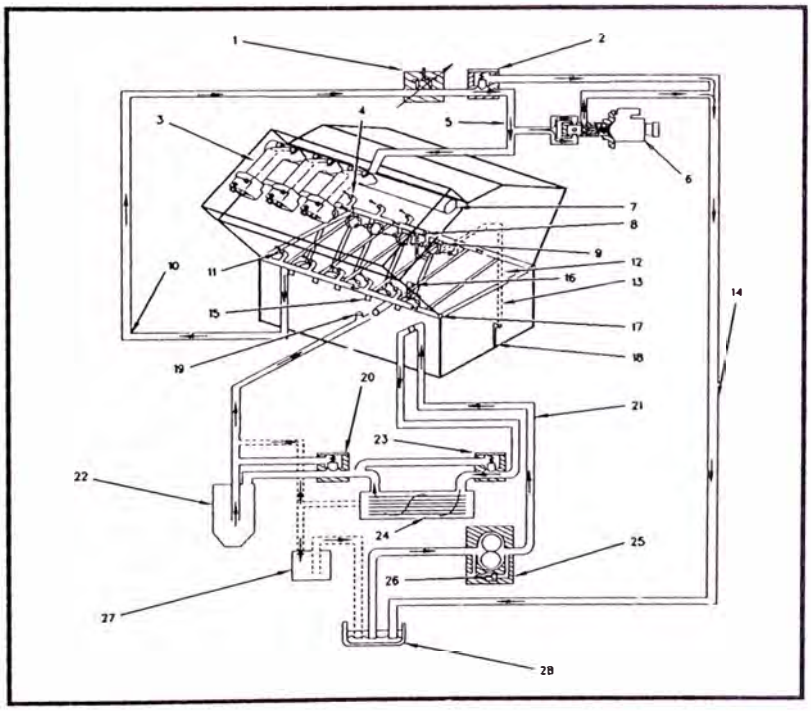
Figura 3.44



Disposición de válvulas
Figura 3.45

Sistema de lubricación:

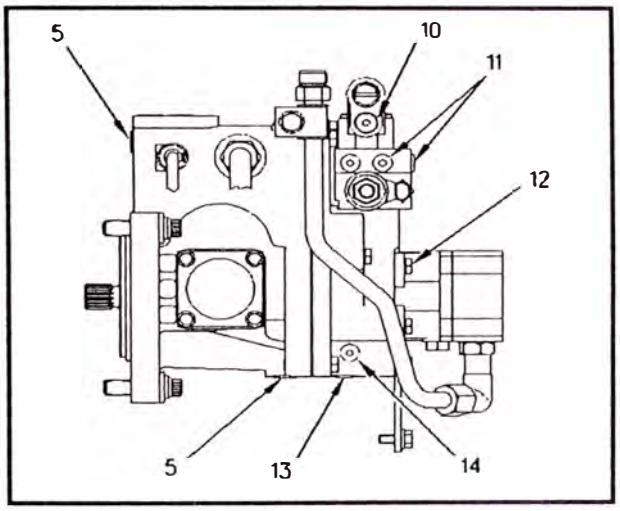
El sistema de lubricación del 3412E industrial tiene como todo HEUI al aceite de motor como fluido para la bomba de alta presión hidráulica (Figura 3.46). La bomba HEUI toma el aceite del motor como fluido para generar la presión requerida por los inyectores.



Circuito de lubricación
Figura 3.46

Bomba Heui

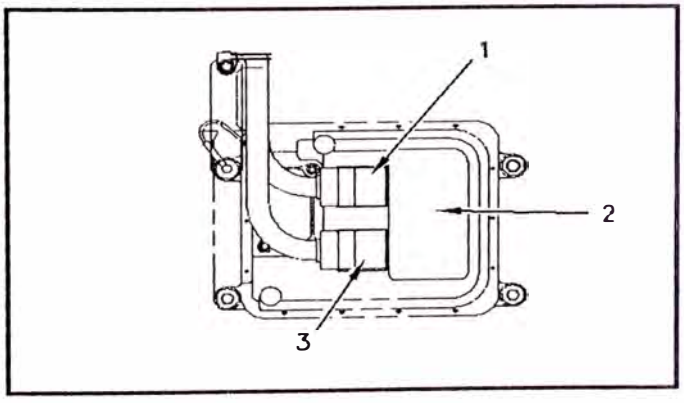
La bomba HEUI está diseñada por caterpillar. Es una bomba de pistones con plato ariable. Es controlada para la IAPCV (Injection Actuation Pressure Control Valve).



Bomba HEUI
Figura 3.47

Módulo de Control Electrónico

En la figura adjunta se observa como es dispuesto el E.C.M. de un motor.



Módulo de Control Electrónico
Figura 3.48

3.4 SISTEMA NEUMÁTICO

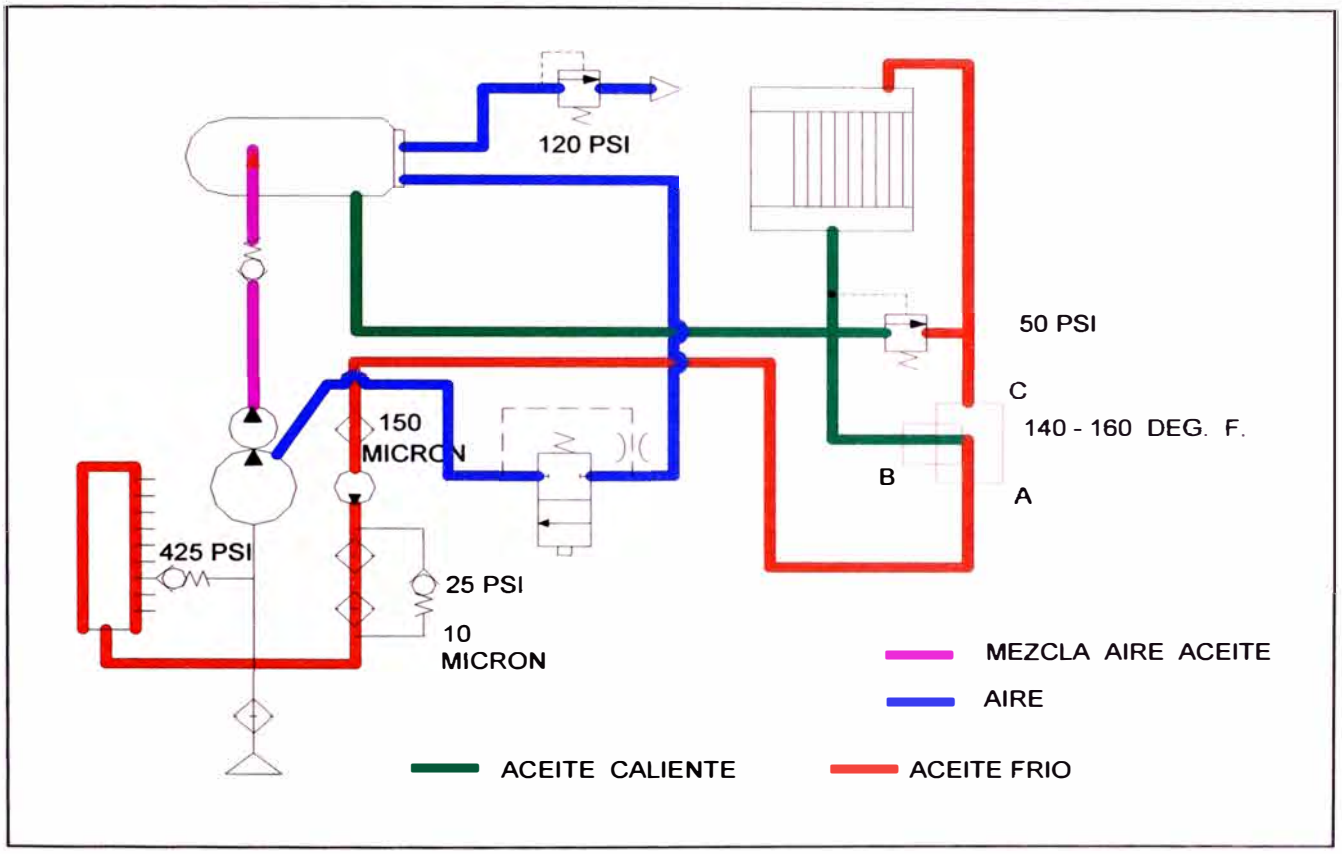
Es sistema neumático o sistema de compresor de aire (Figura 3:49), es una parte integral de las perforadoras. El aire comprimido es utilizado para los siguientes procesos:

- Refrigeración de la broca (bit).
- Limpieza del pozo, barriendo los recortes desde el pozo.
- Soplado de los recortes desde los elementos filtrantes, en el colector de polvo.
- Alimentación al sistema de lubricación centralizado.
- Alimentación a herramientas de servicio.

Este sistema de la DMM2 tiene dos tipos, cuya selección va de acuerdo con la aplicación por la que son requeridas. La DMM2 motivo del estudio, tiene el sistema del compresor XL de baja presión, sin embargo explicaremos los dos sistemas por ser ambos de común aplicación en la minería peruana:

a. Sistema del compresor HR2 / HR2.5 (alta presión)

b. Sistema del Compresor XL (baja presión)



Sistema de compresión de aire

Figura 3.49

a. Sistema del compresor HR2 / HR2.5 (alta presión)

Este compresor es de alta presión y es utilizado en las perforadoras Ingersoll-Rand en aplicaciones donde se va a utilizar el sistema de perforación con martillo de fondo DHD (down hole drill) (Figura 3.49), seguidamente se describe sus sistemas para luego explicar como operan:

a.1. Lubricación y sistema de refrigeración

a.2. Sistema de separación

a.3. Regulación del aire y sistema purga de aire

a.1. Lubricación y sistema de refrigeración

El aceite es inyectado bajo presión dentro del compresor (air-end), cumpliendo tres propósitos:

- Para remover el calor generado por la compresión del aire.
- Para lubricar las partes móviles (engranajes, rotores y rodamientos)
- Para sellar el juego entre rotores. Aquí el aceite es mezclado con el aire y dirigido a través de la válvula check en la descarga. Esta válvula previene que el aire a presión entre al air-end haciendo girar los rotores en dirección reversa cuando la unidad se ha detenido.

Desde la válvula no retorno (check) a la salida del compresor, el aire mezclado con el aceite entra al tanque separador. El tanque, sirve para dos propósitos: separar el aceite del aire y almacenar aire para ser utilizado a futuro. Desde el tanque separador, el aceite es forzado por la presión de aire a pasar a través de los tubos del enfriador de aceite. Así el aceite tiene tres caminos:

- Cuando esta frío la válvula de desviación (by pass) termostática permite que todo el aceite evite el enfriador y sea enviado directamente a la bomba de aceite a través de la válvula termostática.
- Cuando el aceite ya comienza a tomar temperatura, algo de aceite pasa a través de la válvula termostática y algo a través del enfriador de aceite. Esto permite que el enfriador comience a calentar gradualmente. El aceite comenzará a circular a través del enfriador cuando su temperatura alcance 145 ºF y cuando llegue a los 160 ºF la válvula by pass cerrará completamente permitiendo que la totalidad del aceite circule por el enfriador.
- Si el enfriador se encuentra bloqueado o parcialmente obstruido (interiormente), la presion del aceite comenzará a aumentar hasta que la presión diferencial alcance 75 psig, entonces la válvula de alivio abrirá permitiendo que el flujo de aceite ingrese directamente a la bomba de aceite del compresor. La válvula de alivio evitará que el compresor air-end se quede sin suministro de aceite.

Desde el enfriador, el aceite pasa a través de un filtro metálico de 40 mallas o 150 micrones protegiendo la succión de la bomba. Cuando el aceite esta frío (en los arranques), la bomba de engranaje trabaja como una bomba común y corriente, inyectando el aceite dentro del compresor pero a medida que la presión de aceite comienza a aumentar en el estanque separador, la bomba trabaja como un orificio de medida o restrictor, evitando que ingrese una cantidad excesiva de aceite que puede inundar el compresor.

Antes que el aceite lubrique los rodamientos y rotores del compresor, este es filtrado por filtros de 10 micrones y en seguida el flujo de aceite entra a un manifold de metal donde es dirigido a los rodamientos, rotores y sello de aceite (sello mecánico).

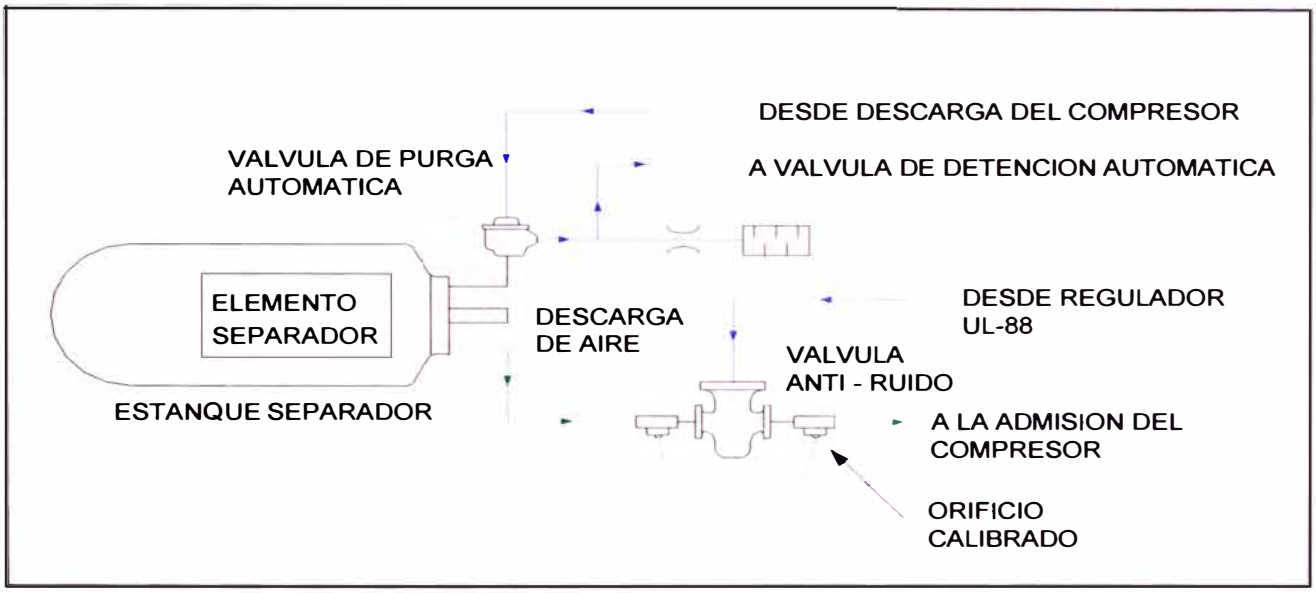
La válvula de alivio "fijada" a 425 psig. Protege el múltiple de una presión de aceite excesiva, producto de alguna obstrucción.

a.2. Sistema de separación

El sistema de separación del compresor de alta presión HR2 es ilustrado en la Figura III.50. El aire y el aceite mezclado entran directamente al estanque separador a través de un tubo vertical, el flujo de aceite circula alrededor de las paredes del estanque logrando que la mayoría del aceite sea separado del aire debido a los cambios de velocidad y dirección, depositándose en el fondo del estanque junto con el resto del aceite.

La separación secundaria se lleva a cabo en el elemento separador localizado dentro del estanque, donde el resto del aceite en suspensión es forzado a pasar a través del elemento en donde se produce una caída de su velocidad, permitiendo que el aceite caiga por gravedad al fondo del elemento. Aquí el aceite es retornado al enfriador y sistema de lubricación por medio de la línea de barrido.

La línea de barrido tiene su origen en la tapa inferior del elemento separador. El HR2 y HR2.5 usan una válvula anti-ruido ubicada en la línea de barrido. Esta válvula sirve de desviador (by-pass) al orificio en la línea de barrido y permite a la totalidad del aire y aceite entrar dentro del compresor (air-end) para aligerar el vacío cuando la unidad esta en descarga. La válvula anti-ruido comienza a operar (abrir) con la misma presión de aire que cierra la válvula mariposa de la admisión.



Sistema de separación del compresor de alta presión

Figura 3.50

a.3. Regulación del aire y sistema purga de aire

Los sistemas de regulación del aire y purga de aire en el HR2/HR2.5 son ilustrados en la Figura 3.51. Estos sistemas automáticos controlan la presión de operación del compresor y alivian toda la presión cuando la unidad es detenida. El dispositivo es la UL-88 quien opera el sistema de la siguiente forma:

La presión de aire en el tanque separador es dirigida dentro de la cámara de medida (1) de la UL-88 donde es bloqueada por la aguja de medida (2). La aguja de medida está mantenida en posición por la presión del resorte y la presión de aire que controla el regulador (3) en el panel de control del operador.

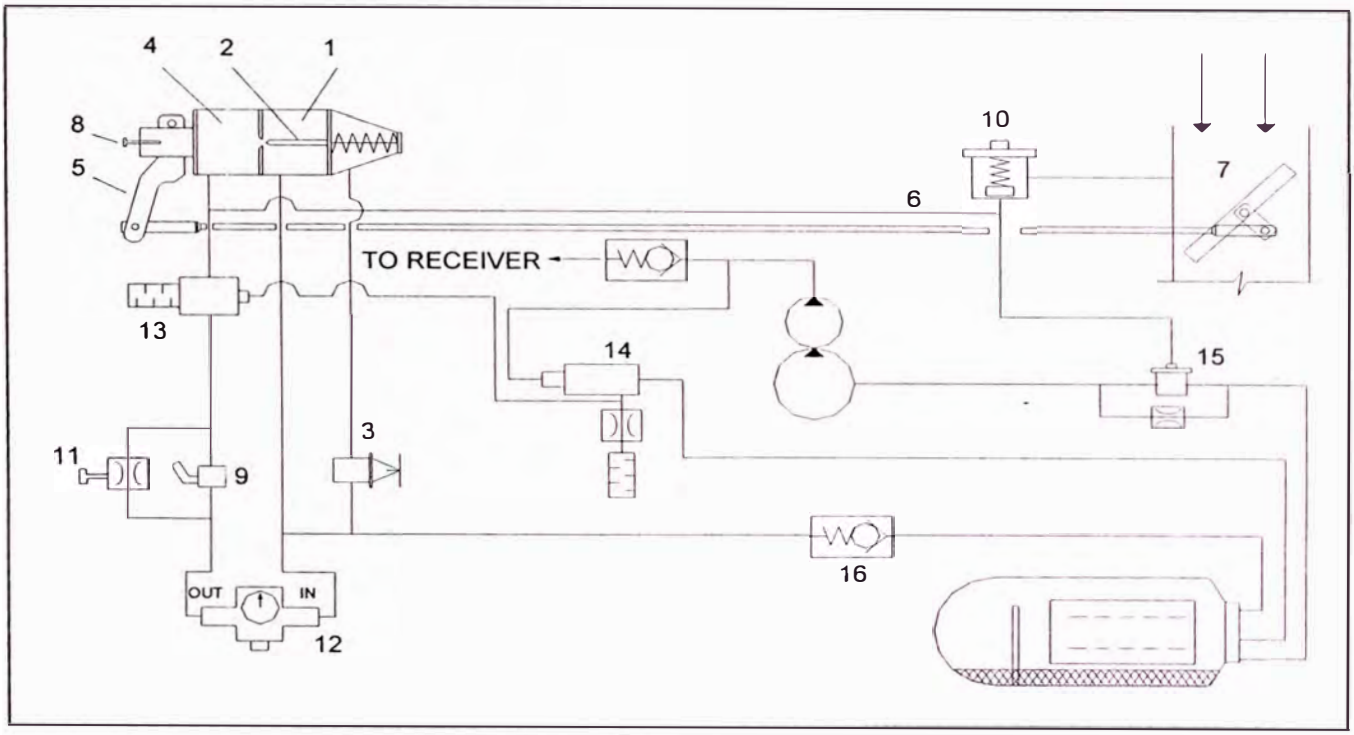
Cuando la presión en el separador es lo bastante grande para levantar la aguja de medida de su asiento, la presión de aire comenzara a entrar a la cámara de fuerza (4) y empujará el brazo de control (5) cargado a resorte. Parte de la presión en la cámara de fuerza está constantemente escapando hacia la admisión del compresor a través del orificio fijo (6) en la válvula de alivio de la cámara de fuerza. A medida que la presión en el tanque separador aumenta, la aguja de medida se desplaza cada vez más de sus asientos, pasando más y más aire a presión dentro de la cámara de fuerza.

Cuando la presión alcanza las 50 psig, el brazo de control se desplaza totalmente llegando a su tope, cerrando la válvula mariposa (7) y descargando el compresor. El brazo de control tiene un perno tope (8) que previene el atascamiento de la válvula mariposa en su posición cerrada.

El interruptor carga-descarga (switch ON-OFF) (9) permite que la presión del estanque separador sea desviada de la cámara de medida, enviándola directamente a la cámara de fuerza durante la partida. Quedando en descarga el compresor cuando la presión en el tanque separador alcanza aproximadamente 120 psig, permitiendo al compresor la lubricación con aceite caliente antes de poner la unidad a la plena carga. La válvula de alivio de la cámara de fuerza (10) abre cuando la presión fluctúa en la cámara de fuerza, por ejemplo, si el operador pone el switch carga-descarga a la posición descarga (OFF) con alta presión en tanque separador. La válvula de ajuste de flujo (CFM) (11) es utilizada en ciertas condiciones para control del aire en la cámara de fuerza para prevenir que la válvula de admisión oscile. La válvula reductora de presión (12) reduce la presión del tanque separador aproximadamente a 100 psig para proteger los componentes del sistema de regulación. La válvula automática de purga de aire (14) está normalmente abierta al pilotaje (presión de aire) es para cerrarla. Cuando el compresor esta funcionando, la presión piloto esta tomada desde la descarga del compresor antes de la válvula check, manteniendo la válvula automática de purga cerrada.

Cuando la unidad es detenida, el compresor no comprime aire y la presión piloto para la válvula de purga se pierde. Esto permite que la válvula abra y el aire a presión contenido en el estanque separador ventee a la atmósfera a través de un orificio y silenciador.

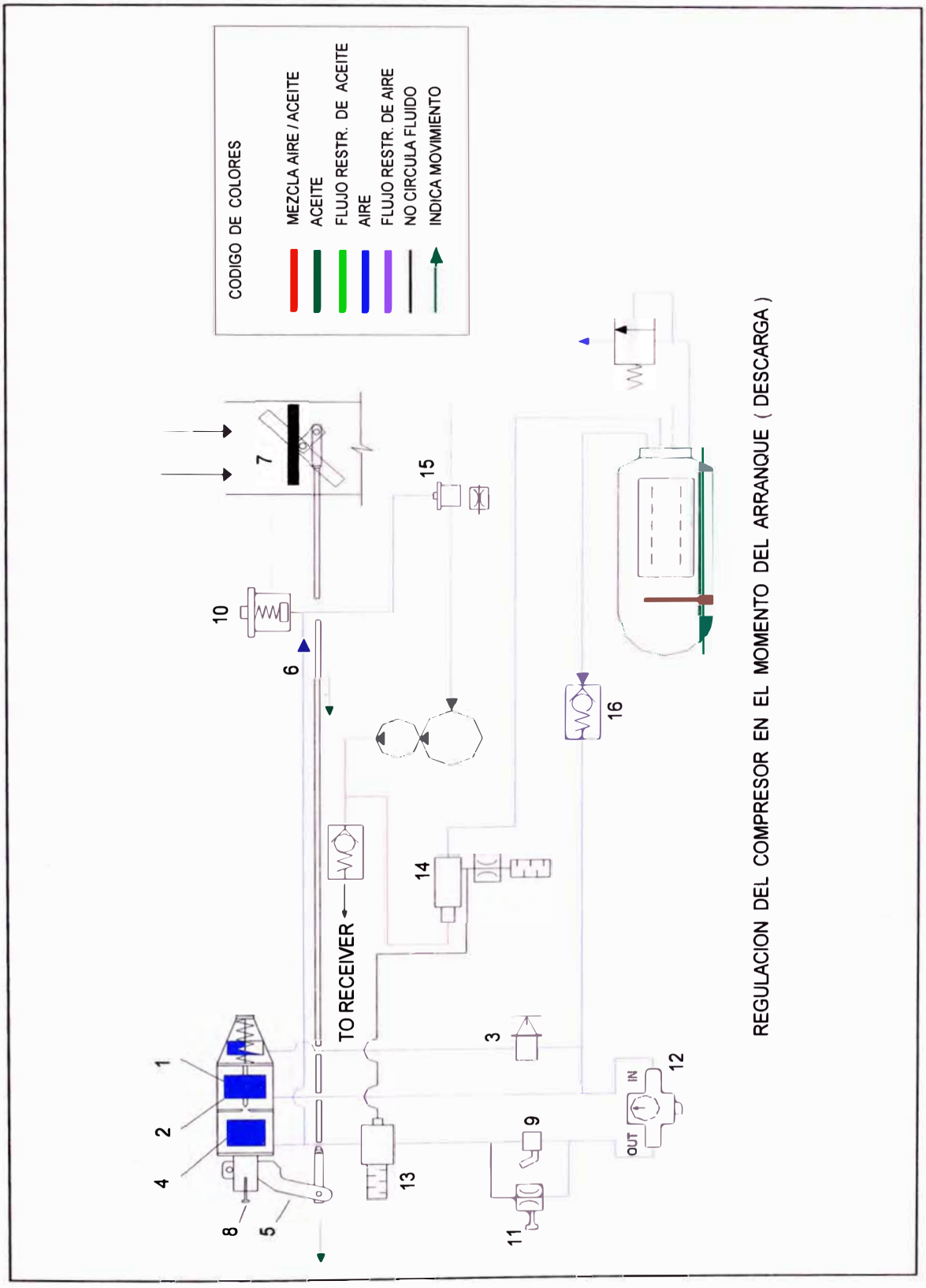
Este orificio restrictor de flujo de aire origina una caída de presión, que es usada para cerrar la válvula automática de detención (13). Cuando esta válvula es cerrada, la presión de aire en el estanque separador hacia la UL-88 es interrumpida de tal forma que la admisión del compresor se abra, permitiendo que cualquier aire a presión contenido entre la válvula mariposa y la válvula no retorno en la descarga sea aliviada hacia la atmósfera.



Sistema de regulación de aire y purga de aire en el HR2 / HR2.5
Figura 3.51

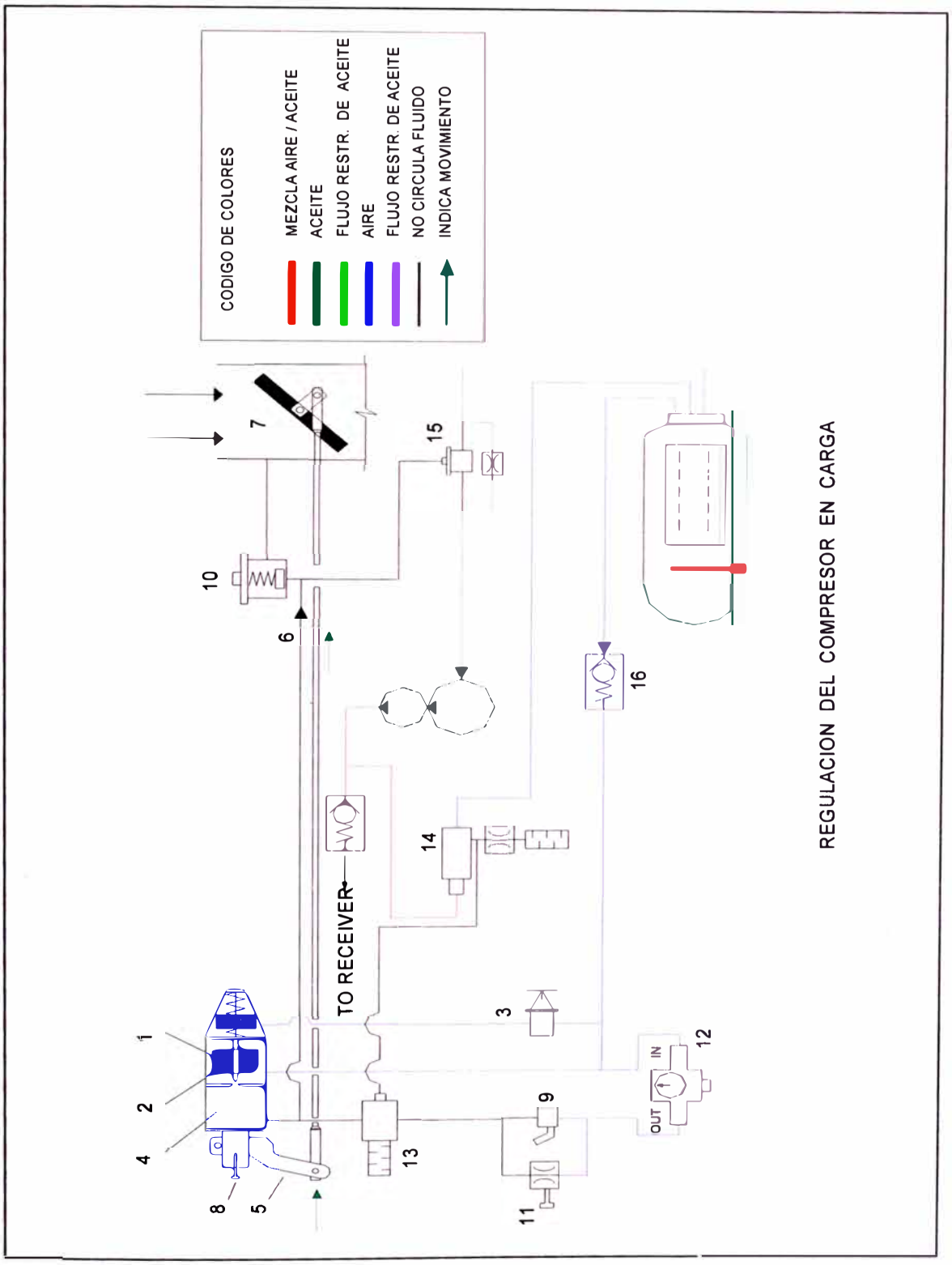
En las siguientes paginas se muestran las distintas condiciones de funcionamiento del sistema de regulación en un compresor de alta presión.

1. Condición de descarga al arrancar la perforadora Figura 3. 52
2. Al entrar en carga la unidad, existiendo consumo de aire Figura 3.53
3. Cuando no hay consumo de aire (en carga), una vez que llega a la presión máxima (350 psig) o de regulación (entre 150 psig a 350 psig) Figura 3.54
4. En el momento en que se detiene la perforadora (previo haber puesto en descarga) y el aire atrapado en el estanque separador comienza a purgarse (desfogue) Figura 3.55



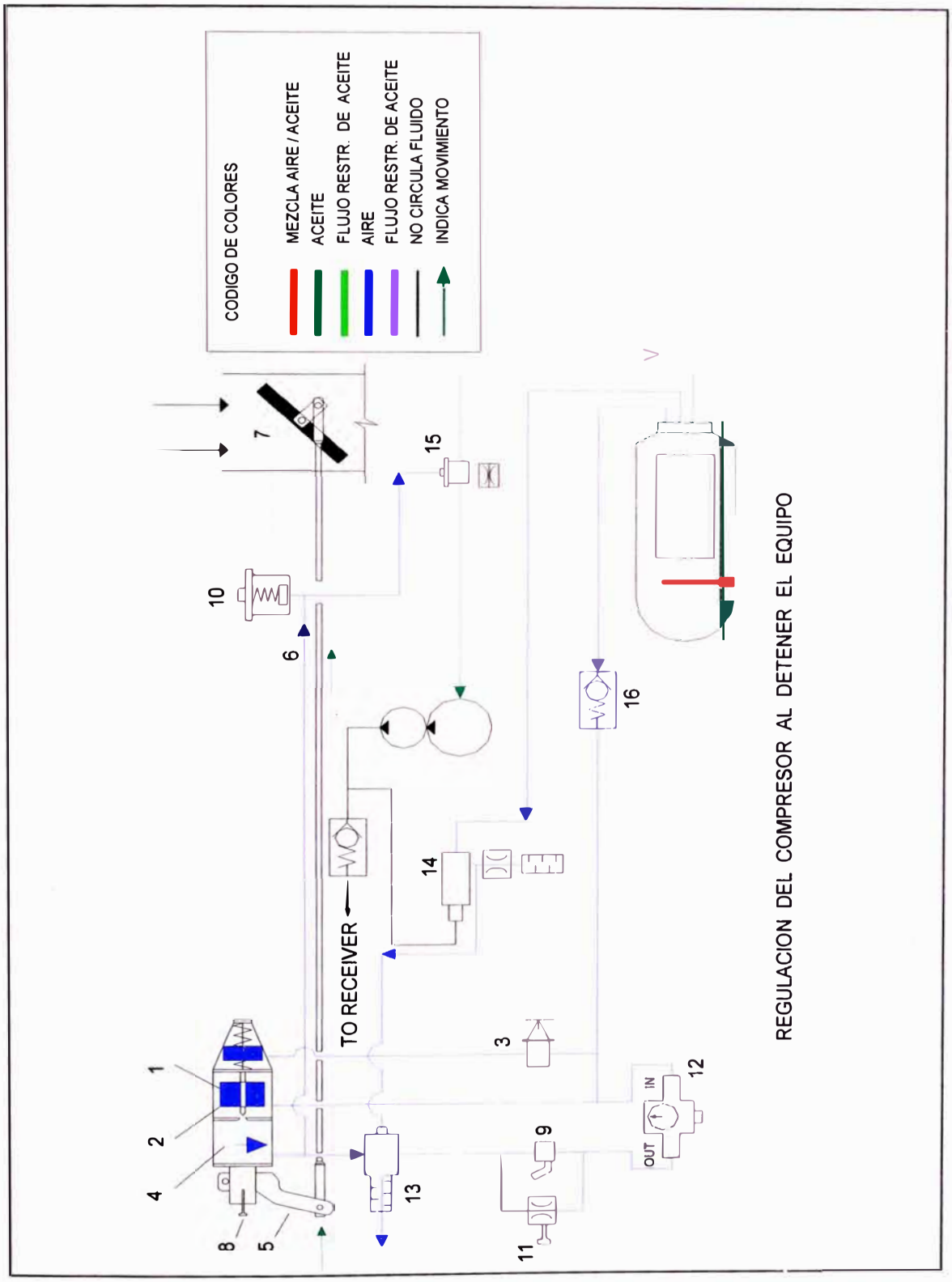
Condición de descarga al arrancar la perforadora

Figura 3.52



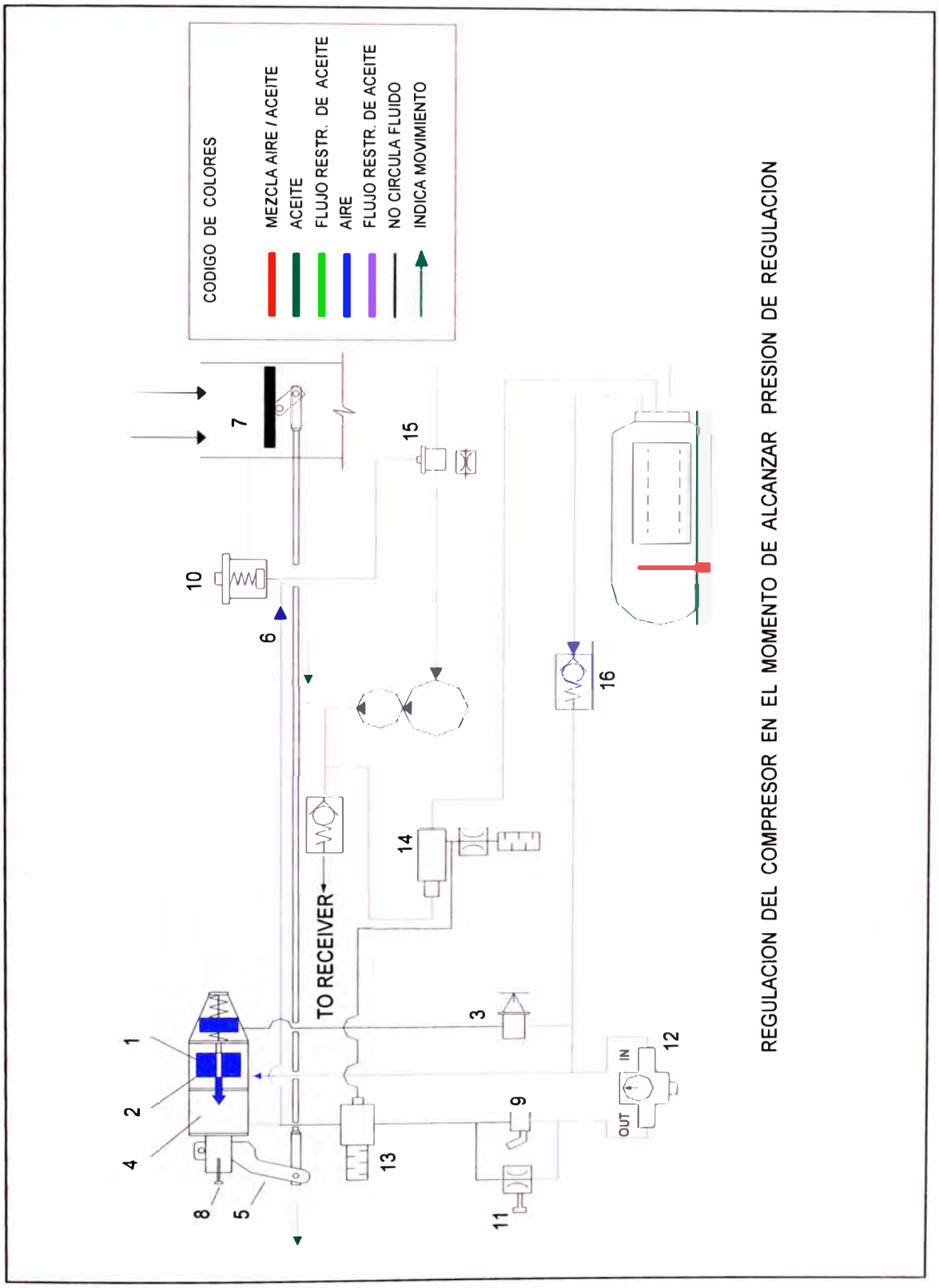
Sistema en carga existiendo consumo de aire

Figura 3.53



Sistema en carga sin consumo de aire

Figura 3.54



Sistema en descarga

Figura 3.55

b. Sistema del Compresor XL (baja presión)

El sistema de compresor de aire de baja presión o "XL", posee tres sistemas. Un sistema cerrado de lubricación, un sistema de aire comprimido y un sistema de regulación. Cada uno de estos sistemas tiene componentes, cuyo fundamento de operación es descrito seguidamente:

b.1. Estanque separador y bomba de aceite

b.2. Válvula termostática o mezcladora y enfriador

b.3. Filtro (sistema de lubricación)

b.4. Compresor (sistema de lubricacion)

b.5. Limpiadores de aire en la admisión (filtros de aire)

b.6. Compresor (sistema de aire comprimido)

b.7 Estanque separador (sistema de aire comprimido)

b.8. Línea de barrido

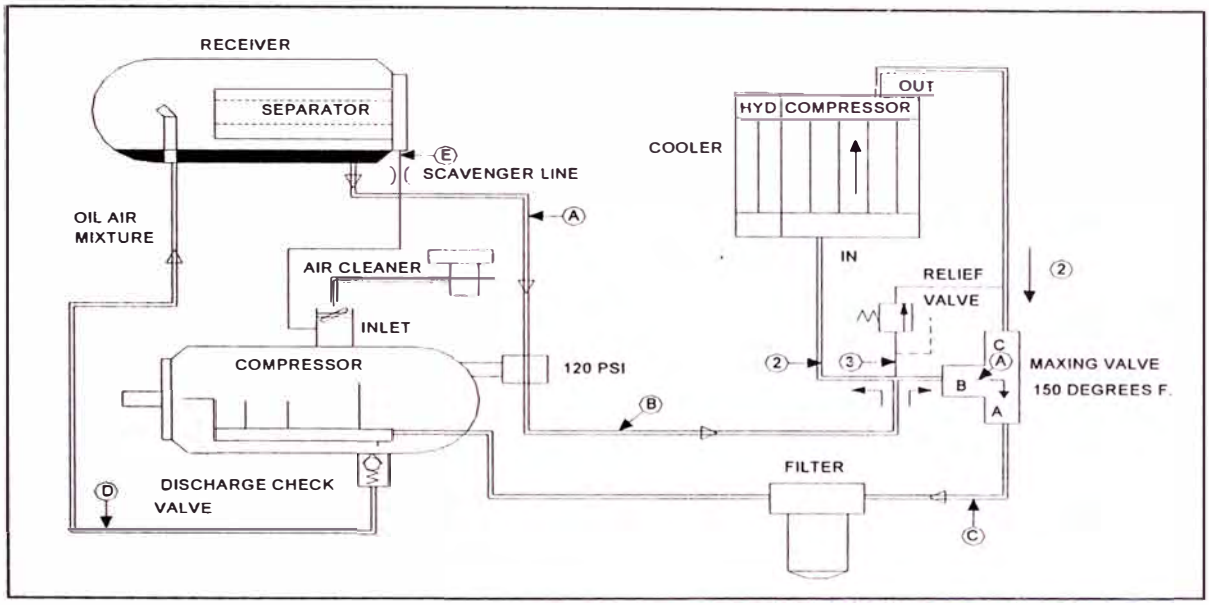
b.9. Sistema anti – ruido

b.10. Válvula de presión mínima

b.11. Válvula de operación manual

b.12. Línea principal de aire

b.13. Regulación de aire



Sistema del compresor baja presion (XL)

Figura 3.56

b.1. Estanque separador y bomba de aceite

El aceite es almacenado en el estanque separador y cuando el compresor arranca el flujo de aceite es descargado por el fondo del estanque a través de la línea A que llega a la bomba de aceite. La bomba de aceite es del tipo de engranajes de desplazamiento positivo y gira impulsada por uno de los rotores del compresor. El aceite es desplazado desde la bomba hacia al a entrada de la válvula termostática ó mezcladora.

b.2. Válvula termostática ó mezcladora y enfriador

Cuando el flujo de aceite alcanza la válvula termostática por la línea B, el fluido puede tomar una o dos direcciones dependiendo de la temperatura del aceite. Uno (1) el flujo de aceite frío pasa directamente de B hacia A, porque el termostato está abierto y la válvula ofrece una restricción baja al paso del aceite. Después que el compresor ha estado operando por algún tiempo el aceite comienza a tomar temperatura, el termostato empieza a cerrarse en B, forzando a parte del aceite tomar el camino dos (2), hacia el fondo del enfriador. Esto causa que el flujo de aceite salga desde la parte superior del enfriador y en la válvula termostática circula de C hacia A. Cuando el aceite este sobre los 65.5 C(150 F)

el termostato en B cerrará completamente forzando todo el aceite a circular de C hacia A, a través del enfriador. Por B no se permitirá el paso de aceite. Si la presión diferencial entre la entrada y salida del enfriador excede de 50 psig, la válvula de alivio abrirá y permitirá que el aceite tome el camino tres (3) desde la bomba de aceite a través de la válvula de alivio hacia C y saliendo por A, evitando el enfriador.

b.3. Filtro (sistema de lubricación)

Un filtro by pass de 10 u. (micrón) está localizado en la línea de aceite, línea C, antes del compresor. Esto asegura un flujo de aceite limpio a través de los orificios de entrada de aceite a los rodamientos del compresor y rotores. El filtro está equipado con una válvula desviadora de retención para permitir que el aceite sin filtrar alcance el compresor si la presión diferencial a través del elemento llega a 25 psig.

b.4. Compresor (sistema de lubricación)

El aceite limpio y refrigerado ingresa al manifold y de ahí directamente a los rodamientos y rotores del compresor. Este aceite lubrica el compresor, ayuda a sellar los tornillos hermanados (macho y hembra) y refrigera el aire comprimido. El aceite es forzado a salir por la línea de descarga del compresor junto con el aire comprimido y es enviado al estanque separador a través de la línea D. Una válvula de retención previene que parte del aceite y/o aire comprimido retorne al compresor cuando la perforadora es detenida.

b.5. Limpiadores de aire en la admisión (filtros de aire)

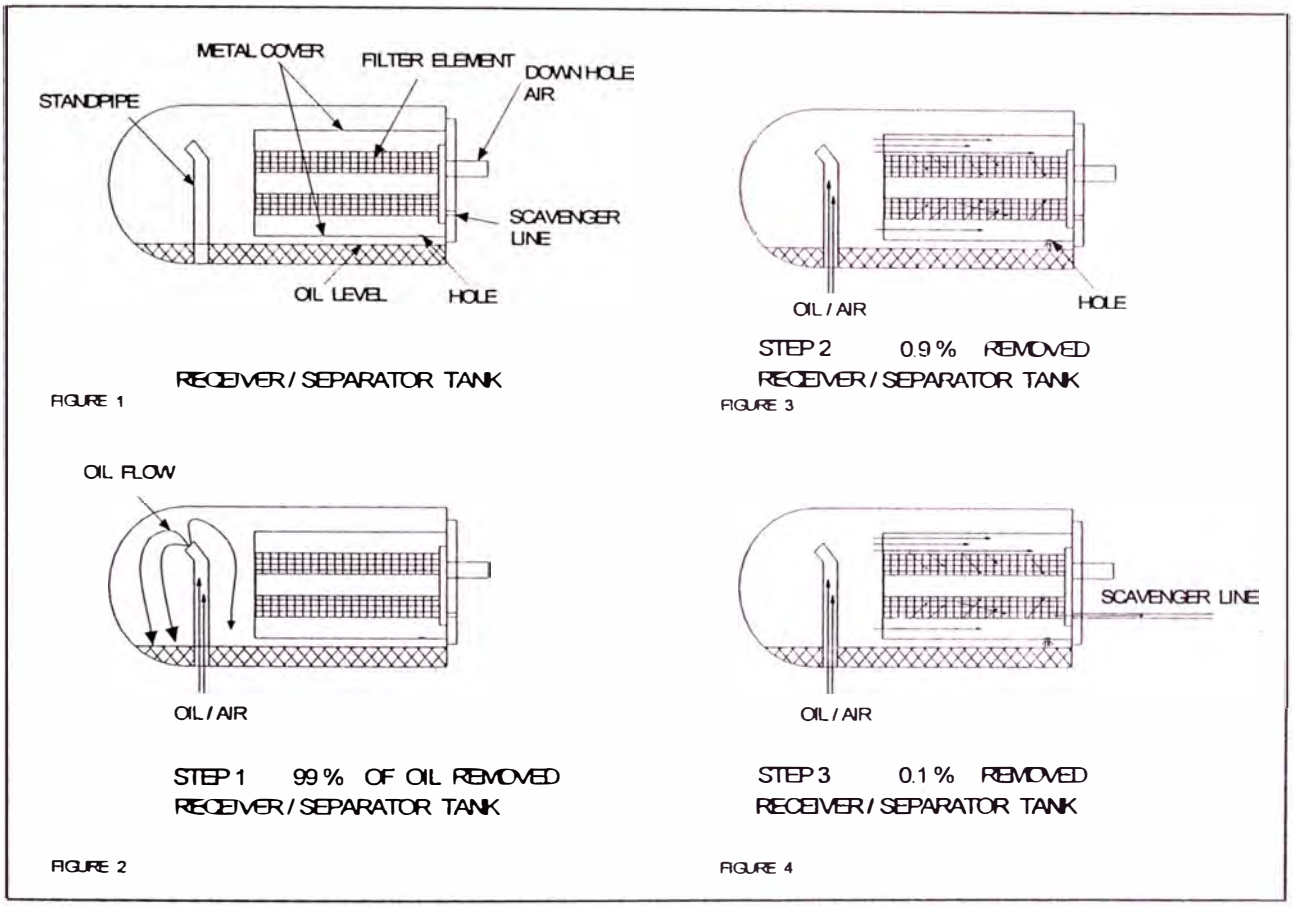
El aire atmosférico es filtrado a través de los limpiadores de aire del tipo seco, donde mas del 99,9% de las partículas de polvo son retenidas. En seguida el aire es conducido por un ducto hasta la admisión del compresor. El paso del aire es controlado por una válvula mariposa. Cuando la válvula esta abierta, el flujo de aire entra al alojamiento de los rotores donde es comprimido. Cuando esta cerrada, un vacío es creado bajo el área de admisión.

b.6. Compresor (sistema de aire comprimido)

El compresor está diseñado para contener dos rotores, uno macho y uno hembra. El macho tiene un lóbulo mas que la hembra. El alojamiento de los rotores esta diseñado para proveer una tolerancia muy estrecha entre los rotores y su alojamiento para mantener su eficiencia. El sistema de aceite sella algún escape en las partes hermanadas de los rotores. El flujo real que es aspirado a la admisión desde fuera por el giro centrifugo de los rotores, entra indirectamente alrededor de los rotores arrastrándolo hacia adentro desde la parte superior y descargado por la parte inferior del otro extremo del compresor.

b.7 Estanque separador (sistema de aire comprimido)

El estanque separador actúa como un almacenador para el aceite y un recipiente de presión para el aire comprimido. A medida que el aire y el aceite entran al tanque a través de un tubo en ángulo que genera una fuerza centrifuga que afecta el aceite en el interior del tanque haciéndolo dar vueltas hacia abajo hasta que choca con el aceite depositado en el fondo de el tanque. La mayoría del aceite es reunido de esta forma. El resto en la forma de neblina, depositado en el interior del elemento separador. El elemento separador es un filtro que consiste de una cubierta metálica con un elemento de medio fibroso en su interior. La cubierta exterior fuerza al aire mezclado con aceite para entrar solamente por el extremo abierto del elemento. Con la mezcla de aire y aceite alrededor y en el interior del elemento, el aceite es separado por la fuerza centrifuga y de gravedad. El aceite cae al fondo del tanque a través de un pequeño agujero en la cubierta de metal.



Estanque separador

Figura 3.57

b.8 Línea de barrido

Algo de aceite que emigra al interior del elemento separador (filtro) podría ser removido hacia el fondo del pozo junto con el aire de perforación si este no es removido antes que el nivel de aceite alcance la altura del tubo de salida. Para evita esto opera el sistema de barrido. Un extremo de la línea de barrido esta localizada en el fondo del elemento y la otra en la admisión del compresor. Si esta línea no tuviera una restricción, una excesiva cantidad de aire se perdería, por esta razón esta línea tiene instalado un orificio. La presión diferencial fuerza la mezcla de aire y aceite fuera del separador hacia el compresor. Algún aceite que es almacenado en el fondo del separador es transportado hacia la admisión del compresor. Esto mantiene un flujo limpio, libre de aceite en la línea de aire principal.

b.9. Sistema anti-ruido

Cuando el compresor está operando con la válvula mariposa cerrada, un vacío es generado debajo de la válvula. El aceite que es bombeado al interior del compresor cavita mientras esta válvula esta cerrada y da como resultado un ruido ensordecedor. El aceite no es compresible así que cuando éste es forzado alrededor de los rotores sin aire externo se produce un golpe de reacción en los rotores, este sonido es como el de una bomba cavitando. Para prevenir esto una válvula anti – ruido es instalada en este sistema. Cada vez que la admisión del compresor es cerrada, la válvula anti-ruido se abre y una cierta cantidad de aire es tomada desde el estanque separador y conducida por una línea hasta la admisión del compresor, bajo la válvula. Este volumen de aire cuando es mezclado con el aceite es suficiente para actúa como un cojín y prevenir algún ruido. En algunas perforadoras la válvula anti-ruido esta instalada en la línea de barrido permitiendo un camino paralelo para la mezcla de aire aceite que es tomada desde el e elemento separador. Cuando el compresor inicia su operación, el exceso de aceite dentro del separador retorna al compresor a través del orificio, después la válvula anti-ruido es cerrada. Pero cuando el compresor cierra su admisión, la válvula anti-ruido abre y permita que mas aire circule a través del sistema.

b.10. Válvula de presión mínima

En ciertos tamaños de compresores , una válvula de presión mínima se requiere para sostener una presión de aire en el tanque para forzar el aceite hacia el sistema de lubricación. Esta válvula permite que el máximo flujo de aire salga por la línea principal de aire hasta que la presión baje de la presión de seteo de la válvula, en este momento la válvula cerrara y restringirá el flujo de salida de tal forma que la presión mínima se mantenga en el tanque, en los compresores XL1600, XL1800 y XL1900 no debe bajar de 65 psig. Esta válvula al mismo tiempo es usada para mantener la presión de aire para la operación del colector de polvo y otros equipos auxiliares.

b.11. Válvula de operación manual

En ciertas perforadoras una válvula es usada para girarla a posición ON/OFF. Esta también podría ser operada remotamente.

b.12. Línea principal de aire

Mangueras y tuberías se conectan desde el estanque separador hasta la torre y suben hasta el cabezal de rotación, a esto se le conoce como "línea principal de aire". La presión en el pozo es usualmente medido en la línea principal mientras que la presión en el estanque separador es medida antes de la válvula de presión mínima.

b.13. Regulación de aire

Este sistema controla automáticamente la presión de operación del compresor. La operación del compresor se controla por medio de la válvula mariposa, ubicada en la admisión de aire al compresor. Esta válvula es accionada por un cable comandado desde la cabina. Cuando el operador acciona la palanca a la posición "ON" en la consola de controles, el resorte del cilindro abre la válvula de mariposa. Colocando la palanca a la posición "OFF" la válvula mariposa cierra por la acción del cable, de esta forma se evita el paso del aire al compresor, entrando este en descarga.

Si existiera una obstrucción en la línea de aire principal como por ejemplo una broca tapada, la presión del sistema se incrementara hasta que sea lo suficientemente alta para liberar dicha obstrucción. Si la presión del sistema continua incrementándose arriba de 100 psi, el aire comenzara a pasar a través de una válvula de alivio regulada a 100 psig, entonces el cilindro de aire comenzara la carrera cerrando la válvula de mariposa aunque la palanca en la consola este en posición "ON". Cuando se elimina la obstrucción, la presión cae y la válvula de alivio cierra. El aire en el cilindro es liberado a la atmósfera, el resorte se contrae por la acción del resorte abriendo la válvula de mariposa, entrando en carga nuevamente el compresor.

3.5 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de esta unidad corresponde a una lógica de relés. En la cabina se tienen los interruptores y botones de accionamiento de esta unidad. El tablero de control se asemeja al tablero de los controles eléctricos comúnmente encontrados en las Plantas industriales.

CAPITULO 4

4.0 MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE LA PERFORADORA DMM2

En este capítulo inciaremos explicando los conceptos fundamentales del mantenimiento, historia del mismo y los tipos de mantenimiento existentes. Luego se describen los procedimientos de ejecución de mantenimiento de la perforadora DMM2 aplicados en Antamina por lo cual tenemos el siguiente desarrollo:

A. Conceptos fundamentales del mantenimiento.

a. El mantenimiento.

a.1. Definición.

a.2. Objetivos.

b. Historia del mantenimiento.

c. Evolución del mantenimiento.

d. Tipos de mantenimiento.

B. Mantenimiento de la perforadora DMM2 en Antamina.

a. Objetivo.

b. Politica de mantenimiento.

c. La organización.

d. Procedimientos.

A. Conceptos fundamentales del mantenimiento.

a. El mantenimiento

a.1. Definición.

La definición de mantenimiento ha sufrido variaciones en el tiempo. En el pasado se definía como:

"Acciones que se ejecutan para garantizar la disponibilidad y seguridad de los sistemas productivos asi como la conservación del activo fijo". Ref. Colegio de Ingenieros del Perú. Ing. Pedro Vargas Gálvez – 1995.

La definición clásica del mantenimiento industrial:

"Ciencia aplicada al estudio de la operatividad de las máquinas y/o equipos; tiene como propósito: Mantener, es decir realizar todas las operaciones necesarias que permiten conservar el potencial optimo de los equipos y materiales a fin de asegurar la continuidad y la calidad de la producción. Conservar en mejores condiciones de tiempo y costo, evitando el crecimiento de males mayores". Publicación de Ingeniería de Mantenimiento. Ing. Luis Reyes, Ing. José Ocampo.

Definición actual / futura del mantenimiento:

"Garantizar la disponibilidad de la Instalación para atender el Programa de producción con calidad, productividad y asegurar costos adecuados". Ing. Pedro Vargas – Colegio de Ingenieros – 1995.

- "Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir una máquina / equipo a las condiciones que le permitan desarrollar su funcion". Ing. Andrés Rios – Rios & Asociados Ingenieros Consultores Especialistas en Gestión del Mantenimiento - Chile.

a.2. Objetivos.

Conservar el instrumento de producción, cumpliendo con ciertos parámetros de control, programas específicos y teniendo en cuenta los siguientes imperativos:

Calidad del producto.

Costo mínimo de producción.

Seguridad del personal.

Seguridad de las instalaciones.

b. Historia del mantenimiento

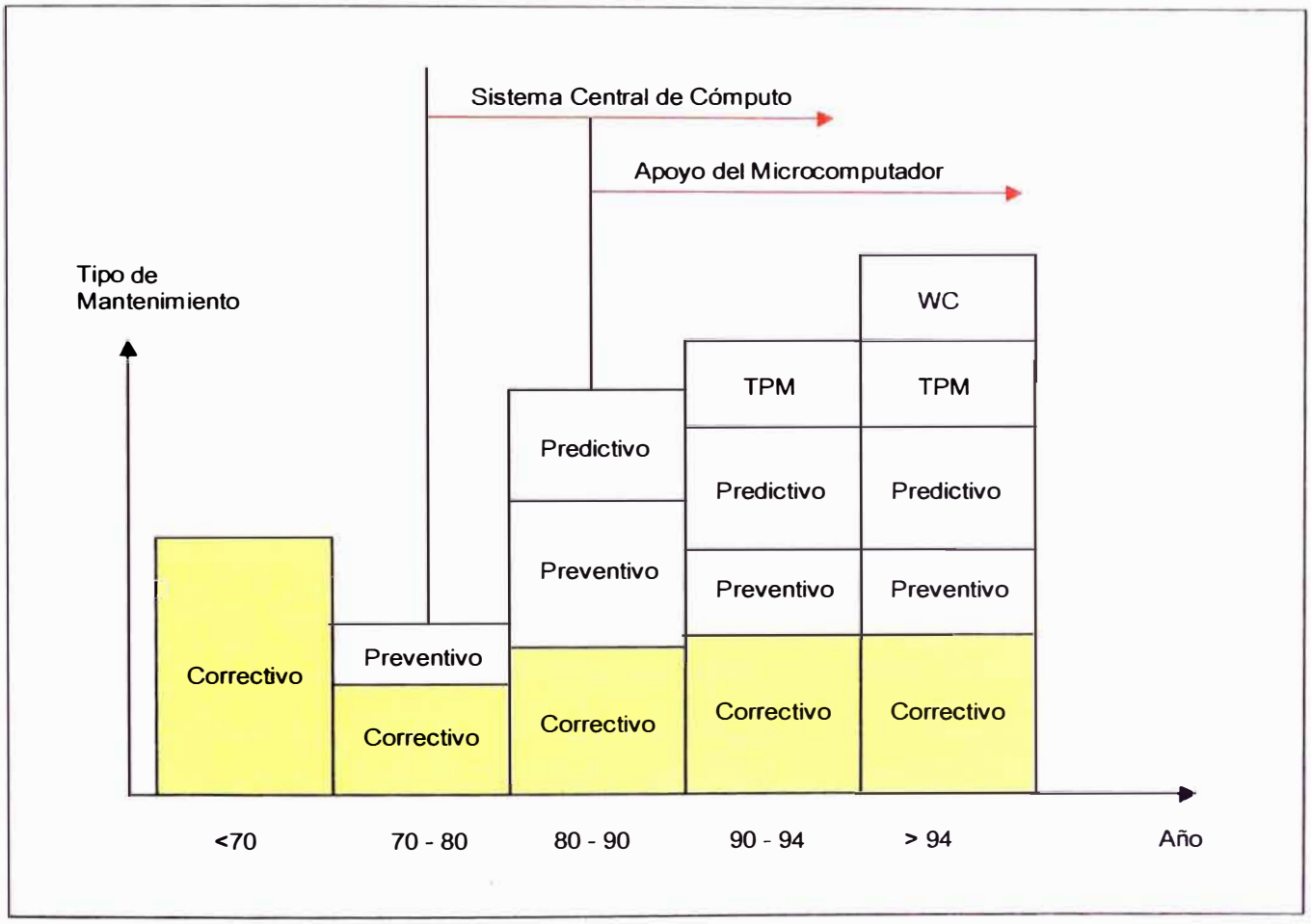
El mantenimiento nace cuando el hombre comienza sus actividades artesanales y creadoras (herramientas, armas y otros.). Desde el maquinismo hasta fines del siglo XIX se evidencia mayor necesidad de mantenimiento: Máquinas lentas, diseños y materiales con desperfectos, sobredimensionadas, producciones unitarias bajas, sin automatismos, operador realiza reparaciones a la falla, único familiarizado con la máquina, aparecen los primeros talleres para atención de urgencia, no hay prevención y la organización es elemental.

Hacia 1925 el mantenimiento comienza a organizarse en forma más científica, se piensa en reparar antes del desgaste o la rotura. Comienza a planificarse las reparaciones para un tiempo prefijado, este proceso se perfeccionea hasta el inicio de la 2da. Guerra Mundial (1940). La guerra exige continuidad de servicio para maximizar la producción a cualquier costo en las fábricas. El período de post guerra implica que el mantenimiento queda ligado a los costos y se perfecciona el sistema de mantenimiento preventivo.

Hacia 1960 el mantenimiento predictivo comienza su desarrollo en los países anglosajones. La crisis energética de los 70´s también exige a las administraciones a actuar sobre los servicios, implicando mejorara la eficiencia de los servicios y su optimización. Comienza mayor preocupación por el tema de la calidad, medio ambiente y seguridad, surgen nuevos enfoques TPM, RCM.

c. Evolución del mantenimiento

El mantenimiento ha sufrido cambios en el tiempo por lo que podemos decir que ha evolucionado. En capítulo 4 correspondiente a la gestión del mantenimiento estudiaremos el mantenimiento desde el punto de vista organizacional y de políticas de un empresa dedicada al mantenimiento en el sector minero. Volviendo al tema de la evolución del mantenimiento, haremos un listado de los tipos de mantenimiento que son reconocidos por los que realizamos mantenimiento, que dada la abundante literatura concluimos que el fondo es el mismo, la forma es la que hace que cada tipo ó técnica en la aplicación tenga una denominación particular. Hemos realizado el esfuerzo de clasificar todos los nombres referidos a tipos de mantenimiento que hemos encontrado en la literatura utilizada para este propósito:



Evolución del mantenimiento

Figura 4.1

d. Tipos de mantenimiento

La diversidad de clasificaciones nos lleva a recopilar todas las denominaciones encontradas y orientarlas a unificar dicha información definiendo dos grupos y dentro de los cuales se introducen los tipos de mantenimiento, quedando de esta forma:

d.1 Mantenimiento planificado.

d.1.1 Preventivo.

d.1.2 Predictivo.

d.1.3 Proactivo.

d.1.4 TPM

d.1.5 World Class

d.2 Mantenimiento no planificado.

d.2.1 Correctivo.

d.1 Mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado es el que se puede programar para su ejecución de acuerdo a los niveles de riesgo sobre los indicadores de mantenimiento. El mantenimiento planificado tiene las siguiente sub-clasificación:

d.1.1 Preventivo.

d.1.1.1 Mantenimiento Inspectivo.

d.1.1.2 Mantenimiento Preventivo.

d.1.1.3 Reparaciones Mayores Programadas.

d.1.1.4 Reparaciones Menores y Misceláneas Programadas.

d.1.1.5.Trabajos Diferidos ó "Backlogs".

d.1.2 Predictivo.

d.1.3 Proactivo.

d.1.4 TPM

d.1.5 World Class

d.1.1 Preventivo.

Es un concepto general que implica aplicar técnicas de mantenimiento cuyo principio es la prevención de las fallas de manera planificada. La explicación de cada uno de los conceptos de la siguiente sub-clasificación define el actual concepto de mantenimiento preventivo:

d.1.1.1 Mantenimiento Inspectivo.

La labor de inspeccion es realizada aprovechando las ventanas de oportunidad que se tiene cuando el equipo ha parado o el operador esta en horas de refrigerio. Se tiene un formato para hacer una revisión rápida del equipo por sistemas. El objetivo es buscar alguna falla o indicio visual para poder programar trabajos preventivos.

d.1.1.2 Mantenimiento Preventivo.

Es el clásico sistema de mantenimiento programado en períodos uniformes y de acuerdo con las recomendaciones de intervalos de mantenimiento que proporciona cada Fabricante. El término comúnmente utilizado para denominarlo es el de "PM" (Preventive Maintenance), cada PM es realizado en un período de tiempo determinado de horas máquina. La ejecución de este mantenimiento se hace siguiendo una hoja de servicio donde se detallan las actividades a seguir. Cada hoja de servicio es preparada de manera personalizada por el correspondiente PM. Posterior a la explicación presentamos los formatos de hoja de servicio (Check List) utilizados en Antamina para la perforadora hidráulica. Este mantenimiento es realizado según las recomendaciones de fabricante y están especificados en las hojas de servicio. El personal de administración de mantenimiento mina de acuerdo con la realidad de las condiciones de su operación fijarán dicho intervalo, en las hojas de ruta se especifican de acuerdo con las horas operadas por cada componente de una máquina y de acuerdo con la vida estimada del lubricante los cambios de aceite, también se cambian o reemplazan filtros de los diversos sistemas. Dependiendo del componente, estado del componente, tipo de operación, condiciones de predictivo el administrador de mantenimiento fijará si se cambia anticipadamente o no. La finalidad siempre es alcanzar alta disponibilidad a un costo adecuado. Es común encontrar intervalos de mantenimiento de 250 Hrs. En las operaciones mineras. En la actualidad los avances en los sistemas mecánicos y de aceites nos permiten incrementar dichos intervalos de mantenimiento. Toda mejora siempre es evaluada desde un punto de vista de costo-beneficio.

d.1.1.3 Reparaciones Mayores Programadas.

Comunmente llamada "OVERHAUL". Es la reparación programada de un componente o varios componentes que por su costo o importancia dentro del conjunto de máquina son considerados componentes mayores. Las reparaciones mayores programadas se efectúan por horas de operación de dichos componentes. Por ejemplo el motor de la perforadora DMM2 tiene proyectado operar 12000 Hrs. Puesto que a esa cantidad de horas se

recomienda ejecutar la reparación a cero horas de dicho componente evitando el riesgo de fallas puesto que ciertas partes del motor como los cojinetes, anillos, pistones ú otros tienen un tiempo de vida proyectado en base a horas de operación. Con las reparaciones mayores programadas se logra iniciar un nuevo ciclo de vida para dicho componente o componentes reparados. Hay muchos criterios que se toman para proyectar el PCR (vida proyectada previa a su reparación) de un componente mayor. Esto dependerá del factor de servicio, del factor de carga, para los motores se puede tomar el criterio de combustible quemado o consumido y las técnicas predictivas que se soportan en el monitoreo de condiciones, emisión de partículas metálicas, y desempeño del componente como la presión del turbocompresor, el consumo de aceite la presión del cárter y otros. Al final el PCR es un valor que tiene implicancia directa con el costo-beneficio al que incurrirá el propietario de un equipo. Si la proyección es incorrecta se peude llegar a tener fallas catastróficas las cuales tienen sobrecostos que elevan los costos de reparación frente a una reparación antes de la falla o reparación programada.

En un camión de fuera de carretera se considerarán componentes mayores a:
Motor / Transmisión / Convertidor de torque / Mandos Finales / Diferencial / Ruedas / Cilindros de levante / Cilindros de suspensión / Cilindros de dirección.

Para un equipo de una flota auxiliar como un cargador de ruedas tendremos los siguientes componentes considerados mayores:
Motor / Transmisión-Caja de transferencia / Convertidor de torque / Mandos Finales / Diferenciales / Cilindros de levante, volteo, dirección.

Como se observa siempre es posible definir cual es un componente mayor en nuestra máquina. Fabricantes como Caterpillar tienen clasificados la totalidad de los componentes por sistemas. Los componentes estructurales como la tolva, el castillo, ejes, guardas, ROPS y otros pueden ser consideradas como reparaciones mayores programadas.

En el capítulo 5 se detallan los PCR´s utilizados para proyectar las reparaciones programadas para esta unidad.

d.1.1.4 Reparaciones Menores y Misceláneas Programadas.

De la misma manera en cada sistema se pueden clasificar los componentes menores. Normalmente el componente menor los es por su costo y por el tiempo de vida previa a su reparación. Un componente menor por ejemplo es el turbo compresor, el alternador, bombas hidráulicas, juntas carlancas, inyectores, motor de arranque entre otros. Cada máquina tiene sus respectivos componentes menores también fácilmente identificables. Las reparaciones menores programadas son tambien llamadas programas de media vida. Para definir el PCR de los componentes menores se debe tener buena información de las recomendaciones del fabricante y adecuarlos a la realidad de la operación en mina pudiendo acortar los períodos recomendados. En este punto al igual que los compnentes mayores la definición del PCR para los componentes menores tendrá una implicancia en los costos de mantenimiento de los equipos. Los misceláneos son dispositivos de menor costo y de falla frecuente, sin embargo hay componentes misceláneos que tienen mayor vida útil y un índice de rotación por falla muy bajos. Así podemos considerar misceláneos a: arnés, conectores, cables de batería, mangueras, interruptores, solenoides, espejos, lamparas, fusibles, indicadores, interruptores de limite, válvulas de alivio, palancas, asientos. Algunas rajaduras, pequeños trabajos de recuperación y soldadura pueden ser considerados como reparaciones menores.

d.1.1.5 Trabajos Diferidos o "Backlogs".

También llamados "Backlogs" Son trabajos importantes cuya ejecución no es requerida de urgencia por lo cual pueden ser programados para realizarse simultáneamente con los de Mantenimiento Preventivos ó en las ventanas de oportunidad, es decir de manera diferida. Estos son originados por varios canales de información mediante reportes que llegan oportunamente de: Inspecciones de campo, Reportes del operador, acciones correctivas, Inspecciones durante el mantenimiento, analisis de aceite, modificaciones de fábrica y solicitudes especiales del cliente. Un trabajo diferido puede considerar cualquier actividad de las antes mencionadas. En las aplicaciones mineras es de común uso. Un buen trabajo de inspección y procesamiento de todos los canales de información permitirá tener

bajo control todas las fallas o problemas existentes en la unidad y pueden ser programados. El concepto siempre debe de ser que un equipo que entre a mantenimiento preventivo debe salir del mismo con cero "0" backlogs. Es decir con esto aseguramos la alta confiabilidad de nuestro equipo.

d.1.2 Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo es una parte del mantenimiento planificado que basándose en el uso de diversas técnicas nos permite detectar el estado de un componente, el inicio de un evento de falla operacional, de mantenimiento y/o material o montaje.

En minería existen departamentos dedicados exclusivamente a efectuar trabajos predictivos. En otras encontramos las áreas de monitoreo de condiciones como en la mina de oro de Yanacocha. En si el mantenimiento predictivo se soporta en el uso de diversas técnicas de análisis de comportamientos físicos y químicos, cuyas tendencias nos dan información selecta de cómo se encuentra el componente. Dentro de todo los disponible en minería de acuerdo a los equipos que se dispone en la actualidad tenemos dispositivos que ayudan a la anticipación y predicción de fallas por ejemplo en los camiones Caterpillar tenemos el Sistema de Información Vital, en inglés VIMS (Vital Information Management System) que monitorea la totalidad de sensores y tiene dispositivos de alarmas con gravadores de eventos que nos dan la información requerida para tomar decisiones con mucha precisión.

En las máquinas modernas los sistemas son controlados por cerebros electrónicos como es el caso de la perforadora DMM2 cuyo motor tiene un modulo de control electrónico que también graban información y proporcionan datos muy importantes para diagnóstico como son los códigos de diagnostico y eventos. Pero esto es sólo una parte. Los efectos de temperatura, abuso operacional, desgastes prematuros dejarán principalmente mucha información en el aceite. De nuestra experiencia el análisis de aceite es para efectuar labores predictivas la principal arma para el administrador de mantenimiento. El aceite recorre las partes internas de cada compartimiento y carga consigo sustancias y partículas en suspensión cuyas tendencias nos dan información sobre el estado del componente.

Por ejemplo es normal encontrar 3 PPM de Na en el aceite de motor a 250 Hrs. De operación. Un valor de 70 PPM de Na puede ser un indicio de pase de agua y refrigerante al aceite. Para determinar la causa raiz de una tendencia anormal se debe tener un pleno dominio y conocimiento de los sistemas de operación del componente motor y aplicar un procedimiento de análisis para ese evento anormal hasta encontrar la causa de dicha falla.

Hay otros instrumentos como el analizador de vibraciones, el contador de partículas, reactivos especiales, ultrasonido, ferrografia etc. El administrador de mantenimiento deberá evaluar el costo beneficio para su aplicación.

d.1.3 Mantenimiento Proactivo:

El mantenimiento proactivo es el mantenimiento al que apuntan las técnicas modernas de mantenimiento. Este mantenimiento consiste en encontrar la causa raiz de una falla no es solo prevenirla ni predecirla es corregirla de raíz. Por ejemplo: tenemos unos cargadores que tienen problemas de temperatura en los paquetes de freno. El mantenimiento preventivo detecta que hay eventos de alta temperatura y degradación del aceite por lo cual se toma la decisión de cambiar el aceite de los mandos finales y el problema quedó resuelto por un periodo de tiempo.

El mantenimiento predictivo confirma que hay partículas de fierro cuya tendencia esta en aumento y que la viscosidad del aceite disminuye incluso la coloración indica cambio por temperatura. Por lo tanto se procede a cambiar el aceite. El problema se volvió a presentar.

En este caso el mantenimiento proactivo analiza todas las posibles causas. Como sabemos toda falla tiene origen: 1.- Operación, 2.- Mantenimiento, 3.- Falla de material o montaje. Luego de una constante investigación se encontró que los operadores no conocían en un gran porcentaje el uso del sistema neutralizador y el variador de toque. Cuya aplicación se traduce en un abuso de frenos.

En conclusión cuando mejor aplicado esta el proactivo seremos más certeros en el diagnóstico de fallas en una operación minera.

d.1.4 TPM

Mantenimiento productivo total. Este concepto es mayormente aplicado en plantas. Es poca la experiencia en equipo pesado en minería. El operador en este caso debe efectuar pequeñas reparaciones definidas y controladas. Esto no es posible por razones de seguridad en las aplicaciones mineras dada la enveragadura y costo de las máquinas.

d.1.5 World Class

Son conjuntos de procedimientos y estándares exigidos en aplicaciones específicas en plantas de producción y de mantenimiento. Esto es parte de las últimas innovaciones en técnicas integrales de mantenimiento. Enlaza todos los ya conocidos

d.2 Mantenimiento no planificado.

El mantenimiento no planificado es el que se aplica cuando ocurre una falla o evento que no puede esperar la tarea de reparación pues su ejecución debe ser inmediata, es decir, es urgente. El mantenimiento no planificado se clasifica en: d.2.1 Mantenimiento Correctivo.

d.2.1 Mantenimiento Correctivo.

Es el nombre que se le da a los trabajos de mantenimiento para efectuar la reparación de una falla o evento cuya ocurrencia ha generado la inoperatividad del equipo y por lo tanto no puede esperar a ser programado. Por ejemplo la falla imprevista de un turbocompresor que minutos antes no presentaba ningún síntoma de falla.

B. Mantenimiento de la perforadora DMM2 en Antamina.

a. Objetivo.

b. Politica de mantenimiento.

b.1. Personal.

b.2. Seguridad.

b.3. Entrenamiento.

b.4. Atención al cliente.

b.5. Garantías.

b.6. Recursos de la Empresa.

b.7. Mantenimiento.

c. La organización.

d. Procedimientos de mantenimiento aplicados.

d.1. Componentes de Protección.

d.2. Stock de protección.

d.3. Mantenimiento.

d.3.1 Planificado.

d.3.1.1. Mantenimiento Inspectivo.

d.3.1.2. Mantenimiento Preventivo.

d.3.1.3. Trabajos diferidos.

d.3.1.4. Mantenimiento Predictivo.

d.3.2 No Planificado.

d.3.2.1. Mantenimiento Correctivo.

a. Objetivo.

Basados en los términos de referecia del contrato de mantenimiento (M.A.R.C.) el suministrador de M.A.R.C. en este caso Ferreyros S.A.A. fija como objetivo cumplir con la "Disponibilidad Contractual". Ver glosario de términos.

b. Politica de mantenimiento.

La Política de mantenimiento aplicada por Ferreyros S.A.A. en su condición de administrador de mantenimiento lo obligaba a lograr la máxima rentabilidad del negocio otorgando el mejor servicio de mantenimiento, para lo cual tuvo que aplicar políticas de gestión de mantenimiento en los siguientes rubros cuya incidencia era considerada alta en el negocio con Antamina, se trataba de hacer rentable el negocio:

b.1. Personal.- Se trabajaron en turnos de 10 días x 10 días para todo el personal al igual que el personal de Antamina. Permitiendo lograr el mejor descanso para el personal por ende alcanzar máximos rendimientos.

b.2. Seguridad.- Al igual que Antamina se siguen todas las normas mineras en cuanto a procedimientos de ejecución de trabajos, transporte y normas de seguridad estrictos.

b.3. Entrenamiento.- Siendo el capital humano lo mas valioso de Ferreyros S.A.A. se fijó como política un agresivo programa de entrenamiento para todo el personal técnico y de supervisores. Los cursos fueron dirigidos el Departamento de Entrenamiento y constaban de entrenamiento básico con tres niveles y con entrenamiento avanzado o específico de máquina por modelo de la misma.

b.4. Atención al cliente.- Siendo el contrato de mantenimiento y reparaciones M.A.R.C. muy sensible en cuanto a la calidad, se fijó como política dar el mejor servicio al cliente, pero respetando lo estipulado en el contrato, lo cual aseguraba la rentabilidad del negocio.

b.5. Garantías.- La mayoría de los equipos vendidos a Antamina tenian garantías de un (01) año por lo que se puso especial cuidado en los reclamos por garantía que hiciera el cliente. En este punto por el tamaño de la flota Ferreyros S.A.A. y las crecientes cantidades de componentes enviadas al Centro de Reparación de Componentes (C.R.C.) se hizo necesario fijar como política acelerar las definiciones de los cargos por reclamos de garantía. En una máquina en período de garantía si el reclamo se hace fuera del plazo establecido por Fabricante, este no reconoce dicha garantía pese a ser una evidente falla del Fabricante.

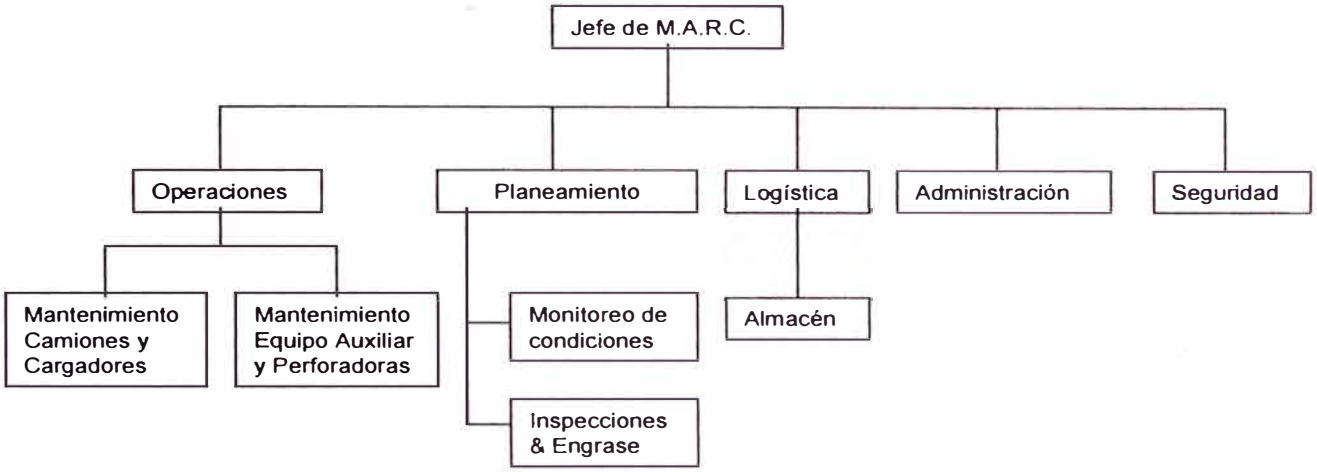
b.6. Recursos de la Empresa.- Se estableció como política el máximo aprovechamiento de los recursos (activos fijos y personal) cuya adecuada administración

redundaría directamente sobre los costos operativos y sobre la rentabilidad del Contrato M.A.R.C.

b.7. Mantenimiento.- La principal directiva fue ejecutar los procedimientos de mantenimiento de los fabricantes, utilización de repuestos originales, aplicación de criterios de operación del fabricante. No reparar componentes mayores en campo y la aplicación de los procedimientos de seguridad en cada acción de mantenimiento ejecutada. Aplicación estricta del mantenimiento Planificado con el objetivo de evitar los mantenimientos no planificados debido al compromiso de disponibilidad contractual.

c. La organización.

Cuando se tiene una flota de equipos como la de una operación minera de la envergadura de Antamina, esta tiene sus propias prioridades en función de los plazos de producción establecidos. Es decir una operación minera se maneja en función de la productividad. Para asegurar la misma, los departamentos de una operación minera deben diseñar la organización de manera adecuada. Normalmente las operaciones mineras se acomodan a las leyes del Estado Peruano. Estas leyes básicamente tienen severas sanciones en lo referidas a la protección del medio ambiente. En la estructura de Antamina se tiene una Superintendencia de Mantenimiento la cual abarca la Planta Concentradora, Mina y Transporte. Los equipos de producción y auxiliares forman parte del mantenimiento Mina. Dentro de este marco los Administradores de mantenimiento por parte de Antamina optaron por conveniente ceder la administración del mantenimiento a un Suministrador de M.A.R.C. (Ver glosario de términos) bajo un contrato. Es decir el Suministrador de M.A.R.C. efectúa la totalidad de trabajos de mantenimiento de los equpos de producción y equipos auxiliares. Por tal motivo la empresa Ferreyros S.A.A. –donde trabaja el autor- llegó a ser el suministrador de M.A.R.C. para C.M.A. y regido por un contrato. Por tal motivo Ferreyros S.A.A. genera su propia organización operativa en mina y ejecuta la totalidad de las labores de mantenimiento bajo el contrato M.A.R.C. La estructura de mantenimiento era la siguiente:



Organigrama del M.A.R.C.

Figura 4.2

d. Procedimientos de mantenimiento aplicados.

Para el mantenimiento de la perforadora DMM2 se siguieron las políticas definidas por la Jefatura del M.A.R.C. y sobre todo aprovechando el soporte y facilidades disponibles para el mantenimiento de los equipos de producción y equipos auxiliares. En el marco de dichas políticas se aplicaron los procedimientos basados en los tipos de mantenimiento existentes y optimizados por los Fabricantes tanto Caterpillar Co. e Ingersoll-Rand este último Fabricante de las perforadoras DMM2. Ya establecido el organigrama y luego de definidas las funciones de las Jefaturas , Supervisores, Técnicos y Administrativos se establecen los procedimientos de trabajo. Dentro de los cuales nos enfocaremos al mantenimiento de la perforadoras:

d.1. Componentes de Protección.- Ferreyros S.A.A. de acuerdo con el contrato asegura una disponibilidad objetivo contractual la cual estuvo sujeta a penalidades por inclumplimiento. Para evitar esto se tiene un stock de protección de componentes en mina, esto para cualquier falla de los componentes mayores cuya reparación y tiempo de ejecución pudiera implicar una prolongada parada de la unidad por lo tanto muy baja disponibilidad.

d.2. Stock de protección.- Se solicita el listado de partes recomendadas en las que se incluyen componentes para reparaciones menores, consumibles y misceláneas. Este listado es preparado por el personal altamente calificado en la mantención de estas perforadoras, el Departamento de Logística tiene la función de re-abastacer de dichos repuestos el almacén de repuestos de manera automática de acuerdo con las cantidades definidas como Mínimo y Máximo para la consignación. Ver en el capítulo de Anexos las hojas con los listados del stock de protección.

d.3. Mantenimiento.- La totalidad de los procedimientos estan descritos en los manuales de mantenimiento. Lo que se realizó en Antamina fue personalizarlos de acuerdo con la realidad de las condiciones de la operación. En minería se tienen condiciones "severas" pues se perfora a 4900 msnm, 60% HR, -10 °C y sobre terreno quebradizo y pedregoso. El clima, el acceso y la obligacion de hacer los trabajos de mantenimiento siempre en campo, movilizar la perforadora al taller implicaba una gran perdida por transporte y gran desgaste de la carrileria. Teniendo conocimiento de los tipos de mantenimiento existentes podemos expicar los procedimientos aplicados siguiendo el orden por el tipo de mantenimiento:

d.3.1. Planificado.

d.3.1.1. Mantenimiento Inspectivo.- El equipo era inspeccionado diariamente como parte de los trabajos del personal de monitoreo de condiciones el cual ejecutaba inspecciones programadas en taller y en campo, utilizaba las ventanas de oportunidad y ejecutaba reportes y/o ejecutaba correcciones inmediatas. El criterio basico era la anticipación a una falla. El reporte de los resultados de las inspecciones era informado a Planeamiento para que proceda con la solicitud de repuestos y/o programe la reparación de manera diferida. Adicionalmente de forma periódica se ejecutan las inspecciones de carrilería llamadas "S.E.C.". Ver Anexo B para visualizar la hoja de inspecciones diarias que se aplicaron a las perforadoras DMM2.

d.3.1.2. Mantenimiento Preventivo.- Es la base del mantenimiento planificado. El criterio principal seguido por el suministrador de M.A.R.C. como Ferreyros S.A.A. era una perfecta ejecución de las tareas de mantenimiento asegurando de esta manera una óptima confiabilidad de la unidad hasta su próximo mantenimiento. Las tareas de mantenimiento estan definidas muy claramente por el Fabricante y adaptadas por el mantenedor de acuerdo con las condiciones del lugar de operación, clima, factor de carga, utilización y requerimientos del cliente. Para la perforadora DMM2 se ejecutaron los mantenimientos programados llamados PM1-PM2-PM3-PM4. Para ver detalles de estas hojas de servicio ver Anexo B, sin embargo mostramos la hoja de servicio PM-1 para detallar los trabajos ejecutados en la DMM2:

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM-1

250 HORAS

MODELO : DM-M2 / BAJA PRESION

EQUIPO	**MC002**	FECHA	
S/N	**4235**	HOROMETRO	
O/T		Hra. Inicio PM	Hra. Fin PM

ESPECIFICAR DEMORAS

Descripción	Inicio de Demora	Fin de Demora

TENGA SIEMPRE LA SEGURIDAD AL REALIZAR TODO TRABAJO

A LUBRICACION (03hrs) √

a.1 Lavar la unidad. Limpiar bien los enfriadores **Inicio:** **Fin :** ☐

a.2 Muestras de Aceite & Enviadas a S.O.S. Lima por (Poner nombre) : ☐

- ☐ S.O.S. Motor
- ☐ S.O.S. Compresor
- ☐ S.O.S. Hidráulico
- ☐ S.O.S. Cabezal Rotativo
- ☐ S.O.S. Caja Reductora de bombas

a.3 Verifique niveles y rellene aceites :

- ☐ Nivel Refrigerante de Motor — ☐ % Anticongelante & % Inhibidor
- ☐ Nivel Ac. Cabezal Rotativo
- ☐ Nivel Ac. Caja Reductora de bombas
- ☐ Nivel Ac. Compresor
- ☐ Nivel Ac. Hidráulico

a.4 Motor 3412C/CAT

- ☐ Drene aceite en caliente — ☐ Llene Aceite & Verifique nivel
- ☐ Cambie Filtros de Aceite (02) — ☐ Corte filtro Aceite e inspeccione
- ☐ Cambie Filtros de Combustible (02) — ☐ Lave Filtro Primario de Combust.
- ☐ Cambie Filtros de Refrigerante de Motor (02)

B ENGRASE (01.5hrs) √

b.1 Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB

- ☐ Drene agua del separador Aire-Aceite — ☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba.
- ☐ Llene aceite al lubricador de Aire. — ☐ Revise Engrase Ptos. de Torre
- ☐ Limpie externamente el Sist. Lincoln — ☐ Revise Engrase Ptos. de Soportes
- ☐ Rellene grasa EP2 al tambor — ☐ Revise Engrase Ptos. de Bastidor
- ☐ Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba) — ☐ Regule Inyectores desregulados
- ☐ Coloque Timer en 2' (Prueba) — ☐ Coloque Timer a 80' (Operación.)

b.2 Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB

- ☐ Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
- ☐ Limpie externamente el Bba. Lincoln
- ☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba. Lincoln
- ☐ Rellene grasa TRD, adelgase con SAE 50
- ☐ Bombee aceite SAE50 por 10' (para limpieza de mangueras) ☐
- ☐ Coloque Tambor con TRD ☐
- ☐ Verifique proyección de TRD ☐

b.3 Engrase Manual. Use EP2

- ☐ Poleas (04) puntos
- ☐ Cambiador de Barras (08) puntos
- ☐ Eje estriado y cruceta de Acople Motor - Caja reductora de bombas (02) puntos
- ☐ Seguros de torre (02) puntos
- ☐ Cojinetes de torre (08) puntos ☐
- ☐ Eje de llave de quiebre (01) pto. ☐
- ☐ Campana de Cabezal (02) puntos ☐

C INSPECCION (01.5hrs) √

c.1 Motor 3412C/CAT

- ☐ Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
- ☐ Sist. Escape (juntas, abrazaderas, múltiple, silenciador, tapa y soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.
- ☐ Revise ext. el motor (fugas y/o ajustes)
- ☐ Revise ext. la Bba. Iny. por fugas combustible
- ☐ Revise correa del Alternador ☐
- ☐ Revise correa del Aire Acond. ☐
- ☐ Revise el RADIADOR (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato. ☐
- ☐ Revise panel RADIADOR, juntas sup. e inferior por fugas. ☐

c.2 Enfriadores

- ☐ Revise el COC/HOC (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato
- ☐ Revise estado de las aletas del panel del COC/HOC por fugas. Inspeccione juntas superior e inferior
- ☐ Revise mangueras , tapas y drenes COC/HOC por fugas y sujetadores sueltos
- ☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de Ac. Hidráulico. Verifique No marquen rojo ☐
- ☐ Revise RPM de motores de los ventiladores del COC/HOC y RADIADOR ☐
- ☐ Temperaturas de operación ☐

c.3 Sistema Hidráulico

- ☐ Revise el tanque hidráulico (mangueras, acoples, niples, codos por daños, solturas, rozamientos y fugas)
- ☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de aceite hidráulico junto al Tanque. Verifique No marquen rojo
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de torre por fugas, rozamiento o conexiones sueltas
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras de Bbas. principales y Doble) por fugas, rozamiento o conexiones sueltas ☐
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de consola Interna y Externa por fugas, rozamiento y conexiones sueltas ☐
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Pilotaje y Válvulas, por fugas, rozamiento o conexiones sueltas ☐

c.4 Compresor XL/1800CFM Baja Presión

- ☐ Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
- ☐ Tanque Separador (Tapa, Visor, líneas de ingreso y salida de aire) por daños, rozamiento, fugas o soltura ☐

Sist. Descarga (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas. ☐

Revise ext. el compresor (fugas y/o ajustes) ☐
Revise ext. el Regulador de la mariposa de admisión (ajustes, desgaste y solturas)

Revise acople Motor Compresor (acople fexible) por posibles rajaduras y soltura ☐

c.5 Caja Reductora de Bombas

Revisar respiradero por atascamiento y fugas ☐

Revisar acoples cardánicos Caja Reductora de Bombas - Motor (02 acoples) y el Eje estriado (01 eje) verifique estado y cantidad de graseras (03 graseras) ☐

c.6 Carrilería

Revisar Mandos Finales (Final Drive) por fugas de aceite ☐

Revise Motores de Propulsión (02 motores) por fugas y solturas ☐

Revisar Tuberías y mangueras del Frenos (Brake) y Motores de Propulsión ☐

Revise estado de las zapatas (104), de los Carrier Roller (04), de los Track Roller (22), por dobladuras, roturas y fugas ☐

c.7 Consola

Revisar Correcto funcionamiento de la instrumentación (Indicadores Murphy, relojes, luces de prueba, parada de emergencia, indicadores de carga y brakers) ☐

Revisar estado de las Palancas de Mandos por solturas y atascamiento ☐

Revisar estado de Burbuja de nivelación ☐

Revisar Neutro de las bombas en modo Propulsión y Perforación ☐

c.8 Sistema Eléctrico

Revisar estado de las baterías con Voltímetro, nivel de electrolito y estado bornes ☐

Revise las Cajas (Box) de conexiones eléctricas por roturas, fugas y solturas ☐

Revise correcta operación de la alarma de Propulsión ☐

Revise la carga registrada en el Amperímetro de carga del alternador ☐

Revise el correcto estado de las luces de Iluminación de Torre, cabina y perforación ☐

c.9 Filtros de Aire

Revise los Indicadores de saturación de los filtros de Aire de Compresor (01) y Motor (02) menor 10" H2O ☐

c.10 Cilindros Hidráulicos

Revise el cilindro Principal (01), de levante de torre (02), Cambiador de barras (02), Llave de quiebre (01), Llave cadena (01), Soporte de barras (01), Seguros de torre (02), Levante de tolva (02) por fugas de retenes, solturas y ajustes ☐

Revise gatos de nivelación (03), válvula antivuelco, guiadores, seguros de zapatas por roturas, soltura y fugas ☐

c.11 Tanques

Revise tanque de Combustible y funcionamientos de Indicador de nivel	☐	Revise tanque de Agua y funcionamiento del Indicador de nivel magnético.	☐

c.12 Gets

Revise estado de buje centralizador	☐	Revise estado de la llave de quiebre	☐
Revise estado de jebes limpiadores de barra	☐	Revise estado de las Bakelitas	☐

c.13 Sistemas Auxiliares

Revise Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB	☐	Revise el estado de la Llave de QUIEBRE, eslabones y mordaza	☐
Revise Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB y la tobera de proyección de grasa	☐	Revise Sistema contra - incendios AFEX, verifique que se encuentre energizado	☐
Revise Sistema de WINCHE Auxiliar, verifique enrrollamiento, retención y estado del cable	☐	Verifique estado del cambiador de barras, engranaje, sin-fin y tazas	☐

D MANTENIMIENTO GENERAL (02hrs) √

d.1 Limpieza

Limpie Bandeja de Filtros de aire de compresor. Usar solo trapo	☐	Limpie la carrilería. Sacar tierra y piedras	☐
Limpie Bandeja de Filtros de aire de motor. Usar solo trapo	☐	Lave Filtro Malla de Combustible de Motor	☐
Limpie Filtros Aire Prim. Motor y Compresor, cambie si es la tercera vez que se satura, coloque fecha al filtro nuevo.	☐		

d.2 Torqueo

Torquee pernos y tuercas de torre (Cilindro principal, Cabezal de Rotación)	☐	Torquee pernos y tuercas de RADIADOR (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador)	☐
Torquee pernos y tuercas de COC/HOC) (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador	☐	Torquee pernos y tuercas del Sistema Neumático (Soportes de Compresor, bomba de aceite, bridas de mangueras)	☐
Torquee pernos y tuercas de las Bakelitas. Programe un reemplazo si es necesario.	☐	Torquee pernos y tuercas de Bastidores de torre	☐
Torquee pernos y tuercas del cambiador de barras (cojinetes, ejes, bocinas, cilindros hidráulicos superior e inferior y tazas)	☐	Torquee pernos y tuercas de Cabina (Techo, puertas, manija y consola)	☐
Torquee pernos y tuercas de Motores hidráulicos de Rotación (02), Bba. Agua(01) y motores de propulsión (02)	☐		

E REPUESTOS CONSUMIBLES

ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Frascos para muestras de aceite		05		
02	Mangueras para muestras de aceite		05		
03	Etiquetas para muestras de aceite		05		
04	Filtro de aceite de Motor	2P4005	02		
05	Filtro de Combustible	1R0712	02		
06	Filtro de refrigerante de motor	9N3368	02		

F FLUIDOS REQUERIDOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Ac. Hidráulico MOBIL DTE 24 (P/N: MODTE-24)	-		
02	Ac. para Bba. de Agua Perforación SAE 40	-		
03	Ac. para Cabezal Rotativo CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
04	Ac. para Caja Red. Bombas CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
05	Ac. para Compresor MOBIL ATF 220	-		
06	Ac. para Mandos Finales SAE 30	-		
07	Ac. para Motor CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)	16 Gln.		
08	Ac. para Winche Auxiliar 140 wt	-		
09	Grasa EP-2 Sist. De Egrase (P/N: MOEP-2)	20 Kg.		
10	Grasa para Barrenos THRD LUB (P/N:50525187)	01 Blde.		
11	Refrigerante para Motor CAT (P/N: 101-2844)	05 Gln.		

G HERRAMIENTAS EN CAMPO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
PARA LUBRICACION				
01	Barzol	01 Gln.		
02	Bomba para trasegar (Manual o neumática)	01 Und.		
03	Cilindro Para Drenaje de Aceite	01 Und.		
04	Cortador de filtros	01 Und.		
05	Gomembrana	01 Und.		
06	Kit para pruebas de Refrigerante	01 Und.		
07	Llave para extraer filtros	01 Und.		
08	Papel Astringente	10 Und.		
09	Pistola para solpletear	01 Und.		
10	Solvente Industrial TOT-3	01 Gln.		
11	Trapo Industrial	03 Kg.		
PARA MECANICA				
01	Cinturón de Seguridad	02 Und.		
02	Compresora Portátil con manguera	01 Und.		
03	Etiquetas “No Operar”	05 Und.		
04	Llave Stillson 16”	01 Und.		
05	Llave Stillson 24”	01 Und.		
06	Llaves Allen Milimetros	01 Jgo.		
07	Llaves Allen Pulgadas	01 Jgo.		

08	Maleta de Herramientas mecánicos campo.	01 Und.		
09	Maleta Pruebas IR (TEST KIT P/N 5703658)	01 Und		
10	Marcador pintura blanca (Metal Marker)	01 Und		
11	Medidor de RPM	01 Und.		

H BLs. REALIZADOS √

B.L.	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I BLs. A SOLICITAR √

B.L	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I. OBSERVACIONES

Si tuviera alguna observación que hacer respecto a este mantenimiento sobre cómo mejorar los tiempos, otras herramientas que incluir, alguna(s) actividad(es) que se hicieron y no estaban contempladas, alguna forma de optimizar el trabajo o comentarios sobre alguna actividad de este checklist de 250 horas tenga la amabilidad de describirla a continuación.

Firma Supervisor
Lubricación
Fecha V°B°:
LUB:

Firma Supervisor
Mantenimiento
Fecha V°B°:
MEC:

ENTREGAR ESTE CHECKLIST A PLANEAMIENTO, CORRECTAMENTE LLENADO, A MAS TARDAR 24HRS DESPUES DE SU EJECUCION

Hoja de servicio del PM-1 perforadora hidráulica DMM2

Figura 4.3

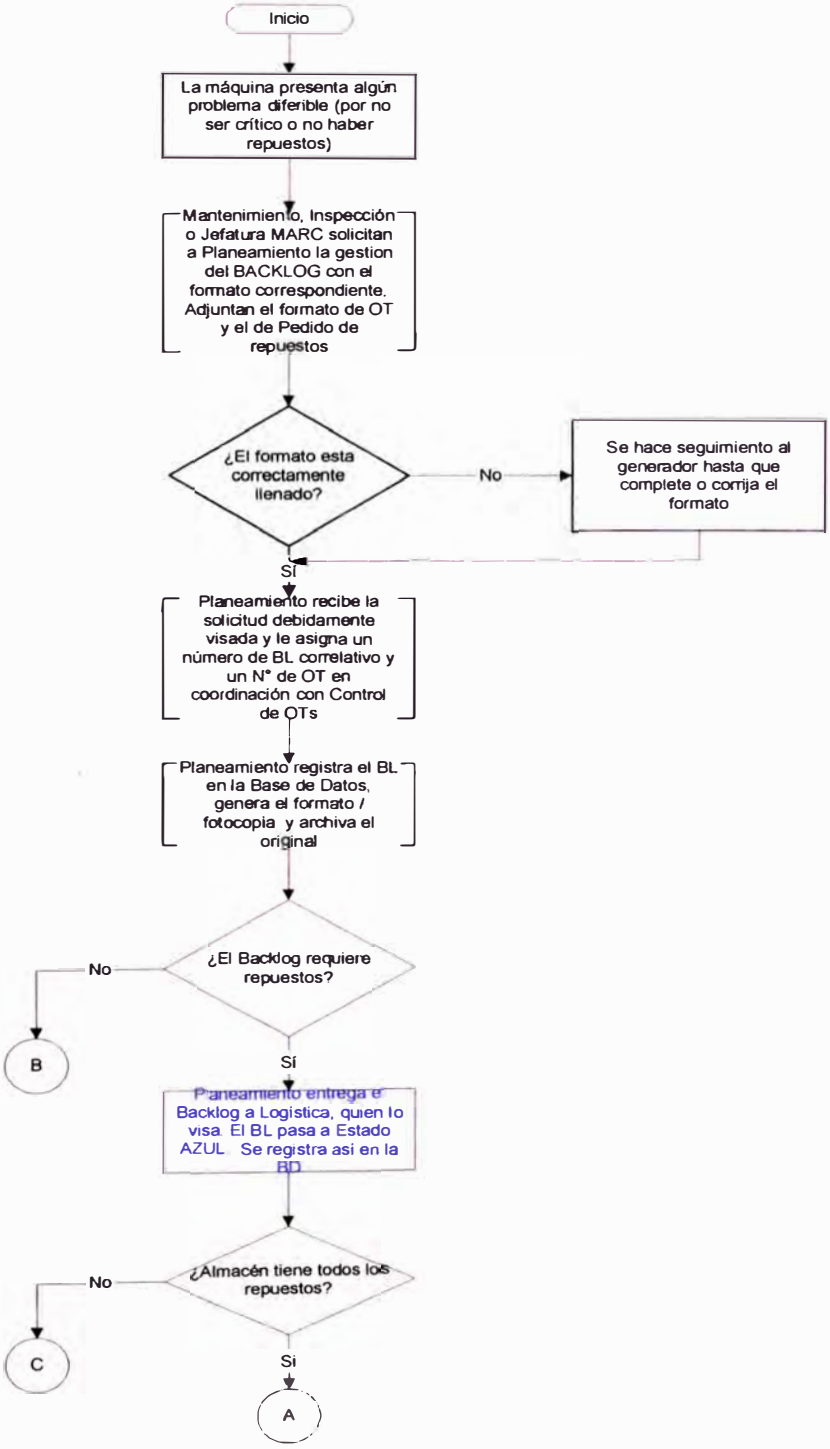
Como se puede observar esta es una hoja de servicio bastante detallada que tiene una secuencia que es fácil de seguir y las acciones a ejecutar utilizan un lenguaje sencillo y con instrucciones precisas. La experiencia del administrador de mantenimiento, del equipo de planeamiento y el personal técnico van adecuando las hojas de servicio a la aplicabilidad y optimización de tiempos de ejecución. Pero el trabajo es mas largo aún. Se debe de entrenar al personal técnico y supervisores en la correcta aplicación de los procedimientos detallados en esta hoja de mantenimiento. Los resultados serán medidos finalemente con los indicadores de gestión luego de un ejercicio en un periodo de un mes. El razonamiento sencillo es que si la unidad no llegó a su proximo mantenimiento y tuvo fallas correctivas entre programas de mantenimiento planificados, estos se deben mejorar de acuerdo a un análisis proactivo que nos permita corregir los procedimientos aplicados con cierto grado de deficiencia y definir claramente si el problema es ajeno al mantenimiento (falla operativa, falla de material). Este análisis debe diferenciar de la paradas de origen operacional de las paradas de origen por mantenimiento. Para la hoja de servicio del PM-1 se tienen ocho (08) horas para ejecutar el trabajo. En la práctica este tiempo puede llegar a ser mayor. Por ejemplo el lavado de la unidad es mas lento si hay mucho barro como consecuencia del clima, trabajos en paralelo programados por minera y que requieren de una secuencia de ejecución. Por ejemplo minera desea soldar una estructura y no se puede calentar el motor para remover el aceite que esta frio. Otra evento puede ser que el cliente desea efectuar el cambio de broca y se encuentre con problemas de amarre de la rosca entre la barra y la broca, mienras ellos no terminen no se puede tomar la unidad. El administrador de mantenimiento debe contemplar todas las demoras ocasionadas por acciones ajenas al mantenimiento preventivo programado.

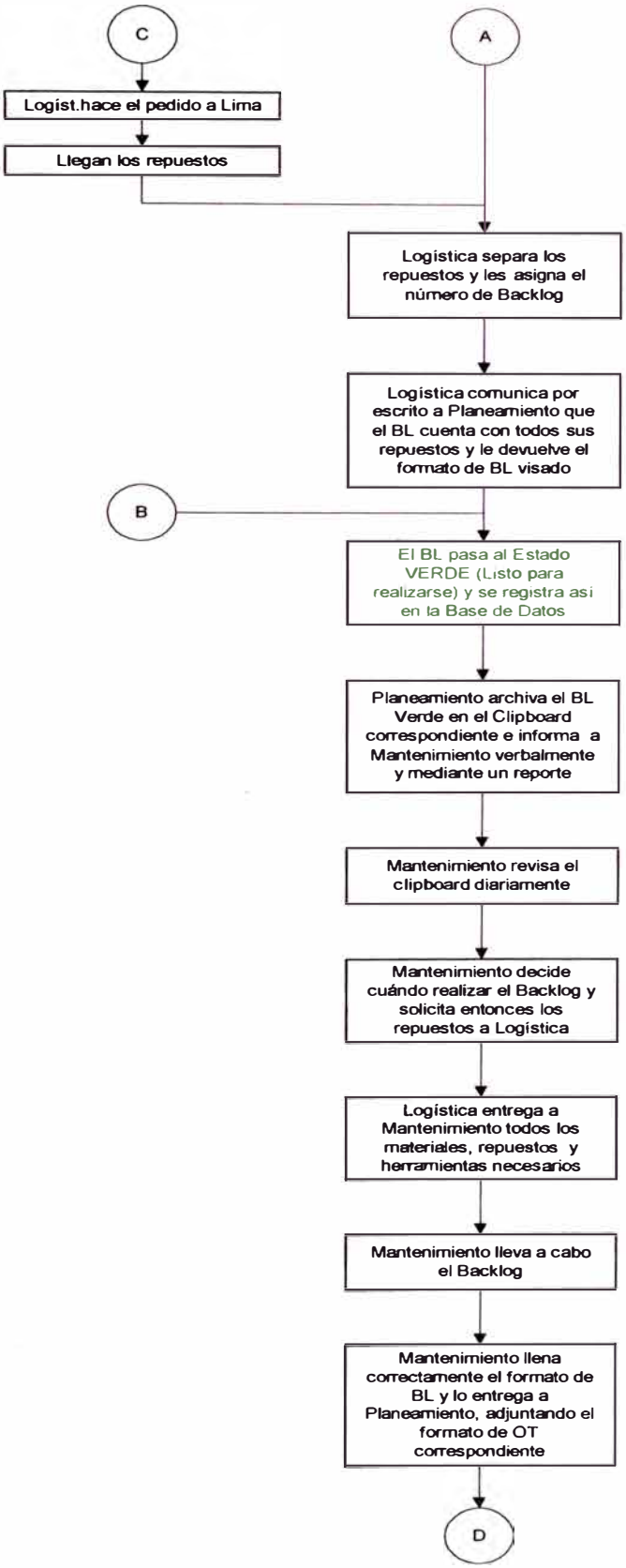
d.3.1.3. Trabajos diferidos.- También llamado "BACKLOG" es el procedimiento que se sigue para programar un trabajo cuya ejecución puede esperar. En este punto la generación de un trabajo diferido tiene diferentes puntos de inicio los cuales incluso pueden ser originados durante la ejecución de trabajos correctivos. El operador puede dar información que permita hacer posible la generación de un trabajo diferido, el Inspector, el engrasador,

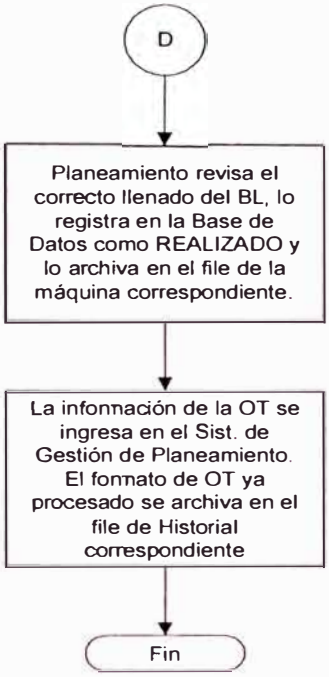
el supervisor, el técnico de servicio, durante el mantenimiento, el Jefe de proyecto, el Jefe de seguridad si observa una condición insegura. Es decir el "BACKLOG" es el eje sobre el cual se ejerce control sobre los problemas que estan presentes pero pendientes de solución en una unidad. En un punto ideal los planeadores deben programar los tiempos requeridos para ejecutar un trabajo diferido en función de la disponibilidad de repuestos, personal y tiempo en forma coordinada. El trabajo diferido tiene todo un proceso administrativo que implica participación de toda la estructura de mantenimiento del M.A.R.C. el cual va desde su generación hasta su ejecución, cierre y control estadístico. La efectividad en la entrega de repuestos y la efectividad de la ejecución de los trabajos diferidos durante los mantenimientos preventivos son indicadores de gestión e indican o dan información sobre la calidad del servicio y esto redunda en los objetivos de disponibilidad de esta unidad. Los programas de intercambios de componentes son programas que pertenecen al mantenimiento de Planificado el cual tiene como concepto iniciar otro ciclo de vida del componente que puede ser reparado o nuevo. Ver diagrama lógico adjunto:

Ferreyros

FLUJOGRAMA DE BACKLOGS




C
A
Logíst.hace el pedido a Lima
Llegan los repuestos
Logistica separa los repuestos y les asigna el número de Backlog
Logistica comunica por escrito a Planeamiento que el BL cuenta con todos sus repuestos y le devuelve el formato de BL visado
B
El BL pasa al Estado VERDE (Listo para realizarse) y se registra asi en la Base de Datos
Planeamiento archiva el BL Verde en el Clipboard correspondiente e informa a Mantenimiento verbalmente y mediante un reporte
Mantenimiento revisa el clipboard diariamente
Mantenimiento decide cuándo realizar el Backlog y solicita entonces los repuestos a Logística
Logística entrega a Mantenimiento todos los materiales, repuestos y herramientas necesarios
Mantenimiento lleva a cabo el Backlog
Mantenimiento llena correctamente el formato de BL y lo entrega a Planeamiento, adjuntando el formato de OT correspondiente
D

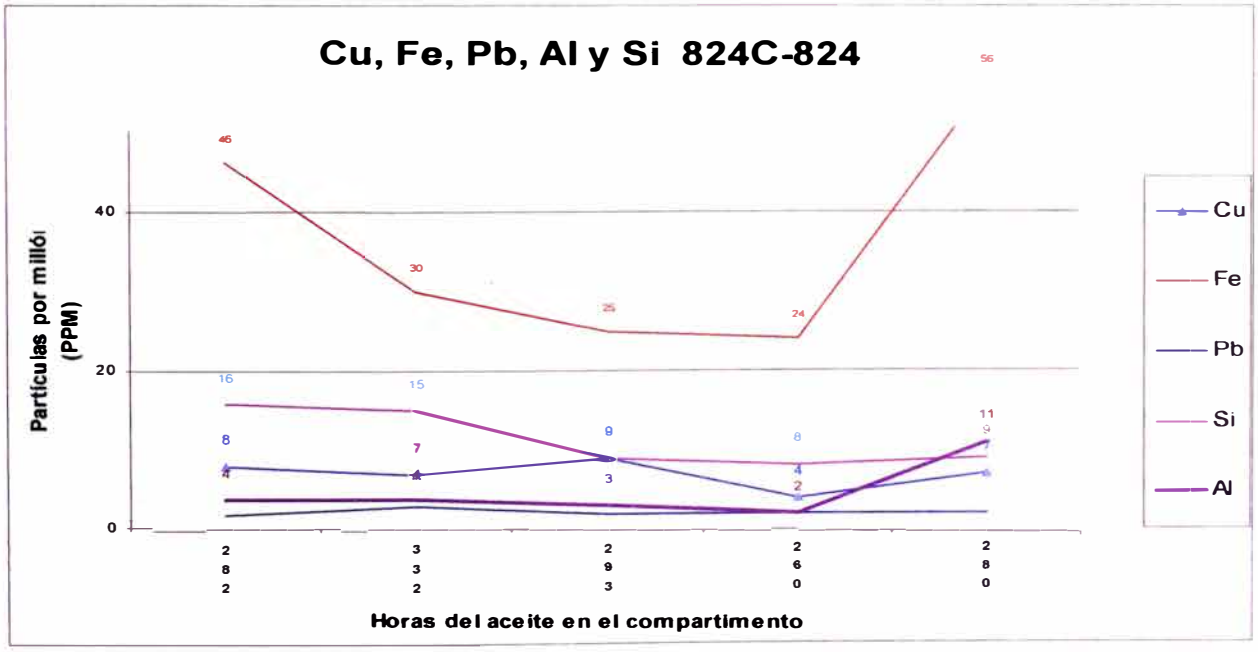


Procedimiento de administración de trabajos diferidos ó backlogs
Figura 4.4

d.3.1.4. Mantenimiento Predictivo.- En el departamento de monitoreo de condiciones se tiene el procedimiento del análisis de tendencias en base al análisis de aceite. El procedimiento implica tomar muestras de aceite durante los mantenimientos preventivos y esta estipulado en las hojas de servicio. Sin embargo cuando se detecta una condición que puede poner en riesgo al componente o se requiere confirmar la tendencia de una muestra en ascenso es criterio del personal de monitoreo de condiciones tomar las muestras necesarias para confirmar tendencias. Pese a existir muchas técnicas e instrumentos para máquinas estacionarias en las perforadoras solo se aplicaba el mantenimiento predictivo en base al análisis de aceite. Podemos considerar las inspecciones de los tapones magnéticos como parte de un análisis ferregráfico visual el cual con un seguimiento nos permite ver la tendencia del desgaste y el tipo del mismo incluso tipo de material que esta emitiendo el componente y es visible. Recordemos que el ojo puede ver tamaños desde 40 micrones.

PIC		55195	04-Feb-02
PM-50	50	55245	11-Feb-02
PM	282	55527	25-Feb-02
PM	247	55774	09-Mar-02
PM	297	56071	23-Mar-02
PM500	293	56364	06-Apr-02
PM250	274	56638	18-Apr-02
PM1000	233	56871	29-Apr-02
PM250	280	57151	14-May-02
PM500	220	57371	24-May-02

Hrs. Maq.	Muestra	Hrs. Oil	Cu	Fe	Pb	Al	Si	Cu/Hr	Fe/Hr	Pb/Hr	Al/Hr	Sil/Hr	St
55527	25-Feb-02	282	8	46	2	4	16	2.8%	16.3%	0.7%	1.4%	5.7%	126
55838	09-Mar-02	332	7	30	3	4	15	2.5%	10.6%	1.1%	1.4%	5.3%	143
56364	06-Abr-02	293	9	25	2	3	9	3.2%	8.9%	0.7%	1.1%	3.2%	126
56871	29-Abr-02	260	4	24	2	2	8	1.4%	8.5%	0.7%	0.7%	2.8%	110
57151	14-May-02	280	7	56	2	11	9	2.5%	19.9%	0.7%	3.9%	3.2%	140



Model 824C Compartment MOTOR Market Status
Customer SOUTHERN PERU LIMITED Job CUAJONE Appl Avg Severity
Serial Number 85X01606 Equipment Number 824

05/14/02 05/28/02 HOURS on Unit 57,151 on Oil 280 Added

ACTUAL	CU	FE	CR	PB	AL	SI	MO	NA	MG	SN
Current	7	56	2	2	11	9		2		7
Sample	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	C/P	TBN	V100	VIS
	N	N	N	140	23	43	32			14.2	105

Evaluation..... HIERRO SERIA ELEVADO. INCREMENTO DE ALUMINIO.
ESTAÑO ESTABLE. SOOT SE HA INCREMENTDO.
ALUMINIO SE RELACIONA CON DESGASTES DE PISTONES.
Recommendation..... N10 Revise Estado/Ajuste/Limpieza de Sist/Admision.
RPO REVISAR PARAMETROS DE OPERACION.

Hoja de resultados de análisis de aceite

Figura 4.5

d.3.2. No Planificado.

d.3.2.1. Mantenimiento Correctivo.- En toda administración de mantenimiento se busca este parámetro se encuentro en su valor más bajo si se trata de medir el porcentaje de trabajos planificados Vs. no planificados. Los trabajos no planificados generán un alto costo para el cliente y problemas de disponibilidad y planeamiento para el suministrador de M.A.R.C. En Antamina se aplicó la política de "cero backlogs" sin embargo los indicadores de gestión siempre mostraron una impoortante cantidad de fallas controlados bajo ordenes de trabajo no programadas. Los trabajos correctivos cuya incidencia en frecuencias de paradas tuvieron que ser evaluados con el procedimiento de los "top ten" para identificar y dar resolución a las causas ordenadas de acuerdo a urgencia e importancia aplicando técnicas de mantenimiento proactivo.

4.1 SISTEMA HIDRAULICO

En este punto explicaremos los principales ajustes de mantenimiento realizados en el sistema hidráulico. Estos sistemas y válvulas corresponden a los explicados en el sistema hidráulico tratados en el capitulo 3. Los manuales de servicio de los equipos tienen la información básica para efectuar las tareas de mantenimiento. Toda la información es importante y necesaria la cual es complementada con las habilidades técnicas adquiridas por el personal de mantenimiento y el nivel de entrenamiento alcanzado. El sistema operativo fué explicado con detalle en el capítulo III. En este capítulo vamos a desarrollar algunos procedimientos de pruebas y ajustes de los componentes en sistemas vitales de la unidad. Para el caso del sistema hidráulico tenemos:

a. **Válvula de sobrecentro (overcenter).**
b. **Válvula de control de motor.**
c. **Ajuste del motor de rotación.**
d. **Válvula de alivio de empuje (pull down).**
e. **Válvula de alivio de retracción (pull back).**
f. **Válvula de alivio de motor de ventilador.**
g. **Compensadores de bomba principal.**

a. Válvula de sobrecentro (overcenter)

El ajuste de la válvula de sobrecentro en el circuito de alimentación de perforación normalmente no es necesario. El valor inicial fijado en Fábrica no cambia significativamente con el tiempo. Si se hace necesario cambiar la válvula de sobrecentro, un ajuste será requerido. Este componente no será fijado en fabrica si se pide como un elemento de reemplazo. El ajuste deberá hacerse con la torre arriba y con el selector Perforación/Propulsión en modo perforación. El cabezal de rotación deberá bajarse lentamente.

Ajuste para una velocidad lenta de avance con la palanca de control de alimentación de perforación. Atornille el control de empuje (pull down) ubicado en la consola completamente. Ajuste la válvula de sobrecentro (overcenter) solamente cuando el cabezal de rotación este bajando. No cuando este detenido. La válvula overcenter tiene una puerta piloto en un extremo. Ponga una "T" en esta línea con un manómetro de 3000 o 5000 psig.

Este manómetro ayudara a fijar el valor correcto de presión a la válvula. Hay dos ajustes en la válvula. Ambos deben ser ajustado a la misma lectura del manómetro. Con el cabezal de rotación moviéndose lentamente hacia abajo vea la lectura del manómetro. Si la lectura es 500 PSIG +- 50 PSIG, no se necesitará ajuste. Si el manómetro indica una presión superior a 500 PSIG baje a uno de los dos ajustes hasta que el manómetro indique 500 psig. Ahora baje en el otro ajuste hasta que el manómetro indique 450 psig, luego aumente este ajuste a 500 psig. Varios movimientos del cabezal de rotación se requerirán para completar el ajuste. Asegure los tornillos de ajuste de la válvula con las dos tuercas. El ajuste se ha completado.

b. Válvula de control del motor

Si es necesario reemplazar la válvula de control del motor de rotación, no se necesitara un ajuste.

c. Ajuste del motor rotación

El desplazamiento de la motor de rotación puede ser fijado girando el tornillo de volumen de detención del motor en el sentido del reloj o contra – reloj. Girando el tornillo en

el sentido del reloj, disminuye el ángulo del plato variable del motor. Esto hace que el motor gire mas rápido tratando de desplazar el flujo de la bomba. Girando el tornillo contra – reloj aumentara el ángulo del plato variable del motor. Esto hará que el motor gire mas despacio debido al incremento de volumen de aceite desplazado por revolución. Una velocidad máxima deberá ser fijada de acuerdo con las especificaciones del fabricante y personalizado al tipo de aplicación. En Antamina los motores se fijaron a una velocidad máxima de 80 R.P.M.

d. Válvula de alivio de empuje (pull down)

Esta válvula es frecuentemente ajustada durante la operación de perforación. El ajuste esta en la cabina del operador. Si se hace necesario el cambio de la válvula de alivio de empuje (pull down), fije los rangos de presión de la siguiente manera: Ponga el cabezal de rotación en la parte baja de la torre en los topes inferiores. Saque la tapa del tornillo de ajuste. Gire el tornillo de ajuste hasta que la presión del sistema de empuje (pull down) alcance 4500 PSIG. Asegure el tornillo de ajuste de la válvula contra el cuerpo de la válvula. Apriete la tapa del tornillo de fijación para mantenerla en su lugar. Destornille la tapa para reducir el sistema de presión. Verifique el valor de presión fijado.

e. Válvula de alivio de retracción (pull back)

Precaución: esta pre-fijada en fabrica para proveer niveles de fuerza de retracción (pull back) de máxima seguridad para la estructura de la torre. No la ajuste, no haga derivaciones (by pass) en modo perforación.

f. Válvula de alivio de motor del Ventilador

La válvula de alivio del motor del ventilador esta ajustada para proveer 1000 R.P.M. de velocidad del ventilador. Para ajustarla, mida la velocidad del ventilador con un tacómetro. Atornille el ajuste para incrementar la velocidad. Destornille el ajuste para disminuir la velocidad del motor (Haga los ajustes con el sistema de aceite a temperatura normal de operación).

g. Compensadores bomba principal

Los ajustes del compensador de la bomba principal normalmente no cambian. Si es necesario reemplazar la bomba, comuníquese con un representante de fabrica. Es un componente interno de la bomba principal.

4.2 TORRE DE PERFORACION

Aquí explicamos lo referente a los ajustes y fijacion de valores de operación críticos de las válvulas del sistema de alimentación, ubicadas en la torre de perforación.

a. Fijando el Sistema de Alimentación

Fijar el sistema de alimentación para una aplicación particular de perforación, incluye ajustar el sistema hidráulico para prevenir movimientos no deseados de la sarta de barras. El operador espera que moviendo el control de desplazamiento de la bomba a la posición neutra permitirá que las barras mantengan su posición.

Asimismo, reduciendo la presión de alimentación a su mínimo valor hará que le peso en la broca se reduzca a cero. Para permitir que el peso en la broca sea cero cuando la presión de alimentación es bajada a su mínimo valor, la válvula de sobrecentro debe ser fijada lo suficientemente alta para compensar el peso total que puede ser agregada a la sarta de barras. En la aplicación particular de perforación. Incrementando el valor fijado de la válvula incrementa el peso que puede ser agregado a las sarta de barras en forma segura. El valor fijado ideal es aquel que permite el movimiento de la carga completa de la sarta de barras (todas las de la sarta) a iniciarse a 500 psig de presión de alimentación. Entonces cada vez que se saque una barra desde la sarta de barras, el movimiento empezara a una mayor presión de alimentación.

b. Perforación Rotatoria

Cuando la perforadora se usa para una perforación de rotación normal, fijar la válvula de sobrecentro para 700 psig alimentación hacia abajo (sin carga). Es suficiente para mantener las barras en la mayoría de los casos. En aquellos casos que se usan barras muy pesadas,

será necesario aumentar el valor fijado levemente para evitar que el cabezal baje con toda la carga de la sarta de barras. Por encima de 20000 Lb-f. de peso en la broca, el peso de la broca cambia alrededor de 1580 Lb-f. Por 100 psig de presión de alimentación. Bajo 20000 Lb-f. de peso en la broca, el peso de la broca cambia alrededor de 5900 Lb-f. Por 100 psig de presión de alimentación. Este perfil de fuerza de alimentación es mejor para la perforación por rotación donde no se necesita un control de peso preciso.

c. Perforación por Percusión

Hay momentos donde el peso de la broca debe ser controlado en forma precisa en el rango de 0 a 20000 Lb-f. –la perforación por percusión es un ejemplo típico- para obtener el control necesario en este caso el perfil de peso de la broca puede ser cambiado dirigiendo la puerta piloto de la válvula de sobrecentro a drenaje. La inclinación de la curva del peso de la broca tiende hacia la derecha. Es necesario reajustar la válvula de sobrecentro a una calibración apropiada del sistema para perforación.

Para determinar el correcto valor de fijación de presión sin carga de la válvula de sobrecentro, es necesario conocer el peso de las barras de perforación que se usaran en la sarta de barras.

Multiplique el peso de una sola barra por el numero de barras para calcular el peso total. Entonces divida este numero por la mitad del área del pistón del cilindro. La presión resultante será el incremento en el valor fijado inicial de la válvula de sobrecentro necesaria para manejar el peso de perforación disponible. Por ejemplo:

4 barras de 2200 Lb-f c/u = 8800 Lb-f

8800/15,8 = 557 (adicional al valor fijado inicial)

500 + 557 = 1057 (valor fijado sin carga de la sobrecentro)

Una vez que este valor es conocido, el procedimiento de fijación de la válvula de sobrecentro mostrado mas adelante puede ser usado para un apropiado ajuste de la válvula de sobrecentro. Es importante reconocer que el peso en la broca cambiara cada vez que se agrega una barra. Si la aplicación de perforación demanda un control preciso del peso,

entonces el operador debe ajustar a una nueva presión de alimentación de perforación cada vez que una barra sea agregada o sacada desde la sarta. Para determinar el cambio en la presión necesaria por barra, simplemente se divide el peso de una barra por la mitad del área del pistón del cilindro. Para el ejemplo anterior:

d PSI = 2200 / 15,8 = 139 PSIG.

d. Procedimiento de fijación de la válvula de Sobrecentro

1. Saque todas las barras de la sarta de perforación y mueva el cabezal de rotación a la parte inferior de la torre.
2. Con el cabezal de rotación apoyado contra los topes y la palanca de alimentación accionadas al máximo, ajuste la válvula de alivio de alimentación hasta que el medidor de presión de alimentación indique el valor de fijación calculado de la: **d** = sobrecentro sin carga como se determino anteriormente.
3. Sin cambiar el valor de fijación de la presión de alimentación mueva el cabezal de rotación a la parte superior de la torre, entonces tire la palanca de control de alimentación hacia delante hasta que el cabezal empiece a moverse lentamente (menos de 19 pies por minuto hacia debajo de la torre. Si el cabezal no se mueve, mueva la palanca suavemente hacia delante y sáltese al punto 6.
4. Ajuste la válvula de sobrecentro en la parte de atrás de la torre como sigue.
5. Atornille en ambos cartuchos de la sobrecentro hasta que el cabezal no se mueva. El medidor de alimentación en la consola deberá indicar el valor de fijación de la válvula de sobrecentro sin carga seleccionada en el paso 2.
6. Destornille uno de los cartuchos de la sobrecentro hasta que el cabezal se empiece a mover. Entonces atornille de nuevo hasta que el cabezal se detenga.
7. Repita el paso 6 para el otro cartucho de la sobrecentro.
8. Asegure ambos ajustes con las tuercas seguro.
9. Ajuste la válvula antigolpe al valor de fijación de la sobrecentro sin carga + 200 psig como sigue.
10. Mueva el cabezal de rotación a la parte inferior de la torre.

11. Con el cabezal detenido contra los topes y a palanca de alimentación hacia abajo al máximo, atornille el alivio de la alimentación hasta que el manómetro de presión de alimentación indique (valor de fijación de sobrecentro sin carga + 300 psig)
12. Sin cambiar el valor de fijación de la presión de alimenticion, mueva el cabezal a la parte superior de la torre y cierre el carrusel.
13. Mueva el cabezal hacia abajo contra uno de los pasadores de la barra. Si el cabezal no se mueve hacia abajo, atornille la válvula de alivio antigolpe hasta que lo haga.
14. Setee el ajuste de la válvula de alivio antigolpe al (seteo de la válvula sobrecentro sin carga +200 psig) con la lectura del medidor de alimentación.

e. Avance con DHD (Martillo de Fondo)

El sistema opcional de avance de perforación con DHD en la DMM2 es relativamente simple el modo para control del peso sobre la broca. La perforación con percusión (martillo) es muy critica ya que el peso en la broca debe ser estrictamente controlado. La "válvula de retención con venteo", (solamente sistema DHD) incorpora ambos sistemas: una válvula de sobrecentro y una válvula de retención operada remotamente. Durante la perforación con rotación, la válvula de sobrecentro es usada como una válvula de retención de la carga (peso). Esta tiene un valor fijado interno de 500 psig. Esto es el punto en la curva de presión cuando esta abre. Si la presión en el sistema de avance es mas baja que 500 psig, la válvula de sobrecentro permanece cerrada, impidiendo que el aceite circule desde el extremo superior del cilindro de avance. El aceite no puede entrar al extremo inferior del cilindro hasta que tenga espacio libre abriendo el camino desde el extremo superior (al abrir la OVC). Este sistema efectivamente inmoviliza el cilindro de avance cuando la perforadora esta detenida o cuando esta por mucho tiempo con las barras de perforación colgadas desde el cabezal de rotación. Muy parecido a las válvulas de retención de carga en los cilindros de los gatos de nivelación inmovilizando la perforadora en posición de nivelación mientras se esta perforando.

Las válvulas de retención comienza a ventear cuando el operador selecciona el modo de perforación con DHD. El switch eléctrico "modo de perforación" esta localizado en el

panel del operador, cerca de los disyuntores (breakers) en el panel superior. Hay un micro switch normalmente abierto (localizado bajo la consola en la palanca de control de avance), un avance de perforación / ahora una válvula de holdback, dos válvulas hidráulicas actuadas por solenoide y dos válvulas check usadas en conjunto con el micro switch de control de avance de perforación. Una válvula solenoide es normalmente cerrada (N/C) y la otra esta normalmente abierta (N/O).

Cuando el operador cambia el switch eléctrico al modo DHD, el micro switch normalmente abierto (bajo la consola en la palanca de avance) pasa a estar energizado. La trayectoria del aceite desde la puerta "pilot" en la válvula de retención con venteo a el alivio del avance del holdback esta bloqueado por la válvula solenoide normalmente cerrada (N/C). Cuando el operador mueve la palanca de control de avance a la posición hacia abajo. El micro switch queda cerrado energizando la válvula solenoide (N/C). La válvula (N/C) abre permitiendo al aceite llegar a la puerta pilot de la válvula de retención con venteo para alcanzar la válvula de avance para el holdback. Esto da al operador la posibilidad para controlar la salida del aceite desde la parte superior del cilindro de avance dejando que el martillo baje con un mínimo peso.

El control de aceite se lleva a cabo por la válvula de alivio para el holdback, atornillándola o desatornillandola. Mientras mas se destornille, mas rápido bajara el cabezal. El peso combinado de la (s) barra (s), cabezal de rotación, y martillo son mas que suficiente para la perforación con martillo.

El control de aceite que deja el extremo superior del cilindro de avance permite al operador controlar infinitamente el peso al martillo de fondo, el puede rápidamente equilibrar la velocidad de avance para el martillo, rango de penetración, encontrando el ajuste optimo. Cuando otra barra es agregada a la columna, el debe atornillar mas la válvula para el holdback para que baje lentamente al mismo rango tal como estaba trabajando antes de agregar la ultima barra. Esto debe ser hecho con cada barra adicional debido a que va aumentando el peso de la columna de perforación.

La válvula solenoide N/O no esta energizada en el modo DHD, la cual esta exactamente en el circuito de control del compensador. Mientras en el modo ROTARY, esta válvula esta

energizada (cerrada) permitiendo a la bomba subir el seteo de la válvula de alivio para el pulldown.

En el modo DHD, la válvula N/O esta desenergizada, abriendo la válvula condición que permite un paso de aceite al tanque, así de este modo venteando el compensador. El resultado es vaciar alguna presión de avance hacia abajo. Esto mantiene la bomba aumentando la presión y el martillo con un avance excesivo. El avance excesivo causa daño al martillo y bit, mientras mas bajo, el rango de penetración es mejor.

f. Ajuste en Válvula de Retención Sistema de Avance (Unidades con HR2)

El siguiente procedimiento de ajuste en al válvula de retención:

1. Atornille completamente la válvula de alivio de la válvula de retención (holding) y fíjela en su lugar. La válvula de alivio es un botón negro extendiéndose desde un pequeño bloque en la parte superior de la válvula de retención.
2. El interruptor de volquete en la consola en la posición "Rotary"
3. Con el cabezal de rotación desplazándose hacia abajo lentamente por torre (control desplazado ¼), ajuste la válvula de retención (el ajuste plateado en la parte superior de la válvula de retención) para alcanzar 700 +-50 psig. En el manómetro de pulldown.
4. Revise el interruptor de limite montado bajo la consola en el control morse para el avance. Este debe actuar tan pronto como el control de avance es movido hacia abajo. Ajuste si se requiere.
5. Mueva el interruptor (Rotary / DHD) en la consola a la posición "DHD" (martillo de fondo).
6. Con una barra de perforación instalada en el spindle, mueva el control de pulldown. Verifique que el movimiento hacia debajo de la barra puede ser suspendido girando el regulador de pulldown en sentido reloj. (situación opuesta al modo de perforación por rotación).

4.3 MOTOR

El mantenimiento del motor de manera similar que toda la perforadora esta incluido como parte de la perforaradora DMM2. Por lo cual la hoja de servicio (Check list) tiene una parte correspondiente al mantenimiento del motor. El motor HEUI 3412E, debe tiene como punto crítico para la ejecución del mantenimiento el aceite de motor. El aceite es fuente principal de lubricación y es el fluido que utiliza la bomba hidráulica para generar la presión para el sistema de combustible. En cada mantenimiento de 250 Hrs. Se deben de cambiar los filtros de aceite de motor. El predictivo manda para esta unidad llevar un control del aceite de motor. Los niveles de emisión de partículas metálicas como Cu, Fe, Pb, Sn. El nivel de contaminación con polvo externo se evidencia con el Si. Estos controles llevados dentro de las técnicas predictivas hacen que el motor HEUI sea considerado de alta confiabilidad. El motor HEUI es controlado por un módulo de control electrónico el cual se accesa con la herramienta Electronic Technician. Se puede comunicarse con el control del motor y verificar su operatividad. El módulo controla el avance y duración de la inyección de manera precisa. Las fallas relacionadas al motor son detectadas como Códigos de diagnóstico si tienen origen eléctrico o como eventos si tienen origen operacional.

4.4 NEUMATICO

Aquí explicamos lo referente a los ajustes y trabajos de comun ejecucion del sistema neumáticos de la perforadora hidráulica DMM2.

A. PRUEBAS Y AJUSTES EN COMPRESOR DE ALTA PRESION HR2 / HR2.5

Alineamiento e Instalacion de Acoplamiento “Ringfeder” Usado en T4W, DML y DMM2 con compresores HR2.5

Es esencial alinear el eje del compresor con el centro del motor diesel, previo a posicionar y asegurar el acoplamiento con el volante del motor, para su funcionamiento correcto y el elemento de goma alcance las expectativas de vida.

a. Procedimiento de Instalacion del Acoplamiento compresor

El siguiente procedimiento de ajuste en al válvula de retención:

1. Instale el flange de aluminio fundido del acoplamiento al volante de motor y de un torque a los pernos ½ - 13 UNC de 115 Ft. Lbs.
2. Instale acoplamiento cónico central en el eje del compresor. Localizado por la distancia medida desde la cara del flange del alojamiento del compresor a la cara frontal del centro del acoplamiento. Esta deberá ser igual a la dimensión desde a la cara del alojamiento del volante a la cara de empernado del volante. (esta dimensión deberá ser aproximada a 2-3/8"). De torque a los pernos del acoplamiento cónico a 51 Ft. Lbs.
3. Revise el torque de ambos, el acoplamiento cónico y el flange de aluminio, re - apriete de ser necesario.

b. Alineamiento del Air - End

1. Deslice el air – end hacia su posición, alineándolo con el alojamiento (housing) del volante del motor y las estrías (macho y hembra) del acoplamiento compresor. Comience instalando cuatro pernos en el alojamiento del volante de motor separados 90° (grados). Agregue lainas (shims) hasta que el compresor se vea alineado con el motor.
2. Alternadamente apriete los pernos que sujetan el air end al volante, Torque de los pernos a 25 Ft – Lb (seco).
3. Apriete los pernos de montaje del air end al bastidor del paquete de potencia.
4. Suelte los cuatro pernos que sujetan el air end al alojamiento del volante del motor. Permitiendo que el peso completo del air end descanse sobre el bastidor del paquete de potencia.
5. Con un calibre (feeler), mida el juego entre el alojamiento del air end y el volante , en la parte superior e inferior (180°). Si la diferencia entre estos juegos es mas de 0,006" retire los pernos de montaje del air end al paquete de potencia y re – alinee. En seguida repita desde el paso 2 al 5.
6. Con un calibre (feeler), mida el juego entre el air end y el alojamiento del volante del motor, al lado izquierdo y derecho. Si la diferencia entre los juegos del lado izquierdo y derecho es mas que 0,006", suelte los pernos de montaje del air end al paquete de

potencia y mueva el air end de tal forma que la diferencia de los juegos (izquierdo y derecho) este dentro de 0,006". Re – apriete los pernos de montaje del air end al bastidor del power pack.

7. Revise los juegos de la parte superior e inferior de air end y el alojamiento del volante del motor. Si el juego no esta dentro de 0,006" el uno al otro. Vaya al paso 5.
8. Re – apriete los cuatro pernos que sujetan los alojamientos de compresor y volante. Agregue y apriete los pernos restantes al torque requerido (torque final de 30 Fb Lbs.)

B. PRUEBAS Y AJUSTES EN COMPRESOR DE BAJA PRESION XL

a. Procedimiento Regulación Válvula Mariposa

El siguiente procedimiento debe ser realizado solamente cuando se observe los siguientes síntomas:

- Estando cerrada la válvula de control se observa que la presión en el tanque separador aumenta.
- Al abrir la válvula de control da paso de aire en la consola, la válvula mariposa continua cerrada.
- Cuando el ángulo de apertura de la válvula mariposa no corresponde al señalado.

El sistema de control consta de los siguientes componentes:

1. Conexión de varillaje
2. Válvula de alivio de 100 psig
3. Filtro
4. Control al eje de válvula mariposa
5. Cilindro de aire
6. Soporte sistema de regulación
7. Conector
8. Conector
9. Abrazadera
10. 16 Tuerca y contratuerca

11. Manguera de aire control cilindro
12. Tornillo tope
13. Tuercas de fijación
14. Tuerca vástago cilindro

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Suelte el varillaje dispuesto en el eje de la válvula mariposa. Cierre la válvula con la mano, extienda el cilindro de aire totalmente hacia fuera y re apriete el varillaje en esta posición.
2. Suelte la contratuerca y ajuste el tope del varillaje con el perno totalmente hacia adentro. Ajuste el extremo del cable de control de tal forma que la válvula mariposa este cerrada en la posición "compreso off"
3. Con el control "ON/OFF" a la posición "OFF", ajuste el perno tope hasta que se encuentre tocando el varillaje. Desplace el cable de control varias veces, ajuste el tornillo tope de ser necesario para prevenir que la válvula mariposa se trabe.
4. Levante el control "ON/OFF" a la posición "ON". Manualmente extienda el cilindro de aire y verifique que el cable de control no interfiera con el recorrido del cilindro.
5. Cierre la válvula de alivio manual. Cierre la válvula de bola que alimenta el colector de polvo. Abra la válvula principal de la línea de aire (si la trae). Arranque el motor y aumente las RPM.
6. Con un trozo de madera bloquee la salida de aire del spindle. Levante el control del compresor a la posición "ON". Ajuste si es necesario la presión de descarga del compresor por medio de la válvula de alivio de 100 psig en el estanque separador. No permite que la presión en el estanque separador exceda los 105 a 110 psig.

Nota:

Arranque el compresor y permita que llegue a la presión máxima (105 a 110 psig). Verifique el interruptor del circuito anti-ruido y ajuste si es necesario. El indicador de vacío no deberá exceder las 24" Hg para el XL1900.

b. Limpieza del Sistema del Air End

Una vez que se ha determinado que el air end debe ser reemplazado, el siguiente procedimiento debe ser seguido antes de instalar la unidad nueva o reacondicionada.

1. Drenar totalmente el sistema de aceite del air – end y limpiar el estanque separador.
2. Remover el aceite usado y los elementos de los filtros de aire, limpie los air cleaner e instale los nuevos elementos. Inspeccione el elemento separador. Si el elemento muestra algún signo de calentamiento excesivo, Barnices o tiene un área colapsada, el elemento debe ser reemplazado. Limpie el enfriador de aceite e inspeccione la válvula de control de temperatura por posible daño.
3. Limpie todos los manifolds, tubos y flexibless desde la salida de los filtros del air end. Si es necesario remueva los componentes, limpie y reinstale. Use un solvente comercial no cáustico (por ejem. : Therma-solve o similar) o un aceite tal como un fluido para hacer flushing.

Nota: Esto es critico ya que pequeñas (1/8" y menos) líneas de suministro de aceite se conectan con el air end.

4. Chequee la condición de todas las líneas de aire y aceite y reemplace si cualquiera de las cubiertas (interior o exterior) estén visiblemente dañadas.
5. Sobre la Instalacion tomar todas las precauciones para prevenir que materiales extraños entran en el air end.
6. Cuando ajuste el air end en su posición para empernarlo al motor, tome todas las precauciones para asegurarse un adecuado alineamiento. Deslice el air end dentro de su posición y encaje el air end en el cubre volante y pernos de montaje. Permita que el peso completo de air end descanse en los soportes del air end y mida con un feeler la holgura entre el housing del air end y el housing del volante en cuatro puntos separados 90 cada medición. Ajuste con lainas los soportes hasta que la holgura medida no varíe mas que 0,006" en cualquier posición. Luego apriete todos los pernos, (ver sección anterior pagina 8 y 10)
7. Verifique que las líneas del aceite del air end estén ubicadas correctamente. Utilice la literatura de servicio y los boletines de servicio técnico.

8. Llene con aceite el sistema, con el lubricante aprobado. Nota: La garantía del air end es valida solamente cuando se utiliza el lubricante aprobado.
9. Ponga un galón de aceite por la admisión de aire del air-end para ayudar a la lubricación en la partida inicial en compresores de tornillo solamente. Precaución: No ponga aceite dentro de un air end de paletas, esto puede causar que las paletas se quiebren.

c. Puesta en Marcha de un Air End

1. Arranque la unidad y permita que la presión del sistema alcance solamente 50 psig, detenga la unidad y permita que el sistema se purgue (cero presión en estanque separador). Verifique nivel de aceite y agregue si es necesario.
2. Arranque nuevamente y opera la unidad en el modo descarga (unloader), inspeccionando permanentemente (ruido anormal, vibraciones excesivas, filtraciones de aceite o aire, sobrecalentamiento, etc.) durante cinco minutos. Detenga la unidad y revise nivel de aceite, agregue si es necesario.
3. Arranque nuevamente y opere la unidad en el modo carga, ajustando y regulando los rangos de presión y velocidad (si corresponde). Permita que la unidad opera aproximadamente una hora verificando permanentemente todas las temperaturas y presión.
4. Reemplace los filtros de aceite después de una hora; 50 horas; 150 horas y 500 horas de operación. Luego continuar con los cambios a los periodos normales.

4.5 ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de la perforadora hidráulica DMM2 esta dispuesto por toda la unidad y tiene relación con casi todo los sistemas de la máquina. Seguidamente explicaremos los detalles del mantenrmiento a seguir para esta unidad. Básicamente en la cabina se tienen los controles de toda la unidad. En la parte posterior de la misma estan los compartimentos donde se ubican los relés y solenoides para el control hidráulico.

CAPITULO 5

5.0 REPARACIONES PROGRAMADAS DE LA PERFORADORA DMM2

Las reparaciones programadas son parte del mantenimiento planificado aplicado a un equipo. Debe entenderse que de acuerdo al tipo de mantenimiento aplicado cada uno de los mismos tendrán sus propios costos que incidirán en los costos de mantención final. Un equipo en operación tienen sus costos de mantenimiento estructurado de la siguiente manera:

Costos de mantenimiento = **C planificado** (**C preventivo** (*C Inspectivo* + *C mantto preventivo* + *C rep. mayores* + *C rep. menores & misc* + *C backlogs*) **+ C predictivo + C proactivo + C tpm + Cworld class) + C no planificado** (C correctivo).

En una operación minera de tajo abierto los equipos de movimiento de tierra no son estacionarios y se trasladan constantemente por lo tanto durante las horas productivas el operador no puede dejear el vehículo. Es asi que el mantenimiento TPM no es aplicable. El mantenimiento WORLD CLASS básicamente es tomado por algunas operaciones mineras como meta. Una empresa define su política y traza sus objetivos en función de los recursos. En la actualidad muchas empresas estan en este proceso. Las reparaciones de los componentes de la perforadora realizados por Ferreyros S.A.A. en Lima en el Centro de Reparación de Componentes en la actualidad han alcanzado estos estándares. Sin embargo, en el tiempo en el que el autor estuvo a cargo de la mantención de este equipo la Compañía Minera Antamina estaba en construcción y el taller principal se encontraba en

construcción por lo que este tipo de mantenimiento estuvo proyectado pero no en aplicación.

Luego entonces los costos a los que se incurren principalmente en el mantenimiento planificado es el Preventivo, Predictivo y Proactivo. Un departamento de monitoreo de condiciones cuyo costo operativo básicamente es la depreciación de los activos del que hace uso y la mano de obra del personal administrativo y operativo de este departamento sumados al volumen de atenciones y tomas de muestras de aceites, evaluaciones específicas, aplicación de mejoras y otros desempeñan básicamente el mantenimiento Predicitivo y Proactivo. Es decir los costos de mantención total serán incrementados con Ordenes de trabajo de estas tareas y los costos del departamento. Operativamente el grueso de los costos de manteción planificados provienen del mantenimiento Preventivo. En el este mantenimiento están contabilizadas todas las tareas por Costos de mantenimiento preventivo (*C Inspectivo + C mantto preventivo + C rep. mayores + C rep. menores & misc + C backlogs*)

5.1 REPARACIONES MAYORES

Las reparaciones mayores se calcularon para 30000 Hrs. De operación de los equipos bajo la modalidad de un M.A.R.C. (Maintenance And Repair Contract) firmada entre Antamina y Ferreyros S.A.A.

INGERSOL--RAN
CONSTRUCTION & MINI

COMPONENTES MAYORES DMM2

COMPONET	QTY	NEW		REBUILD			REQUEST			MARC (HRS)	LABOR R&I	
		LIFE COMP.	SALES VALUE	LABOR VALUE	LIFE WARR.	S.VAL. PARTS	REB	NEW	COMP.		IN	OUT
ENGINE ASSY/Main (*)	1	48000	$76,628	$6,500	12000	$33,558	2		0	30000		INC.
UDERCARRIAGE/Un (*)	1	15000	$42,184					2	0	30000		INC.
PROPEL MOTOR/Un (*)	2	10000	$8,038					6	0.1	30000		INC.
GEAR UNIT/Final Dn (*)	2	15000	$16,215					4	0	30000		INC.
FEED SYSTEM/Feed (*)	1	10000	$7,492					3	0	30000		INC.
CABLE ASSY/Feed S	4	10000	$1,044					12		30000	INC.	
AIR END - XL/Comp (*)	1	30000	$20,499	$1,235	10000	$12,241	2	1	0.1	30000		INC.
DRIVE, PUMP-3 HOL(*)	1	10000	$3,952						0.1	30000		INC.
PUM, HYDRAULIC-7 (*)	2	10000	$9,269						0.1	30000		INC.
CYLINDER, HYDRAULIC	3	40000	$4,996	$358	10000	$1,500	9		0.1	30000	INC.	
PUMP, DOUBLE/9297 (*)	1	10000	$2,117						0.1	30000		INC.
MOTOR, HYDRAULIC (*)	2	10000	$1,375						0.1	30000		INC.
CYLINDER, HYDRAU (*)	1	40000	$42,266	$1,040	10000	$12,680	3		0	30000		INC.
SHEAVE/Feed System	4	30000	$4,389					4	0.1	30000	INC.	
CYLINDER, HYDRAULIC	2	40000	$353	$163	10000	$148	6		0.1	30000	INC.	
CYLINDER, HYDRAULIC	2	40000	$858	$163	10000	$360	6		0.1	30000	INC.	
POWER HEAD ASSY	1	40000	$84,846	$1,203	10000	$8,556	3		0	30000		INC.
MOTOR, HYDRAULIC (*)	2	10000	$7,320					6	0.1	30000		INC.
MOTOR, HYDRAULIC (*)	1	30000	$826					1	0.1	30000		INC.
WINCH, 8000 LBS/H	1	40000	$6,652	$293	10000	$1,862	3		0.1	30000	INC.	
CYLINDER.HYDRAULIC	4	40000	$454	$163	10000	$191	12		0.1	30000	INC.	
MOTOR, HYDRAULIC (*)	1	10000	$508					3	0.1	30000		INC.
PUMP, WATER CAT 3	1	30000	$1.323					1	0.1	30000	INC.	
TOTAL												

Para el caso de Ferreyros S.A.A. como suministrador de M.A.R.C. era necesario tener proyectadas todas las reparaciones mayores programadas. La reparación de un componente por horas de operación constituye uno de las mayores inversiones dentro del presupuesto de mantenimiento. Un componente tendra costos de reparación adecuados cuando es retirado de operación sin presentar fallas. Seguidamente presentaremos algunos informes de reparaciones mayores realizadas en componentes que fallaron dentro de su vida estimada antes de su reparaciòn. En los casos de fallas se precisa de realizar un informe de Análisis de Falla el mismo que busca definir la causa raiz del problema.

ANÁLISIS DE FALLA

OT : LI17677
Fecha de Ingreso : 08 de Septiembre del 2.003
Fecha de Instalación : 14 de Julio del 2.003
Fecha de Falla : 27 de Agosto del 2.003
Modelo : DM45
Numero de serie : 3816
Horómetro de Maquina : 46.429 hrs.
Componente : Cabezal de perforadora.
Horómetro Componente : 793 hrs.
OT Anterior : LI16995
Manual de referencia : ER
Dealer : Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente : Motor Industria
Síntoma de la falla : Presencia de partículas metálicas en el aceite.(Fractura de dientes de los engranajes del cabezal de la perforadora)

ANTECEDENTES:

El componente posee una orden de trabajo anterior con número LI16995 ingresado el 18/11/02. la razón de la misma es por horas de operación 10.745 hrs.
Las observaciones al momento de la recepción en esa oportunidad fueron:

- Tuerca de precarga (Nut Lock P/N 57291304) y el seguro (Washer lock P/N 57291288) estaban soldadas al eje (Spindle)
- Presencia de una fuga por el reten de la parte inferior.
- Ligero rozamiento en la base de la carcaza producida por el piñón principal P/N 57546301.
- Presencia de desgaste en los alojamientos de las pista externa de los rodamientos de los ejes intermedios. Razón por la cual son mandados a Motor Industria para reconstruir los 4 alojamientos de los rodamientos en el housing. más no los alojamientos de las tapas.
- Se encuentran pernos rotos y roscas sobre medida. en la parte externa del cabezal.

El día 27 de Agosto falló el cabezal de la perforadora 01 con 793 hrs. instalado el 14/07 . la falla fue que de un momento a otro empezó presentar un sonido cuando rotaba. por lo que se procedió a pararlo . al sacar el tapón de aceite cayeron pedazos de canastilla de rodaje

INFORMACIÓN DE ELEMENTOS DE MONITOREO:

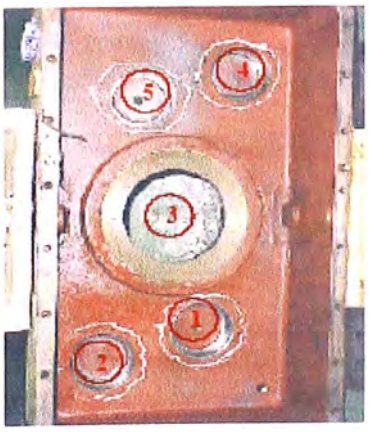
No se cuenta con reportes de aceite en el periodo de trabajo del cabezal

INSPECCIÓN A.F.A.

Motoreductor

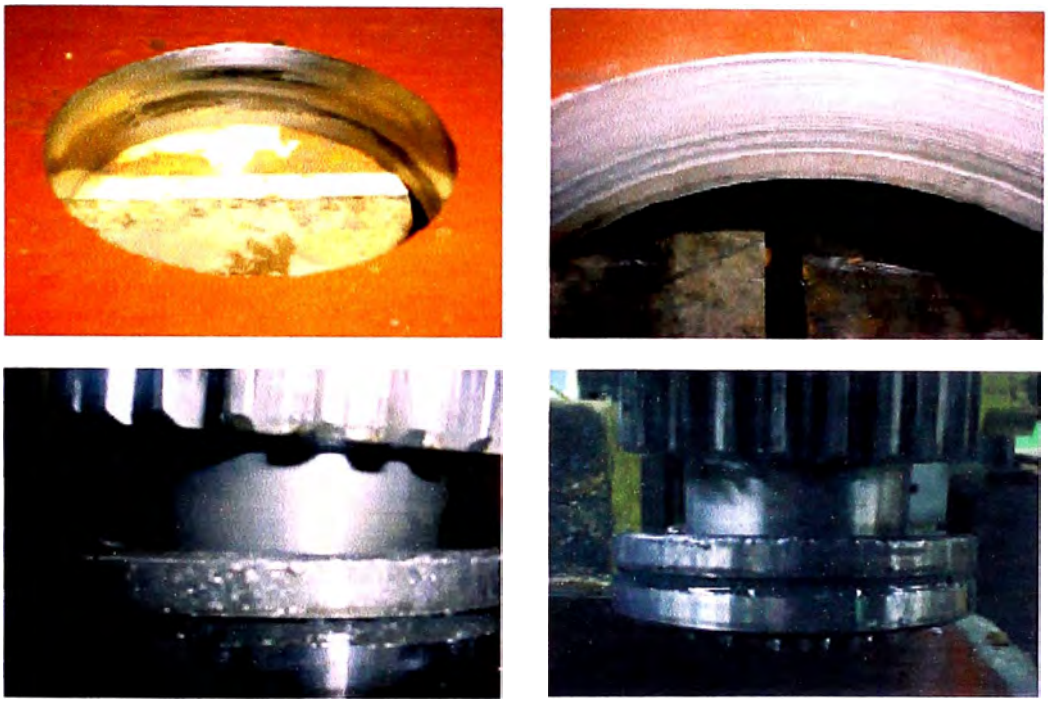
Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T Si
1	E.A Bearing, Rotary head	52209939	2	Un rodamiento se encuentra uno con la canastilla destruida y el otro con signos de temperatura en la pista interior	Si	1
2	E.A Bearing, Rotary head	95214037	2	No giran libremente, el sello presenta signos de golpes	Si	1
3	E.A Piñon, Impul, Rotary head.	57170110	2	No presentan daños.	No	1
4	E.A Shaft, Intermediate Rotary head.	57191017	1	Rotura de dos de sus dientes. El filo del diente presenta ondulaciones	Si	1
5	E.A Shaft, Intermediate Rotary head	57191017	1	No presentan daños. El filo del diente presenta ondulaciones	No	1
6	E.A Gear, Intermediate Rotary head	57159113	2	No presentan daños.	No	1
7	E.A Bearing, Rotary head	95434874	2	Presenta signos de ralladuras en su cara externa.	Si	1
8	E.A Bearing, Spherical roller Rotary head	95711156	2	Le faltan rodillos al rodamiento	Si	1
9	E.A Gear, Output, Rotary head	52202736	1	Presenta la fractura de uno de sus dientes.	Si	1

Al momento de realizar el desmontaje de la tapa del cabezal de perforación se apreció que el aceite contenia agua, además de una gran cantidad de particulas metálicas provenientes de los engranajes, canastilla de un rodamiento de bolas e inserto del housing

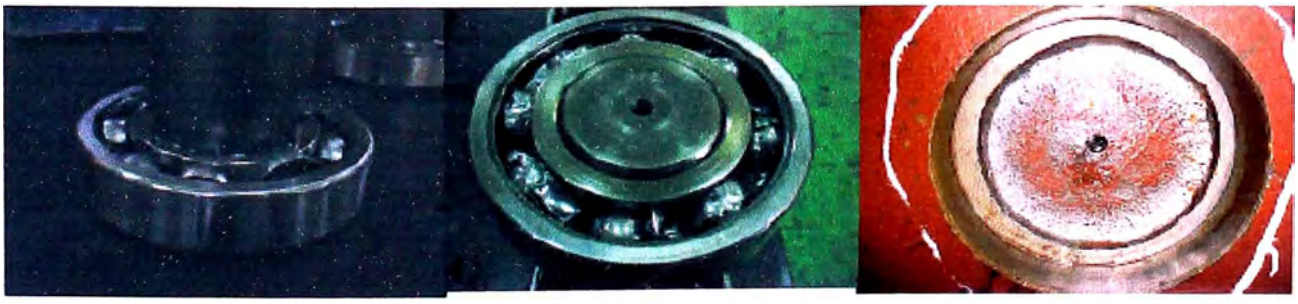


Numeración de los engranajes que nos permitirán observar los daños con mayor claridad.
Daños mayores ubicados en los alojamientos # 1 y # 4

Desgastes en los alojamientos de las tapas # 1 y # 4



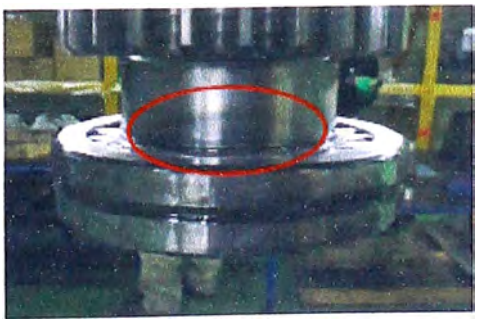
El rodamiento inferior del eje (Ubicación 2) con numero 57170110 que se aloja en el housing del cabezal, presenta su camstilla de sujeción de los elementos rodantes del rodamiento con número de parte 52209939, totalmente deteriorada, con gran desprendimiento de material, el mayor daño se da en la cara que hace contacto con el Housing del cabezal, lo cual ocasiona que su alojamiento presente en su base una superficie pulida opaca.
El rodamiento superior del mismo eje no presenta un giro libre y se nota la presencia de gran cantidad de particulas metálicas en el sello del mismo



El otro rodamiento inferior del eje (Ubicación 4) con numero 57170110 que se aloja en el housing del cabezal, presenta signos de temperatura por la coloración en la pista interior del mismo. El rodamientos que sostienen la parte superior del eje muestra marcas de golpes en los sellos y este no gira libremente, además de rayaduras en la cara externa producidas contra el alojamiento de la tapa.

El engranje del eje (Ubicación número 1) tiene fracturas frágiles de dos de sus dientes. Se puede identificar la marca dejada en él. la cual se no se reparte uniformemente en toda la cara del diente, formando un talón y una figura trapezoidal en el resto de los dientes. Cabe mencionar que el filo del resto de todos los dientes posee un ondulación equidistante (Producto de la fabricación)
El engranaje que se ubica por encima de este engranaje roto, no presenta daño alguno, encontrándose en buenas condiciones.

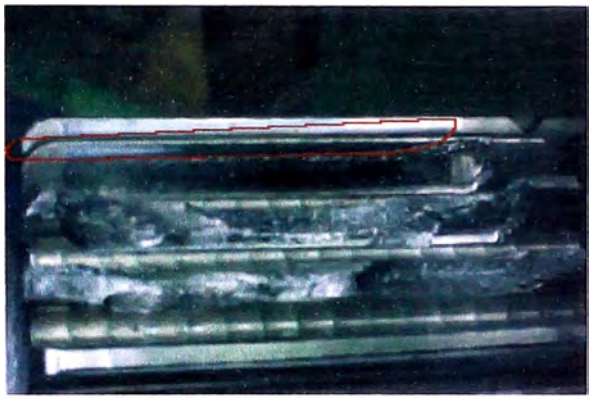
El eje en el alojamiento del rodamiento flotante de cilindros, posee signos de recalentamiento. Dicho rodamiento tiene los rodillos picados producto de la contaminación del sistema de lubricación, además le faltan tres de sus rodillos y el resto tiene marcas de rozamiento contra el alojamiento del housing del cabezal de rotación



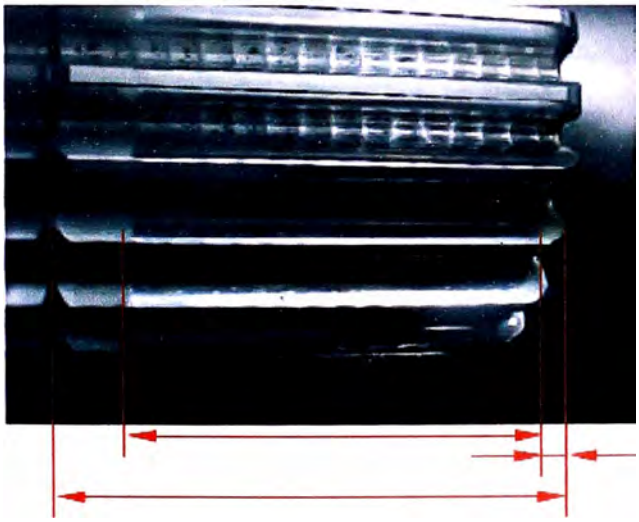
El eje (Ubicación número 4) no posee facturas en sus dientes salvo algunas picaduras, consecuencia de la contaminación del sistema. Cabe mencionar que el filo del resto de todos los dientes posee un ondulación equidistante (Producto de la fabricación)
El engranaje que se ubica por encima de este engranaje, no presenta daño alguno. encontrándose en buenas condiciones.

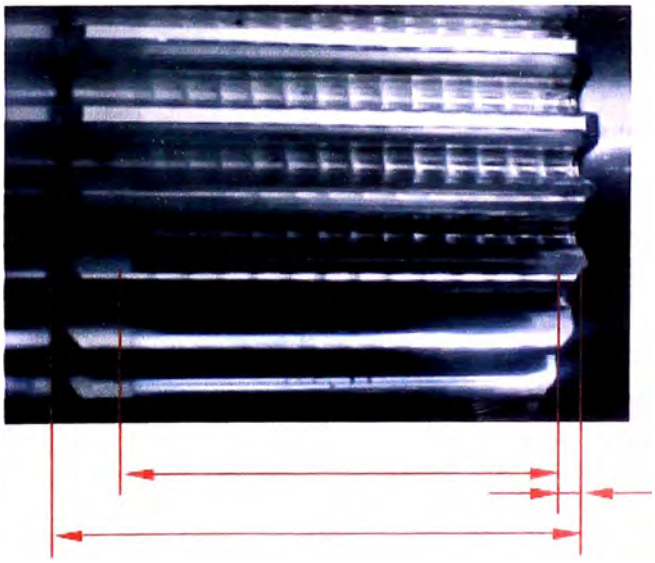
Como se puede apreciar en la figura el engranaje del eje de salida con número de parte 52202736 , muestra la fractura sufrida en uno de sus dientes (Ubicación número 3). dicha fractura esta localizada en flanco inferior del diente. Lo cual nos indicaria una mala aplicación de esfuerzos entre los elementos de engrane.

Las picaduras que se aprecian pertenecen a la ubicación 1 en el housing del cabezal de perforación. El desprendimiento de material se presenta en dos zonas principalmente A Y B (opuestas a 180°), siendo la mayor de esta la de la zona A que incluso presenta un descascaramiento ligero y en la zona B el desgaste es del tipo adhesivo



Como se pude apreciar la pisada dejada en ambos engranajes tiende a ubicarse un la parte baja de los engranajes





Fragmentos del metalizado del alojamiento # 1.
No se detectó locktile en su superficie.

Medidas realizadas al Housing y la Tapa

Housing
- Ø nominal 119.994 / 120.015 mm
- Ø A = 120.00 / 120.00 120.01 / 120.025 (no se coloco bocina)
- Ø B = 126.58 / 126.60 Alojamiento desbocado (se salió la bocina instalada).
- Ø C = 120.00 / 120.01 120.00 / 120.01 (bocina instalada).
- Ø D = 120.00 / 119.99 120.00 / 119.99 (no se coloco bocina).
- Ø E = 228.62 / 228.63 228.62 / 228.62 ===> Falta información del Ø nominal.

Tapa
- Ø nominal 149.999 / 150.025 : Ø nominal 119.994 / 120.015
- Ø A = 150.03 / 150.06 150.03 / 150.11
- Ø B = 120.00 / 120.01 120.00 / 120.01
- Ø C = 120.00 / 120.15 120.00 / 120.20
- Ø D = 150.02 / 150.04 150.05 / 150.06
- Ø E = 228.63 / 228.65 228.66 / 228.67 ——> falta información del ● nominal.

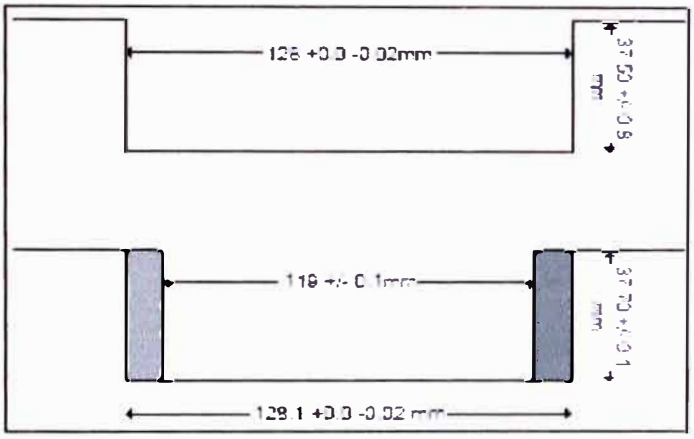
No se proporcionado los valores de tolerancias

Distancia entre B-E calculado 260.484 mm (260.352 mm calculado nominal)

Alineamiento entre los agujeros de la tapa y el housing tomando como referencia al housing.

	A	B	C	D	E
Planitud (mm)	0 / 0.14	0 / 0.06	0 / 0.08	0 / 0.02	0 / 0.14
Concentricidad (mm)	0 / 0.65	0 / 0.37	0 / 0.62	0 / 0.50	0 / 0.66

Especificaciones del inserto proporcionado por Motorindustria



No se cuenta con una guía o procedimiento de reconstrucción del fabricante

ANALISIS

Con la información proporcionada hasta la edición del presente documento, podemos concluir que la falla reportada se habría originado con la salida y rotura del inserto colocado en el alojamiento del eje que va en la posición # 1.
Dentro de las causas más probables que pueden generar este tipo de desgaste estan:

1. Poco espesor del inserto empleado. Las especificaciones de motorindustria (no validadas por el fabricante) aparentemente no fueron seguidas en esta reparación. Como se puede apreciar en las dimensiones, el alojamiento del inserto especificado por M.I. es de 128 mm. Se ha encontrado que el diámetro sin inserto 126 mm.
   Al no tener las especificaciones del fabricante se desconoce el espesor mínimo que debería tener el inserto y de que tipo de material emplear.

2. Salida del alojamiento debido a una falta de ajuste de los insertos. Al estar dañado el inserto y su alojamiento se desconoce el apriete aplicado. (Las pruebas de magnaflux realizadas a los fragmentos no pueden detectar la existencia o no de fijador. Se observaron los insertos salidos, fragmentos limpios y fragmentos con locktile no encontrando diferencia visuales en las piezas)

Menos probable serian las siguientes causas:

1. Desalineamiento del eje debido a falta de alineamiento entre el alojamiento del bearing del housing y el alojamiento del bearing de la tapa. En la reparación anterior solo se mando a reconstruir el housing. Observando los alineamientos de todos los agujeros se puede observar que el alojamiento donde se coloco el inserto (B) es el que ha estado mejor alineado y en esa posición es donde trabaja el cojinete basculante y no el de bolas. Se desconoce las tolerancias de diseño del fabricante referente a estas dimensiones.

2. Sobrecarga del eje debido a una incorrecta distancia entre el eje principal (posición # 3) y el eje (posición # 1). La distancia entre centros en el housing es 0.13 mm mayor al nominal, lo cual indicaría que ha tenido una mayor luz (menos apretado). Esto podría explicar una rotura de dientes más no una salida del inserto.

ANÁLISIS DE FALLA

OT	: LI16089
Fecha de Ingreso	: 13 de Mayo del 2002
Modelo	: Perforadora IR DM-M2
Numero de serie	: 4285
Componente	: Cabezal de rotación N/S CA-1746
Horómetro de Máquina	: 7791 horas
Horómetro de Componente	: 7 horas después de instalado
Manual de referencia	: Parts Manual DM-M2
Dealer	: Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente	: Cía. Minera Antamina S.A

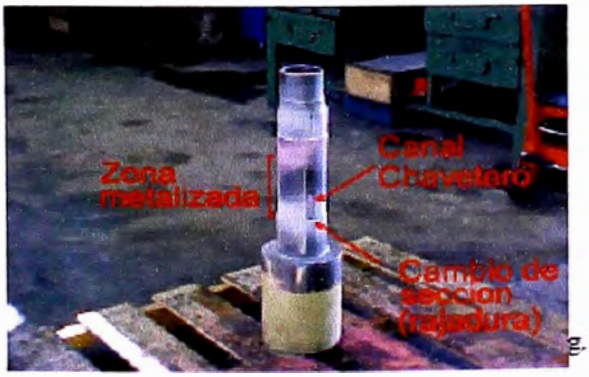
Síntoma de la falla : "Se encuentra aceite batido blanco y con burbujas".

ANTECEDENTES:

Basándose en el número de serie del cabezal de perforadora (CA-1746) se registra como reparación anterior del componente la orden de trabajo CR02189. En aquella oportunidad la máquina contaba con 3015 horas de operación y el cabezal había trabajado desde el 09 de Febrero al 22 de Julio del 2001 siendo el reporte de falla: "Pase de agua al aceite – rotura del Spindle" En la mencionada reparación y durante la evaluación del componente, se observó desgaste en el Spindle N/P 57090912 sobretodo en la zonas de trabajo de los diversos sellos razón por la que se mandó metalizar. Adicionalmente, se mandó probar la estaquiedad del componente obedeciendo al reporte de falla.
Ahora el componente ingresa con sólo 7 horas de trabajo en cuya inspección se pudo apreciar la presencia de agua dentro del compartimiento del cabezal.

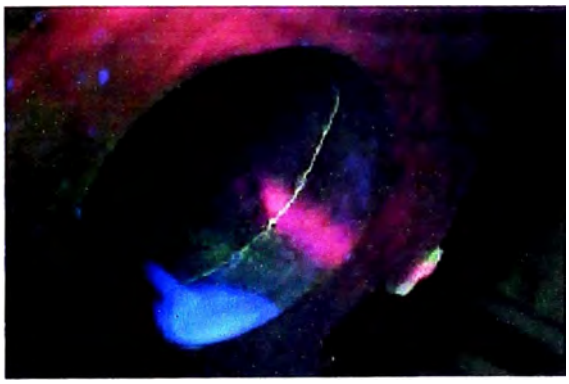
INSPECCIÓN DEL SPINDLE:

El origen de la presencia de agua dentro del compartimiento del cabezal obedecería a la presencia de una rajadura en el Spindle N/P 57090912. Esta se extiende aproximadamente en 120° del total de su circunferencia y se ubica a la altura de un cambio de sección en la zona donde termina el canal chavetero (acople con el engranaje de salida N/P 57268542). Revisar las siguientes imágenes donde se aprecia la rajadura en el diámetro externo del spindle:



g.1

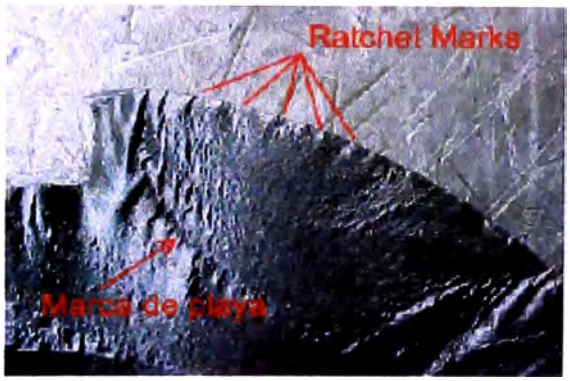
Al presentarse el pase de agua se supone que la rajadura es pasante o que llegó a alcanzar el diámetro interno del spindle. Para confirmar ése hecho se procedió a realizar las pruebas correspondientes confirmando la extensión de la misma. Ver la siguiente imágen correspondiente al diámetro interno:



ANÁLISIS:

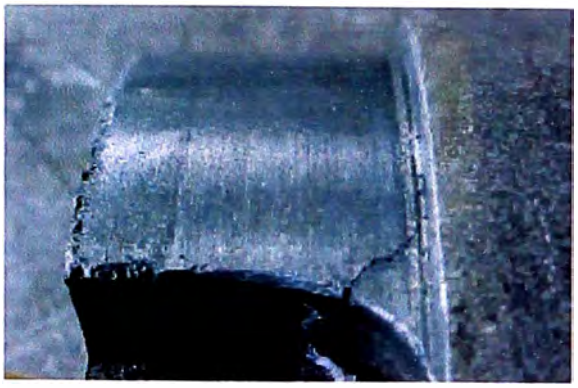
Con la finalidad de visualizar el tipo de fractura, en la zona donde la rajadura era pasante, se procedió a cortar el Spindle observando los siguientes detalles:

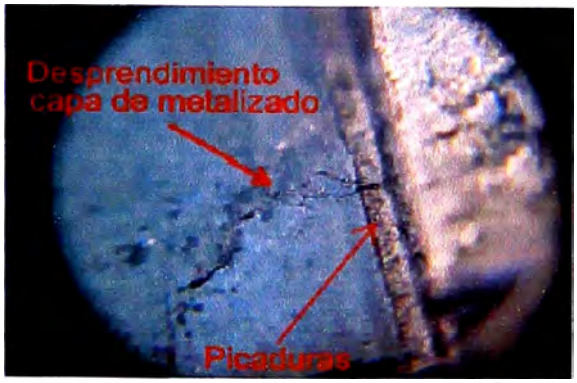
En las imágenes anteriores se puede apreciar la ubicación y extensión de la rajadura, una vez cortado el pedazo de Spindle, donde ésta era pasante.

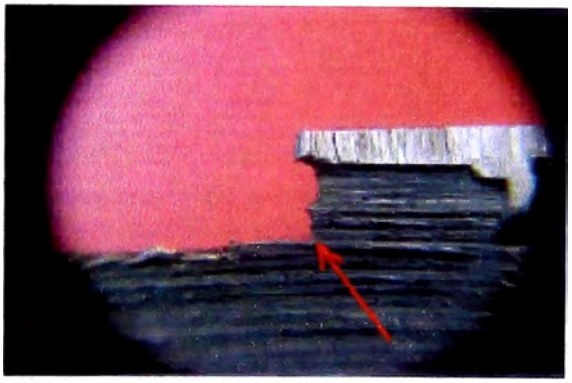


Una inspección detallada de la cara de fractura (imágenes anteriores) muestra los siguientes detalles y se obtiene la siguiente información:

1. Fractura por fatiga donde es posible visualizar las "marcas de playa".
2. "Ratchet marks" presentes señalan el lugar de inicio de las misma, es decir, en el diámetro externo del spindle. La disposición y cantidad de las mismas indica que no existe un único punto de inicio sino que el mismo diámetro externo se puede considerar como tal (estamos en el cambio de sección).
3. Inicialmente la marcas de playa indican que son del tipo de "alto ciclo" para posteriormente ser de "bajo ciclo". Esto indicaría que la fractura fue progresando con las horas de operación.
4. La coloración oscura de la zona fracturada indicaría un proceso corrosivo posiblemente relacionado con el continuo paso de agua a través de la abertura.







Una inspección detallada del cambio de sección (imágenes anteriores) muestra los siguientes detalles y se obtiene la siguiente información:

1. Un imágen de sección del eje muestra que el cambio de sección no presenta radio de curvatura alguno siendo éste cambio a aproximadamente 90°.
2. La capa de metalizado que se observa en ésta superficie no llega hasta el lugar donde se produce el cambio de sección estando separado aproximadamente 1mm de él.
3. En el espacio de 1mm es donde se ubica la rajadura. En él se puede apreciar múltiples picaduras así como un surco canal en el mismo filo de cambio de sección, posiblemente producto de un maquinado previo.

OBSERVACIONES:

- Por las evidencias obtenidas al observar la fractura por fatiga, es probable que ésta haya estado presente desde la primera vez que se envió a reparar (OT CR02189) donde se reportó, también, presencia de agua en el aceite del cabezal de rotación y el cual no fue advertido durante la prueba de estanqueidad preliminar.
- En el cambio de sección, lugar donde se genera la rajadura, es de esperar que la ausencia de radio de curvatura condicionara aún más el inicio de la fractura. Se desconoce el valor de diseño del mismo, razón por las que se efectuaron las consultas necesarias.
- La capa de metalizado que llega a estar bastante próxima al cambio de sección así como el surco observado en la zona de 1mm indicarían un trabajo preliminar de maquinado que pudo alterar la forma original del radio de curvatura. Actualmente no se dispone de información referente a trabajos anteriores en el Spindle (anteriores al de la OT CR02189) o si éste venía de nuevo para ése entonces. Para éste punto se hace necesario, también, conocer el valor de fabricación o diseño del radio de curvatura.
- Se desconocen los modos de operación del equipo pero queda claro que una sobrecarga puede condicionar la expectativa de vida de la parte en mención.

CONCLUSIÓN:

El origen de la rajadura, la misma que presenta superficie de fractura por fatiga, que finalmente generó el pase de agua, se inicia en el concentrador de esfuerzos del eje (cambio de sección). En él ha sido posible observar, además, ciertos detalles (marcas de maquinado y radio de curvatura prácticamente cero) que pudieron condicionar el inicio prematuro de una rajadura el cual finalmente se extendería hasta el diámetro interno del eje. Hasta este punto tampoco se descarta el efecto de una sobrecarga producto de una mala operación del equipo como detonante de la falla para lo cual es necesario contar con la información adicional la cual es señalada en el conjunto de observaciones.

ANÁLISIS DE FALLA

OT : CR08326
Fecha de Ingreso : 20 de Septiembre del 2.003
Fecha de Instalación : 23 de Febrero del 2.003
Fecha de Falla : 18 de Septiembre del 2.003
Modelo : DMM2
Numero de serie : 4235
Horómetro de Maquina : 26.185 hrs.
Componente : Motor 3412 s/n 38S19143
Horómetro Componente : 2.918 hrs.
OT Anterior : CR06326
Manual de referencia : SIS
Dealer : Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente : Minera Barrick Misquichilca
Reporte de la falla : Rotura de Block a la altura del cilindro = 9

ANTECEDENTES:

En enero del 2.003 el motor sufre un recalentamiento por perdida de refrigerante. Se envia al CRC y se repara con la OT CR06326.
El 23 de Febrero del 2.003 se instala en la perforadora 2 hasta el 17 de Mayo (669 hrs.)
El 17 de Mayo se instala en la perforadora 1 hasta el 18 de Septiembre en que falla (2.249 hrs) haciendo un acumulado de 2.918 hrs. desde su instalación.
En el service accurace se observa que no se han estado extendiendo los cambios de aceite.

INSPECCIÓN EN EL TALLER DEL C.R.C.:

En la inspección visual se observó una abertura en el lado izquierdo, producido por el impacto de la biela nº 9 contra el block. Las partes averiadas llegaron en una caja de madera conjuntamente con el motor.
Se revisó la luz de válvulas encontrando los siguientes valores:

	1	3	5	7	9	11
Escape	0.027	0.023	0.028	0.023		0.025
Admisión	0.017	0.017	0.018	0.021		0.017
	2	4	6	8	10	12
Escape	0.025	0.025	0.028	0.026		0.023
Admisión	0.015	0.017	0.018	0.017		0.015

Muestra de aceite analizada del filtro

Fecha	Motor	Aceite	CU	FE	CR	PB	AL	SI	NA	SN	K	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	V100
23/09/2003			2	16	0	2	2	8	1	1	0	N	N	N	36	29	39	28	15.1

Se chequeo el ajuste de los pernos de biela y bancada encontrando con los torques y grados de giros dentro de especificaciones.

	Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3	Bancada 4	Bancada 5	Bancada 6	Bancada 7
Perno A (lb-ft)	520	520	520	520	520	520	520
Perno B (lb-ft)	520	520	520	520	520	520	520

	Biela 1	Biela 3	Biela 5	Biela 7	Biela 9	Biela 11
Perno A (lb-ft)	160	160	160	160	160	160
Perno B (lb-ft)	160	160	160	160	160	160
	Biela 2	Biela 4	Biela 6	Biela 8	Biela 10	Biela 12
Perno A (lb-ft)	160	160	160	160	160	160
Perno B (lb-ft)	160	160	160	160	160	160

Biela (60 +/- 6) lb-ft + (120° +/- 5°)
Bancada (190 +/- 10) lb-ft + (120° +/- 5°)

Se encontró los pistones y las camisas 9 y 10 rotos. la camisa 11 estaba rajada. el eje de levas y el cigüeñal estaban golpeados y doblados las varillas de empuje de balancines de los cilindros 9 y 10. las mangueras de combustible de la base de filtros tambien estaban rotas debido al golpe causado por la biela.

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant	Descripción del Desgaste o Falla	¿FIS? Si/No	¿TIE? Si/No
--	LIFTER AS	1017768	24	EJE DE LEVAS F/S	S	No
--	SPRING GUIDE	6N6872	6	DESGASTE EXCESIVO.	S	No
--	SCREW-ROCKER	1C8560	16	PICADOS Y DOBLADOS	S	No
--	ELBOW	2N3378	1	CODO DEFORMADO	S	No
--	PUSH-ROD	4W5998	20	DOBLADOS.	S	No
--	SHAFT AS-ROCKER	4N1106	3	DOBLADOS.	S	No
--	HOSE	6N4375	1	ROTO.	S	No
--	HOSE	6N4377	1	ROTO.	S	No
--	HOSE	6N3876	1	ROTO.	S	No
--	BASE ARM	4W2560	1	RAJADO.	S	No
--	GEAR	2W5275	1	DIENTES PICADOS.	S	No
--	SHAFT	2W7917	1	DOBLADO	S	No
--	LINE AS	9Y3969	1	HILOS DAÑADOS	S	No
--	NUT	5B1484	1	HILOS DAÑADOS.	S	No
--	TUBE	1461678	1	DEFORMADO.	S	No

1. Monoblock

Medidas Especificadas

ALTURA DE CARPETA EN "V"					ALTURA DE ALOJAMIENTO DE CAMISA (PROY. CAMISA)	
DIAMETRO DE TUNEL DE BANCADA	JUEGO LATERAL DE TAPAS DE ASIENTO (DESV. MAX.)	DESVIACION ALINEAMIENTO DE TUNEL (DESV. MAX.)	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
5.1138+-.0005"	.001"	.0015"	419.10	418.67	0 - .001"	0 - .001"

Medidas Encontradas

DESVIACION DIAMETRO TUNEL BANCADA						
TUNEL Nº	A	B	C	DESVIACION ALINEAMIENTO TUNEL	TAPA Nº	JUEGO LATERAL DE TAPA
1	+.001	0	-.0006	Ok	1	OK
2	0	+.0005	0	Ok	2	.002
3	+.0005	+.0015	+.001	Ok	3	OK
4	+.001	+.001	+.0006	Ok	4	OK
5	+.0005	+.001	0	Ok	5	.002
6	+.0005	+.0005	+.0005	Ok	6	.002
7	-.0005	+.0006	0	Ok	7	OK

PROYECCIÓN DE CAMISAS				
CAM Nº	A	B	C	D
1	-.0005	-.0005	-.001	-.001
2	-.0005	0	-.0005	-.0005
3	-.001	-.0005	-.0005	-.001
4	-.0005	-.0005	-.0005	0
5	-.0015	-.0015	-.001	-.0015
6	-.0005	-.0005	-.0005	-.0005
7	-.001	-.001	-.0005	-.001
8	-.0005	-.0005	-.0005	0
9	-.001	-.001	-.0015	-.001
10	0	-.0005	-.0005	-.001
11	-.001	-.0005	0	0
12	-.001	0	-.001	0

ALTURA DE CARPETA EN "V"			
	EN LINEA	DERECHO	IZQUIERDO
FRENTE		418.51	418.95
ATRAS		418.72	418.58

Físicamente el monoblock presenta la fracturas que comprometen el conducto de lubricación principal (a la altura del cilindro # 9). Además se aprecia la deformación con desprendimiento de material por impacto en los asientos de las camisas # 9 y 10.
Las tapas de bancada # 2, # 5 y # 6 presentan excesivo juego lateral.

Fractura del block a la altura del cilindro # 9

2. Cigueñal

Medidas Especificadas

PUÑOS	DIAMETRO +/- TOLERANCIA	CONICIDAD	DUREZA	RADIO (MAX. - MIN.)	ENGRANAJE FRONTAL/POSTERIOR
BANCADA	4.7250 +/- .0002" A .025"	.0008"	64 Min Shore	2.34 mm	114 0962
BIELA	3.7952 +/- .0002" A .025"	.0008"	64 Min Shore	2.34 mm	-----

Bancada

DESVIACION			DUREZA					RADIO				
PUÑ N°	a 0°	a 90°	CONICIDAD	1	2	3	4	1	2	FUNDIDO	PICADURA	RAYADURA
1	4.7252	4.7252	OK	73	73	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
2	4.7252	4.7250	OK	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
3	4.7253	4.7253	.0001	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
4	4.7253	4.7253	.0001	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
5	4.7253	4.7253	OK	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
6	4.7257	4.7257	.0001	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
7	4.7252	4.7252	OK	80	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI

Biela

DIAMETRO			DUREZA					RADIO				
PUÑ Nº	a 0º	a 90º	CONICI CAD	1	2	3	4	1	2	FUNDIDO	PICADURA	RAYADURA
1	3.7954	3.7954	.002	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
2	3.7953	3.7953	.0001	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
3	3.7952	3.7951	.0003	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
4	3.7951	3.7953	.0001	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
5	3.7952	3.7945	-	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI
6	3.7950	3.7950	.0002	20	80	80	92	2.25	2.25	NO	NO	SI

Deflexión del Cigueñal

BANCADA						
	1º APOYOS	LECTURAS	2º APOYOS	LECTURAS	3º APOYOS	LECTURAS
1	APOYO	-	-	.0015	-	-
2	-	.0015	APOYO	-	-	-
3	-	.0003	-	.002	-	-
4	-	.005	-	.004	-	-
5	-	.0045	-	.003	-	-
6	-	.002	APOYO	-	-	-
7	APOYO	-	-	.0025	-	-

Cigueñal se encuentra con los muñones de bancada y biela rectificados a .025' con sus medidas dentro de las especificaciones y tolerancias.
Físicamente presenta golpes por impacto y desprendimiento de material en las nervaduras y contrapesos # 9 y 10.
Asimismo en el muñón de biela # 5 (bielas # 9 y 10) hay golpes por impacto y deformación

Daños en la superficie del cigüeñal. Focalizados en los cilindros # 9 y 10.

3. Eje de Levas

Medidas Especificadas

PUÑO DE APOYO EJE DE LEVAS			CAMON DE LEVA					
DIAMETRO			LIFT C = A - B			PERFIL		
ADYACENTE A ENGRANAJE	INTERMEDIOS Y FINAL	ACABADO SUPERFICIAL RUGOSIDAD	ADMISION	ESCAPE	INYECCION	CONICO	PLANO	ACABADO SUPERFICIAL RUGOSIDAD
2.7500 +/- .0005"	2.7500 +/- .005"	BUENO	.3129"	.3456"	----	NO	SI	BUENO

Medidas Obtenidas

PUÑO DE APOYO DE EJE DE LEVAS					
DIAMETRO					
APOYO Nº	ADYACENTE ENGRANAJE	INTERMEDIO Y FINALES	DEFLEXION	TOLERANCIA	ACABADO SUPERFICIAL
1	2.7503	2.7503	----	----	BUENO
2	2.7501	2.7501	----	----	MALO
3	2.7501	2.7501	----	----	MALO
4	2.7501	2.7501	----	----	MALO
5	2.7501	2.7501	----	----	MALO
6	2.7500	2.7500	----	----	MALO
7	2.7500	2.7500	----	----	BUENO

CAMON DE LEVA				
LIFT C = A - B				
CAMON Nº	ADMISION	ESCAPE	INYECCION	ACABADO SUPERFICIAL
1	OK	OK	----	BUENO
2	OK	OK	----	BUENO
3	OK	OK	----	BUENO
4	OK	OK	---	BUENO
5	OK	OK	----	BUENO
6	OK	OK	----	BUENO
7	OK	OK	----	BUENO
8	OK	OK	----	BUENO
9	DESPREND	DESPREND	----	MALO
10	GOLPES	OK	----	MALO
11	OK	OK	----	BUENO
12	OK	OK	----	BUENO

Eje de levas con sus medidas dentro de las especificaciones y tolerancias.
Físicamente presenta en los camones de admisión y escape del cil = 9 y camón de admisión = 10 golpes por impacto rayaduras y desgaramiento de material.

Eje de levas con golpes en los camones de los cilindros # 9 y # 10

4. Culata

ITEM	NOMBRE	CANT	DESCRIPCION FISICA DEL DESGASTE Y/O FALLA	REUSABLE
1	CULATA	2	Dentro de especificaciones	SI
2	VALV. ADM.	4	Fs por doblacura	NO
3	VALV. ESC.	4	Fs por doblacura.	NO
4	GUIAS ADM/ESC	48	Dentro de especificaciones	SI
5	INSERTOS ADM/ESC	48	Dentro de especificaciones	SI
6	RECORTES EXT	48	Dentro de especificaciones	SI
7	ROTADORES	48	Dentro de especificaciones	SI
8	ADAPTER	12	Dentro de especificaciones	SI

Vista de las culatas # 9 y # 10

Cilindro # 9 Cilindro # 10

5. Pistones

Medidas Especificadas

TIPO DE PISTON	TIPO DE ANILLO	DIAMETRO DEL PIN	DESGASTE MAX. PERMISIBLE
UN CUERPO	KEYSTONE	1.9993 +/- .0002"	1.9992"

Medidas Obtenidas

RAYADURA DE ANILLO			DAÑOS EN EL PISTON					PIN		
PISTON N°	SUPERIOR	INTERMEDIO	RAYADURAS	PICADURAS	INCRUSTAC.	OTROS	FUERA DE SERVICIO	DIAMETRO	CAÑOS	REQUIERE TRABAJO EXTERIOR
1	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9993"	NO	NO
2	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9992"	NO	NO
3	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9993"	NO	NO
4	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9995"	NO	NO
5	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9994"	NO	NO
6	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9994"	NO	NO
7	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9993"	NO	NO
8	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9993"	NO	NO
9	-	-	-	-	-	-	SI	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	SI		-	-
11	OK	OK	NO	NO	NO	SI	SI	1.9993"	NO	NO
12	OK	OK	NO	NO	NO	NO	NO	1.9993"	NO	NO

Los pistones # 1,2,3,4,5,6,7,8 y 12 se encuentran con todas sus medidas ok de acuerdo a las especificaciones técnicas, los cuáles serán reusados.
Los pistones # 9 y # 10 se encuentran flexionados y golpeados

Piston # 10 con multiples impactos en la parte superior (cabeza de válvulas) e inferior (biela y pin)

Piston # 9 con múltiples impactos en la parte superior (cabeza de válvulas) e inferior (biela y pin)

6. Bielas

Medidas Especificadas

DIAMETRO DE TUNEL	TORSION (DESV. MAX.)	PARALELISMO (DESV. MAX.)	DISTANCIA ENTRE CENTROS	TORQUE DE PERNOS	LUZ ENTRE PIN Y BOCINA	PRESION DE RETENCION DE BOCINA
40748+0005"	.012"	.004"	.003"	60LBFT+90°	.003"	1036Ps

Medidas Obtenidas

DESVIACION DIAMETRO TUNEL				DESVIACION							
BIELA N°	A	B	C	TORSION	PARALELISMO	DISTANCIA ENTRE CENTROS	ESTADO CANAL GUIA	BIELAS F/S	ESTADO BOCINA	LUZ ENTRE PIN Y BOCINA	RETENCION DE BOCINA
1	-.0005"	0	-.001"	.003"	.001"	0	OK	NO	OK	.0024"	OK
2	0	0	-.0005"	.002"	.002"	0	OK	NO	DESGASTE	.0035"	OK
3	0	-.0005"	0	.003"	.001"	0	OK	NO	OK	.0024"	OK
4	-.0008"	0	-.0008"	.005"	.003"	.0015"	OK	NO	OK	.0027"	OK
5	-.001"	0	-.0015"	.004"	.001"	0	OK	NO	OK	.0028"	OK
6	-.001"	0	-.001"	.004"	.002"	.002"	OK	NO	DESGASTE	.0033"	OK
7	+.0005"	0	-.0005"	.003"	0	0	OK	NO	DESGASTE	.0034"	OK
8	-.001"	0	-.001"	.005"	.002"	.001"	OK	NO	OK	.0028"	OK
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	———	———
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	———	———
11	0	-.001"	-.001"	.002"	.002"	.002"	OK	NO	OK	.0024"	OK
12	-.0005"	0	0	.003"	.007"	.0035"	OK	NO	DESGASTE	.0039"	OK

Las bielas # 9 y 10 se encuentran fuera de servicio por presentar el cuerpo de biela totalmente dañadas(alojamiento del pin, vástago de biela y diámetro del túnel).
Las bielas # 2, 6, 7 y 12 presentan sus medidas de luz entre el pin y la bocina fuera de especificaciones, se recomienda reemplazar las bocinas de las bielas en mención.
La biela #12 presenta ligera sobre medida en paralelismo se intentara recuperar sus medidas con el cambio de bocinas.

Las bielas N °= 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 11 y 12 físicamente se encuentran ●K no presentan ningún daño que afecte su normal funcionamiento.
Se realizó la prueba de retención de bocina a una presión de 1038Psi. mostrando sus medidas de retención de bocina dentro de lo especificado.

Biela ≠ 9
Golpes en el vástago. No se aprecian indicios de agarrotamiento entre el pin y la bocina.

Tapa de biela ≠ 9
No hay indicios de giro de metal de biela. ni fretting en las caras de contacto entre tapa y biela

Pernos de biela ≠ 9
Uno de ellos presenta golpes en la cabeza.
No hay indicios de aflojamiento

Biela ≠ 10

Golpes en el vástago y deformación del alojamiento del pin. No se ven indicios de agarrotamiento ni temperatura entre el pin y la biela

Tapa de biela ≠ 10

No hay indicios de giro de metal de biela, ni fretting en las caras de contacto entre tapa y biela

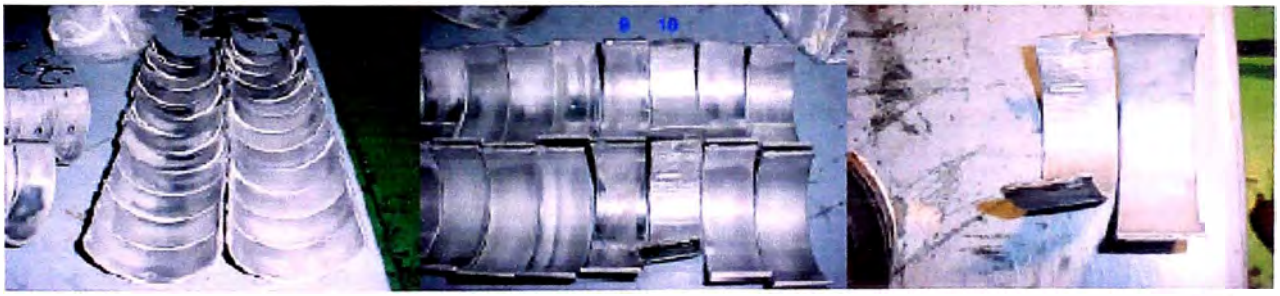
Pernos de biela ≠ 10

Uno de los pernos de biela presenta una fractura por fatiga (foto central) y el otro perno presenta una fractura dúctil (foto de la derecha)

Perno Fatigado

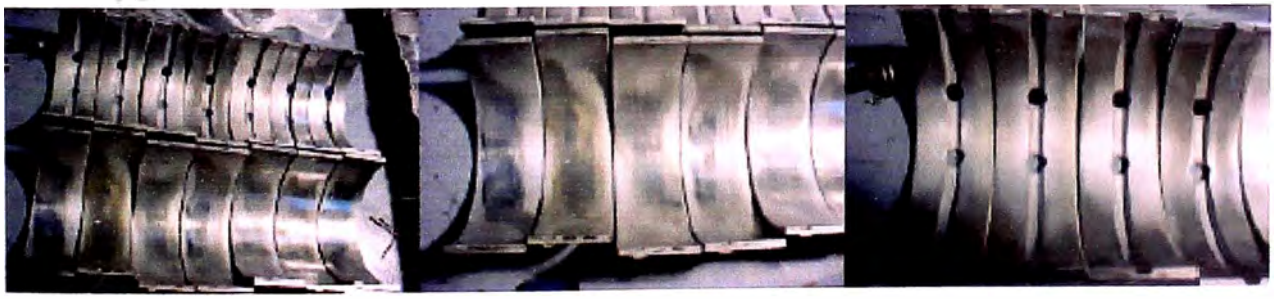
La fractura del perno se ubica en el interior de la biela. En la foto de la izquierda se observa la ubicación de la cara de contacto entre la tapa y la biela.

Las otras dos fotos muestran las caras de fractura y el punto de inicio de la fractura. (Mancha oscura cerca de la superficie – Posible defecto en el material)



Metales de biela no presentan patrones de desgastes anormales.

El metal de biela # 10 se encontró con deformaciones ocasionadas luego de que la tapa de biela se soltó.



Metales de bancada no presentan patrones de desgastes anormales.

7. Camisas

Medidas Especificadas

DIAMETRO CAMISA	MAXIMO DESGASTE
5.401 +/- .001"	.004"

Medidas Obtenidas

DESGASTE SUPERIOR		DESGASTE INFERIOR		DAÑOS EN LA CAMISA					
CAM N°	a 0°	a 90°	a 0°	a 90°	PICADURA INT.	PICADURA EXT.	RAYADURA	OTROS	FUERA DE SERVICIO	REQUIERE TRABAJO EXTERIOR
1	-.004	+.0025	0	-.002	NO	NO	NO	-	NO	NO
2	-.003	-.003	-.0015	-.001	NO	NO	NO	-	NO	NO
3	-.0025	-.002	-.0015	-.001	NO	NO	NO	-	NO	NO
4	-.0025	-.003	-.0015	0	NO	NO	NO	-	NO	NO
5	-.0015	-.001	+.001	+.0005	NO	NO	NO	-	NO	NO
6	-.0015	-.001	-.0005	-.001	NO	NO	NO	-	NO	NO
7	-.001	-.001	+.001	+.0005	NO	NO	NO	-	NO	NO
8	-.003	-.002	-.0005	-.001	NO	NO	NO	-	NO	NO
9	-	-	-	-	-	-	-	ROTURA	SI	NO
10	-	-	-	-	-	-	-	ROTURA	SI	NO
11	-.003	+.0025	+.001	+.0015	SI	NO	SI	RAJADURA	SI	NO
12	-.002	+.0015	+.001	+.0005	NO	NO	NO	-	NO	NO

Las camisas # 9 y # 10 se encuentran con fracturas multiples en la parte inferior.
La camisa # 11 presenta una rajadura en la parte inferior
Las 9 camisas restantes presentaron ligeras rayaduras que se eliminaron con hard-hone.
El espesor de las pestañas se encontró dentro de especificaciones.

Camisa # 9 con fracturas y rajaduras. Internamente todavía se puede apreciar las marcas de bruñido.

Camisa # 10 presenta fracturas en su parte inferior. Internamente se observan las marcas de bruñido

Camisa # 11 presenta una rajadura causada por impacto en la parte inferior

8. Inyector

	Valores Encontrados								
Tobera/	Presión de	Fugas / goteo	Estanqueidad	Pulverizado	Inspección	Solo cambio	Caudal del iny. Bomba		Tob. / Inyect
Inyector	Apertura	por la punta			Visual	de Sellos	Mínimo	Máximo	f/s / ok
C01	1800 PSI	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C02	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C03	1800	X	X	X	o.k.	--	--	--	F/S
C04	1700	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C05	1800	X	X	X	o.k.	--	--	--	F/S
C06	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C07	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C08	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C09	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C10	1700	X	X	X	o.k.	--	--	--	F/S
C11	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok
C12	1800	ok	ok	ok	o.k.	s	--	--	Ok

03 Inyectores presentan la prueba de pulverizado deficiente.
09 Inyectores se encuentran dentro de especificaciones

9. Bomba de Transferencia

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
--	BBA DE TRANSFERENCIA	4W5477	1	LA BBA Y ACCESORIOS INTERNOS SE ENCUENTRAN EN	No	No
---	---	---	---	CONDICIONES	---	---
				ACEPTABLES. SOLAMENTE REQUIERE CAMBIO DE SELLOS Y		
				EMPAQUES		

10. Bomba de Aceite Primaria

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
1	BODY AS	4N6813	01	_Se cambian 02 bocinas 7N2156 por presentar rayaduras (A)	No	No
2	COVER	7C6498	01	_En buen estado.	No	No
3	GEAR	2W4087	01	_Bocina 6N5877 en buen estado.	No	No

11. Bomba de Agua Primaria

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
1	WATER PUMP GP	3T1335	01	_Se realiza limpieza externa y se habilita para armado.	No	No

12. Bomba de Cebado

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
--	BBA DE CEBADO	1G2908	1	EL EJE DE BOMBEO PRESENTA LIGERO DESGASTE. LAS	S	No
---	---	---	---	VALVULAS	---	---
				CHECK SE ENCUENTRAN EN BUENAS CONDICIONES		

13.Jets de Lubricacion

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
--	JETS DE LUBRICACION	7W4990	12	EL PEDIDO DE LOS JETS SE REALIZA POR EL AREA DE	No	No
---	---	---	---	CALIBRACIONES. EN ESTA REPARACION SE HARA EL PEDIDO	---	---
---	---	---	---	DE UN	---	---
---	---	---	---	MONOBLOCK NUEVO, 1 BLOCK GROUP CYLINDER (3E1377) POR	---	---
---	---	---	---	RECOMENDACION DE COORDINACION TECNICA EN LA	---	---
---	---	---	---	FERRONIADE Y/O	---	---
---	---	---	---	YARANGO. POR LO QUE NO SE DEBE PEDIR LOS JETS DE	---	---
				LUBRICACION, SOLO PERNOS DEBIDO A QUE YA ESTAN		
				CONTENIDOS		
				EN ESTE GRUPO. (CONFIRMACIÓN ENVIADA POR H		
				BERMUDEZ)		

14. Múltiple de escape

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
1	manifold exhaust	[illegible]	2	presentar desgaste normal	No	No
2	manifold exhaust	[illegible]	2	presentar desgaste normal	No	No
3	manifold exhaust	[illegible]	2	presentar desgaste normal	No	No

15. Cableado Electrico

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
01	SOLENOID SHUT OFF	[illegible]	01	PRUEBA ESTATICA OK	No	No
02	ELECTROVALVULA (ET-ER IR)	-	01	OK	No	No
03	MOTOR ELECTRICO	[illegible]	01	PRUEBA ESTATICA OK.	No	No
04	CONTACTOR	[illegible]	01	OK	No	No

16. Arrancador Electrico

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
01	DRIVE AS	6N3826	01	DIENTES CON DESGASTE, DE ENCONTRO ABUNDANTE TIERRA	S	No
01	STUD	[illegible]	01	CHISPORROTEADO	S	No
03	TERMINAL	[illegible]	01	CHISPORROTEADO	S	No
03	ARMATURE	7M6551	01	PRUEBA ESTATICA OPERATIVO	No	No
05	COIL AS	7M0324	01	OPERATIVA	No	No
06	BRUSH AS	3T9624	06	DE REJOAN	No	No

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
1	SOLENOID	[illegible]	1	CONTACTO CHISPORROTEADO	S	No
2	DRIVE AS	6N3826	1	DIENTES DEL PIÑON DESGASTADOS Y MECANISMO DE TRABA	No	No
---	---	---	---	DE 3 RO	---	---
3	CARBONES	8C3668	1	DEFECTUOSO	S	No
				PRESENTA DESGASTE		

17. Alternador

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
01	COIL AS	[illegible]	01	PRESENTA TRABAJO EXTERIOR	S	No
02	STATOR AS	8T9792	01	PRESENTA TRABAJO EXTERIOR	S	No
03	RECTIFIER AS	8L9775	01	PRUEBA ESTATICA OPERATIVA	No	No
04	DIODE AS	6N1944	01	PRUEBA ESTATICA OPERATIVA	No	No

18. Enfriador de Motor

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
--	OIL COOLER	TCC148	1	HORAS DE SERVICIO	No	Si
--	CORE AFTERCOOLER	2W6693	1	HORAS DE SERVICIO	No	Si

19. Bomba de Inyeccion

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
--	GUIDE	8 0139	1	LIGERO DESGASTE EN EL AREA ADYACENTE A LAS	No	No
--	GEAR	9N8783	1	CONTRAPESAS	No	No
--	RACK R.H.	4N0295	1	LIGERAS RAYADURAS EN EL AREA ADYACENTE AL COJINETE	No	No
--	RACK LH	4N0295	1	DESGASTE MODERADO EN LAS ZONAS DE TRABAJO	No	No
--	COVER	9N3695	1	DESGASTE MODERADO EN LAS ZONAS DE TRABAJO	No	No
--	GEAR	9N0960	1	DESGASTE MODERADO Y RAYADURA EN EL ALOJAMIENTO DE	No	No
--	GEAR	9N0961	1	ENGRANAJES	No	No
--	CILINDER	4N3807	1	RAYADURAS LIGERAS EN LOS DIENTES	No	No
--	PISTON	9N6775	1	RAYADURAS LIGERAS EN LOS DIENTES	Si	No
--	SLEEVE	9N6963	1	RAYADURAS LIGERAS LA ZONA DE TRABAJO DEL PISTON	Si	No
--	BEARING	9N6441	2	DESGASTE Y RAYADURAS EN AREA ADYACENTE AL MANGUITO	Si	No
--	PLUNGER	7W0162	1	DESGASTE EN LA ZONA DE TRABAJO DEL PISTON	No	No
--	HUB	8L4282	1	RAYADURAS EN EL DIAM. INTERNO RAYADURAS LEVES EN LA PARTE BAJA DEL PISTON DESGASTE EN EL AREA ROZADA	Si	No

20. Turbos

ITEM	NOMBRE	CANT	DESCRIPCION FISICA DEL DESGASTE Y/O FALLA	REUSABLE
1	CAJA TURBINA	1	Esta en buenas condiciones se reusa ok	SI
2	CAJA COMPRESOR	1	Esta en buenas condiciones se reusa ok	SI
3	CAJA CENTRAL	1	CARTRIDGE GP. Se verifico el juego axial según las especificaciones del fabricante es .003" a .010" se encontró .038" y .046" se encuentra dentro las tolerancias, los alabes del rodete de compresor y turbina estan en optimas condiciones operativas, los ductos se encuentra se efectua una limpieza externa	SI

ANALISIS:

La falla del motor se inicia con la ronura de uno de los pernos de biela del cilindro = 10, lo que ocasionó que la tapa de biela se abra como bisagra y se fracture el otro perno de biela por sobrecarga (dúctil). Al abrirse la tapa los metales de biela se salieron y terminaron en el carter.
Sin la tapa que sujete la biela, esta se desplazó y
Una vez suelta la biela esta se desplazo hacia arriba (golpes de corona con culata - valvulas) y por los movimientos laterales empezó a romper la falda del piston y posteriormente las camisas = 10 y = 9, la biela # 9, por la parte superior con el eje de levas, las paredes internas del block y finalmente la pared lateral del block.

Observando el punto de inicio de la fractura, se puede apreciar una mancha oscura (material diferente al base) cercana a la superficie del perno que habría actuado como un concentrador de esfuerzos anormal que se fue propagando a través del perno (fatiga) hasta la fractura final dúctil.

CONCLUSIONES:

Con la información proporcionada hasta la edición del presente documento podemos concluir que la falla se origina con la fractura por fatiga de uno de los pernos de biela del cilindro = 10.

OBSERVACIONES

En la reparación anterior CR06326 se cambiaron todos los pernos de biela (Se pidieron 20 pernos = 6N-8942 y 2 bielas completas).
No se cuenta con reportes actualizados de aceite en el laboratorio SOS.

ANÁLISIS DE FALLA

OT : CR05213
Fecha de Ingreso : 26 de Setiembre del 2.002
Fecha de instalación : 30 de Mayo del 2.002
Fecha de Falla : 19 de Setiembre del 2.002
Modelo : DMM2
Número de serie : 4276
Horómetro de Máquina : 21.123 hrs.
Componente : Motor 3412 s/n 4CR01031
Horómetro de Componente : 2.863 hrs.
OT Anterior : AC00735
Manual de referencia : SIS
Dealer : Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente : Compañía Minera Antamina
Síntoma de la falla : Baja presión de aceite

Antecedentes:
El 19 de Setiembre el operador reporta que el motor se apagó y no prende. La presión de aceite no sube y no hay flujo de aceite a la bomba HEUI.
Se realiza una inspección en la mina, encontrando al eje de la bomba de aceite roto, turbos con los ejes doblados.

Eventos registrados en el ECM

Descripcion	Veces	Primera	Ultima
Low engine oil pressure warning	21	306	14824
Low engine oil pressure shutdown	12	306	14069
High injector actuation pressure	20	1017	12969
Engine overspeed warning	3	1682	12366
High engine coolant temperature shutdown	2	2436	2856
Low engine coolant level shutdown	4	2440	2856
Low engine coolant level warning	8	35	2856
High engine coolant temperature warning	12	211	2856
High fuel temperature warning	50	0	0

Historial de Aceite

Motor	Aceite	CU	FE	CR	PB	AL	SI	NA	SN	W	F	A	ST	OXI	NIT	SUL	V100
21080	254	2	19	0	2	3	5	12	2	N	N	N	109	17	30	27	13.9
20806	334	2	28	1	2	2	5	16	7	N	N	N	137	25	36	41	13.8
20472	249	1	24	0	3	2	4	7	4	N	N	N	109	16	29	25	14
20223	312	2	45	1	2	3	9	11	5	F	N	N	134	37	71	123	13.8
19444	184	3	45	0	3	2	6	22	7	N	N	N	110	13	26	18	13.7
18953	182	5	64	1	14	3	12	1	3	N	N	N	105	116	109	102	19.1
18790	228	6	62	1	15	3	13	2	4	N	N	N	103	91	91	80	17.8

19662	271	23	67	1	20	4	11	2	5	N	N	N	128	121	115	104	18.1

Desgastes elevados de Fe y Pb desde inicio de operación.

INSPECCIÓN EN EL TALLER DEL C.R.C.:

Desarmado del motor

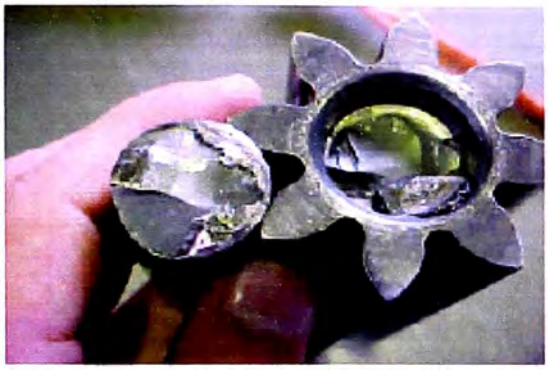
Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
01	TURBOCHARGER GP.	103-4053	02	WHEEL COMPRESOR ROZAMIENTO CON CAJA DE TURBINA	S	No
02	PUMP GP-ENGINE OIL	116-1980	01	SHAFT AS-PUMP DRIVE ROTO	S	No

Durante el desarmado se encontró el eje de la bomba de aceite seccionado en dos partes.
Los turbos se desmontaron por presentar rozamiento de los álabes con sus cajas
Se inspeccionaron las tapas de bancada # 2, 3, 4, 5, y 6 las cuales presentaron ligeros desgastes que no afectan su funcionamiento. Se cambia la bancada # 1 y 12 por precaución al encontrarlas con mayor desgastes
Se inspeccionaron todas las tapas de biela. No presentaron desgastes anormales. Se reusan
Se cortaron los filtros de aceite encontrando pequeñas limallas metálicas

Bomba de aceite

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
01	BEARING SLEEVE	-	04	DESGASTE ABRASIVO	S	No
02	SHAFT DRIVE	105-1482	01	ROTURA POR FATIGA	S	No

El eje de mando # 105-1482 presenta una fractura en el cambio de sección.
No se observan desgastes ni asentamientos anormales en las caras de los dientes de los engranajes.
La zona de los cojinetes presentan ligeras rayaduras.



La cara de fractura del eje indica que es del tipo fatiga por flexión . teniendo como origen el cambio de sección del eje y finaliza con un labio de corte en el otro extremo.

La zona del eje que se acopla con el engranaje presenta desgaste. pero no se ha llegado a girar de su alojamiento.

Turbos

ITEM	NOMBRE	CANT	DESCRIPCION FISICA DEL DESGASTE Y/O FALLA	REUSABLE
1	CAJA TURBINA	1	Se encuentran en buenas condiciones	SI
2	CAJA COMPRESOR	1	En buenas condiciones	SI
3	CAJA CENTRAL	1	Desgaste en el asiento del sello de turbina (1.001" de diametro) esta en la medida max. esp	SI
4	EJE TURBINA	1	tab.	SI
5	RODETE TURBINA	-	Presentan deflexion (0.010") se corrige segun muestra en el manual de reusabilidad de partes	-
6	RODETE COMPRESOR	1	Ademas muestra desgaste de 20% en el asiento del sello anular.	NO
7	PROTECTOR TERMICO	1	Presentan rozamiento severo en sus alabes.	SI
8	COJINETES	1	En buenas condiciones	NO
9	PLATO EMPUJE	-	BEARING AD Presenta desgaste adhesivo .	-
10	PIGTON EMPUJE	1	-	NO
11	INSERTO	1	Desgaste abrasivo por rozamiento con el ele.	NO
12	COLLAR	4	Uno se encuentra OK el otro presenta una rayadura severa en el asiento del sello anular	NO
13	ACCESORIOS INT.	-	THRUST RING: Presentan desgaste adhesivo	NO
			Presentan desgaste abrasivo y adhesivo	

Eje de ambos turbos presentan desgastes adhesivos en los apoyos de los cojinetes flotantes. con presencia de aceite quemado

ANÁLISIS:

La baja presión de aceite reportada se debió a la rotura del eje de mando de la bomba de aceite principal. Las características de la fractura (fatiga por flexión de alto ciclo- baja carga) nos indicaría que el eje ha estado cargado mas hacia un solo lado. No habiendo encontrado indicios de desalineamiento interno en los dientes de los engranajes ni en las bocinas que los soportan. las causas que podrían generar este tipo de carga en el eje son que el eje halla estado trabajando doblado o que el eje halla tenido una rajadura previa en ese sector.

La baja presión de aceite genero desgastes adhesivos entre los ejes de los turbos y sus cojinetes.

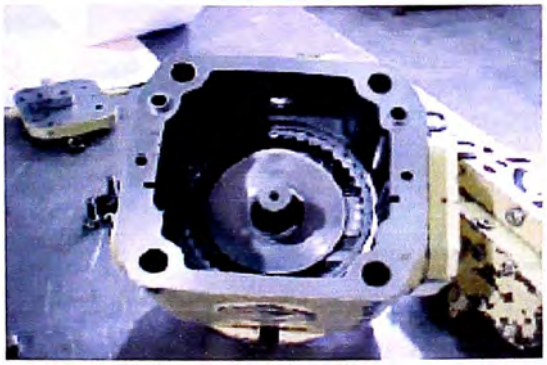
CONCLUSIÓN:

La baja presión reportada se debió a la rotura del eje por fatiga generada por un concentrador de esfuerzos anormal (eje doblado o rajado) que se fue propagando con cargas normales de trabajo (alto ciclo – baja carga).

ANÁLISIS DE FALLA

OT.	: CR03280
Fecha de Ingreso	: 22 de Febrero del 2002
Modelo	: DMM2
Número de serie	: 4250
Componente	: Bomba Hidráulica
Número de parte	: 97K12-7805
Horómetro	: 0 hrs.
Manual de referencia	: SIS.
Dealer	: Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente	: Minera Barrick Misquichilca
Síntoma de la falla	: No controla mecánicamente ninguna posición esta trabada.
Solicitud	: Reclamo a CRC

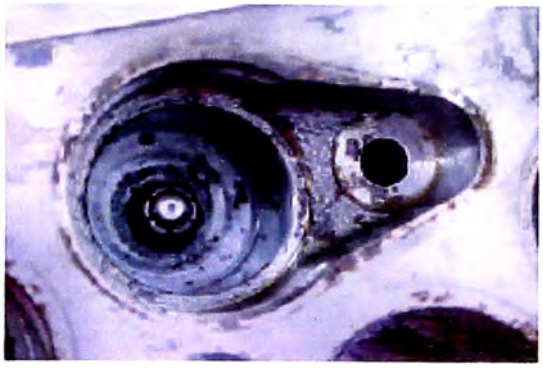
INSPECCIÓN EN EL TALLER HIDRÁULICO:



Swashplate no presenta daños en su superficie de contacto con los slipper.

Los pistones y slipper no presentan daños. Se reusan.

El housing del control de válvulas presenta corrosión.



En estas fotos se observa los alejamientos de los plunger y resortes con óxido.

Los plunger del control de válvulas presentan óxido en el asiento. en la zona de alojamiento de resorte y la parte externa.

Análisis:

En el interior de la bomba no se encontraron daños.
En el control de válvulas se encontró óxido que pudo ocasionar dificultad en el desplazamiento de los plunger de las válvulas. no permitiendo un cierre hermético de las válvulas . Esto pudo ocasionar que la bomba no controle ninguna posición de operación

Conclusiones:

La falla del componente fue ocasionada por corrosión encontrada en el control de válvulas debido al ingreso de humedad por una mala protección o un mal almacenamiento.

5.2 REPARACIONES MENORES

Los cálculos estimados para las reparaciones menores. Estas reparaciones consideran los misceláneos como mangueras y baterías.

COMPONENTES MENORES Y MISCELANEOS DMM2

INGERSOL–RAND
CONSTRUCTION & MINING

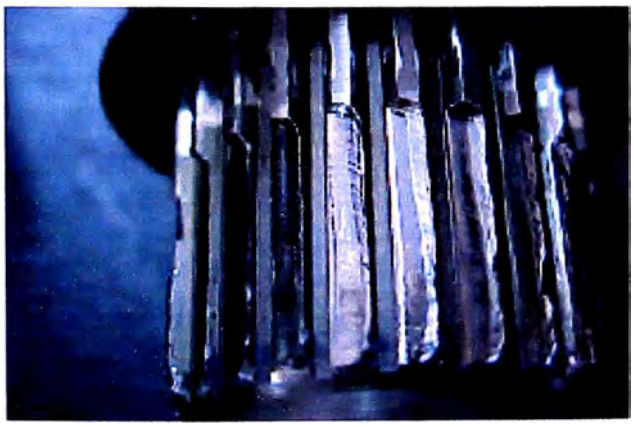
COMPONET	QTY	P/N	LIFE (HRS)	LIFE (HRS)	S.VALUE NIT	MARC (HRS	NEWS	SALES VALUE TOTAL
MINOR								
ENG. TURBOS		2	7C6703	6000	$6,549.69	30000	3	$39,298.14
ENG. INJECT.		12	4W7018	6000	$256.10	30000	3	$9,219.60
ENG. ALTERN.		1	6N9294	6000	$1,052.47	30000	3	$3,157.41
ENG. STARTER		2	6V5539	6000	$1,732.40	30000	3	$10,394.40
ENG. THERMOSTAT		2	4W4794	6000	$66.13	30000	5	$661.30
ENG. WATER PUMP		1	1174955	6000	$1.697.86	30000	3	$5,093.58
ENG. BATERY		4	3T5760	6000	$242.03	30000	5	$4,840.60
COC /HOC		1	57313082	25000	$11,232.00	30000	1	$11,232.00
WATER RADIATOR		1	57159162	25000	$14,180.55	30000	1	$14,180.55
LAMP FLOODE		8	57147282	6000	$35.53	30000	5	$1,421.20
LAP TRAP		4	57157893	6000	$35.53	30000	5	$710.60
HOSES, HYD ASSY		1	-	15000	$5,573.13	30000	2	$11,146.26
WINDWS		1	-	10000	$600.00	30000	3	$1,800.00
MISCELLANEOUS								
CONSOLE		1	-	2500	$477.43	30000	12	$5,729.21
ENGINE MINOR		1	-	5000	$1,136.88	30000	4	$4,547.52
FUEL SYSTEM		1	-	5000	$690.25	30000	4	$2,761.00
REGULATION COMPRESSOR		1	-	5000	$1,338.50	30000	6	$8,030.97
AIR CLEANER		1	-	4000	$310.82	30000	7	$2,175.76
TOWER		1	-	5000	$674.85	30000	6	$4,0449.09
ROTARY HEAD/Guide Block		1	-	2500	$3,858.68	30000	12	$46,304.11
ROD TOOLS/Roller Guide &		1	-	500	$280.02	30000	60	$16,801.20
CHAIN WRENCH/Inserts		1	-	4000	$1,134.08	30000	7	$8,494.27
DUST CONTROL		1	-	5000	$4,140.10	30000	6	$24,840.57
A/C & HEATER		1	-	2000	$351.43	30000	15	$5,271.38
CABLE CONTROL		1	-	2000	$674.85	30000	15	$10,122.72
ELECTRIC PROTECTION		1	-	5000	$1,089.28	30000	6	$6,535.67
TOTAL								258,819.11

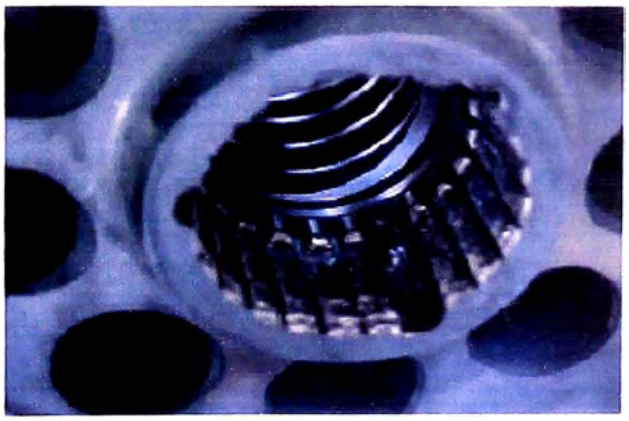
ANÁLISIS DE FALLA

OT	: AC00611
Fecha de ingreso	: 08 de Enero del 2002
Modelo	: DM2
Número de serie	: 4285
Componente	: Bomba HEUI.
Número de parte	: 149-1450
Horómetro	: 5.135 hrs
Manual de referencia	: SIS
Dealer	: Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente	: CIA Minera Antamina
Solicitud	: Presupuesto

INSPECCIÓN EN EL TALLER DEL C.R.C.:

Bomba HEUI:





Pump GP # 149-1450, presenta desgaste en el estriado del shaft y del barrel los pistones presentan rayaduras en su superficie.

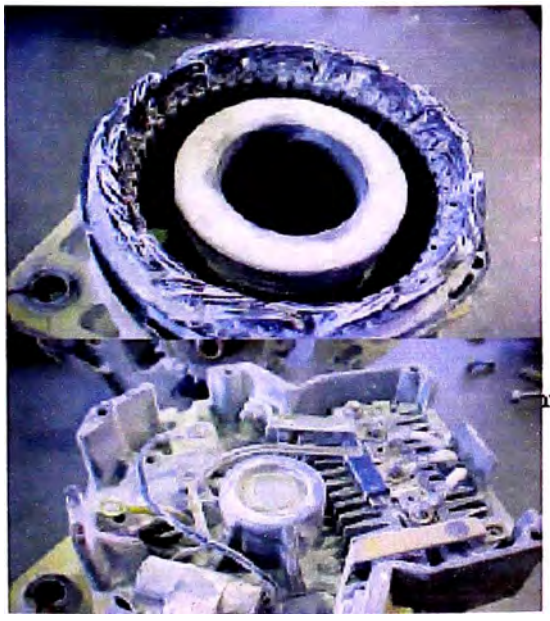
NOTA: Se hace el pedido de una bomba REMAN.

Conclusión:
El desgaste del eje estriado fue causado por un defecto de manufactura del producto. Este componente está incluido en los alcances del SL PS5378.

ANALISIS DE FALLA

OT.	: CR05447
Fecha de Ingreso	: 21 de Octubre del 2002
Modelo	: DMM2 3412
Número de serie	: 4276 4CR00998
Componente	: Alternador
Número de parte	: 9X-7803
Horómetro	: 332 hrs.
OT Anterior	: CR04008
Manual de referencia	: SIS.
Dealer	: Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente	: Compañía Minera Antamina
Síntomas de la falla	: Alternador no carga
Solicitud	: Reclamo Fábrica

INSPECCIÓN EN EL TALLER DEL C.R.C.:



El stator presenta el embobinado recalentado.

RESULTADO DE LA PRUEBA EN BANCO ANTES DEL DESARMADO

	Medidas segun especificaciones	Medidas obtenidas en el banco de pruebas
Voltaje Nominal	24 vdc	24 vdc
Polaridad	amp	amp
Rotacion	CW	CW
Velocidad de Prueba	6000 rpm	6000 rpm
Voltaje con carga variable	28 vdc	27.99 vdc
Amperaje con carga variable	amp	6 amp
Voltaje en VL=3	vdc	27 vdc
Amperaje en VL=3	amp	78 amp
Voltaje en VL=6	vdc	24.66 vdc
Amperaje en VL=6	100 amp	100 amp
Duracion de la prueba	30 min	30 min

Análisis:

Se realizó prueba de banco antes de desarmar el componente encontrandose que el alternador generaba carga y amperaje dentro de especificaciones.
Se desarmó, encontrandose gran cantidad de tierra en el interior del componente. Además el estator presentaba indicios de trabajos a altas corrientes (cambio de coloración en el esmalte).
No ingreso la polea

Conclusiones:

Por las medidas obtenidas en la prueba de banco se puede concluir que el componente se encuentra operativo.

Recomendaciones:

Se recomienda revisar el sistema electrico (cargas conectadas, estado de baterias) para buscar el origen de las sobrecargas que estén forzando a trabajar el alternador a elevadas corrientes.
Se recomienda reemplazar el estator por no presentar su embobinado garantias de funcionamiento. (El calor con el que ha venido trabajando pueden haber debilitado las propiedades aislantes del embobinado).

ANÁLISIS DE FALLA

OT : CR03748 (AC01256)
Fecha de Ingreso : 13 de Mayo del 2.002
Modelo : DMM2
Numero de serie : 4276
Horometro Maquina : 6.535 hrs
Componente : Arrancador electrico # 6V-5539
Horometro Componente : 764 hrs
Manual de referencia : SIS
Dealer : Ferreyros S.A.A. (R080)
Cliente : Compañia Minera Antamina

Sintoma de la falla : Solenoide roto

INSPECCIÓN EN EL TALLER DEL C.R.C.:

Arrancador

Pag./ Item	Nombre Parte	No. Parte	Cant.	Descripción del Desgaste o Falla	¿F/S? Si/No	¿T/E? Si/No
1	SOLENOIDE	8X9511	01	ROTO POR IMPACTO	S	No
1	BENDIX	9N3825	01	DIENTES CON DESGASTE	S	No

Trabajo Exterior

Item	Pieza	Cant.	No. Parte	Trabajo
001	ARMADURA	1	7T3275	METALIZAR EJE DELANTERO DE ARMADURA

Solenoide se encontró fracturado (ha recibido un golpe externo). Internamente se ha cortocircuitado los terminales

El bendix presenta fracturas frágiles en los bordes de los dientes (zona de trabajo de la cremallera)

ANÁLISIS:

Con la información proporcionada hasta la edición del presente informe podemos concluir que la falla del arrancador se inicio con un golpe externo en la zona del solenoide, lo que ocasione la fractura del mismo y provocó el contacto entre los terminales, que empujaron el bendix hacia la cremallera dañando los dientes del mismo.

ANÁLISIS DE FALLA

OT : CR06970 (AR03600 / PC00217)
OT de reparación anterior : CV01177
Fecha de Ingreso : 11 de Abril del 2003
Modelo : 3408
Numero de serie : 3BS15846
Componente : Turbocompresor # 7C-2485
Horómetro de falla : 1.327 hrs
Fecha de montaje : 26 de Diciembre del 2002
Manual de referencia : SIS
Dealer : Ferreyros S.A.A. (R087)
Cliente : Sociedad Minera Cerro Verde
Síntoma de la falla : Ruido anormal en turbo derecho y perdida de potencia
Informe Preliminar : Si

ANTECEDENTES

- El día 26 de Diciembre del 2002, personal de Ferreyros realizó el cambio de motor. El motor saliente había trabajado 6 818 horas, el cual se cambió por recalentamiento. Los datos del motor entrante son:

COMPONENTE	N° P	N° S	CONDICION	O T
Motor	4W-1756	3BS15846	Reparado CRC	CV01177

- Personal de Ferreyros ha realizado la evaluación Pre – entrega del componente. Los resultados de esta evaluación se detallan a continuación:

EVALUACION DE MOTOR

CLIENTE :	Sociedad Minera Cerro Verde	N° SERIE :	3BS15846
MODELO :	D9N12	ESPECIFICACION :	
ARREGLO :	4W-1756	EQUIPO CONTENIENDO EL MOTOR:	930-07
HOROMETRO :	35 331	FECHA :	26-Dic-02

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR

MOMENTO	RPM BAJA	RPM ALTA	RPM STALL	PRES. BOOST ALTA	PRESION DE BOOST STALL
ANTES REGULACION					
DESPUES REGULAC.	1150	2212	2013		13 Psi
ESPECIFICACION	1100	2340	2000		3 Ps

OTROS DATOS DE MOTOR

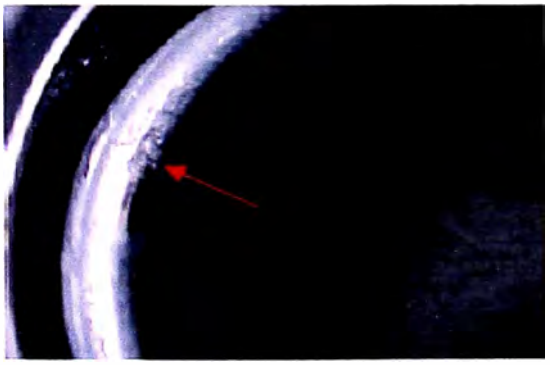
	Low Idle		High Idle		Stall	
	Especif.	Resultado	Especif.	Resultado	Especif.	Resultado
Presion aceite (psi)	69 (32 - 87)	85	----	110	84 (40 - 87)	100
Presion comb. (psi)	----	35	----	41	37 (28 - 45)	43
Flujo de gases del cárter (Blowby) l/min	----	148	250	267	----	315

- Los reportes de análisis de aceite no evidencian desgastes anormales en componentes del turbo, solo se detecto aumento en el contenido de cobre que fue bajando paulatinamente de un valor máximo de 484 a 44 en la última muestra de 13-3-03.

El 24 de Marzo el turbocompresor fue enviado a la sucursal de Arequipa para su evaluación.

INSPECCIÓN EN LA SUCURSAL DE AREQUIPA:

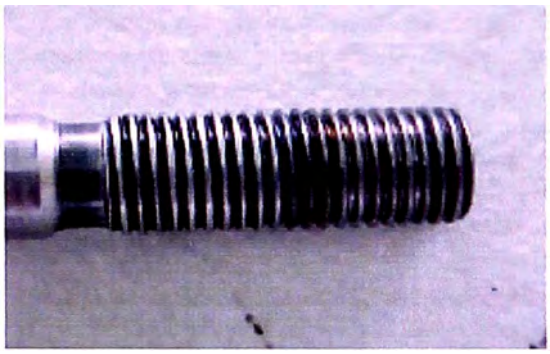
Caja Turbina	Presenta Desgaste (freeting) y desprendimiento de material. fuera de servicio
Caja Compresor	Desgaste excesivo por rozamiento con la rueda compresora. fuera de servicio
Caja Central	No presenta daños mayores. se re usa
Eje turbina	Se encontró flexionado. la rueda turbina no muestra daños
Rueda Compresora	Presenta desgaste excesivo en alabes y en la cara posterior
Cojinetes y accesorios internos	Muestran signos de recalentamiento y desgaste excesivo por falta de lubricación



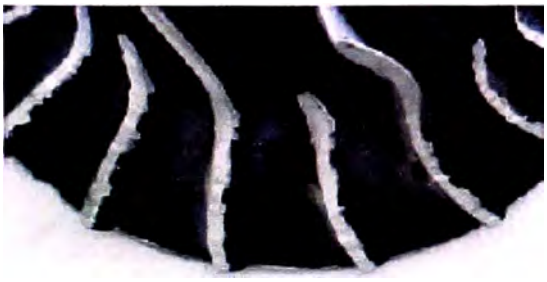
Desprendimiento en caja de turbina

Desgaste excesivo en carcasa compresora

Eje turbina con marcas de sobrecalentamiento, Rueda turbina no muestra signos de desgaste



En los hilos del eje turbina no se encontró restos de retaining compound como muestra la figura esta limpio



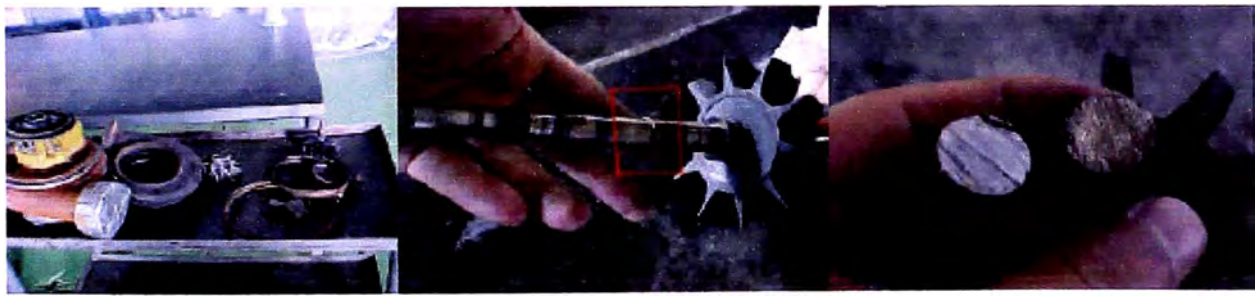
Se observa el desgaste de la rueda compresora y las muestras de exceso de temperatura y desgaste de los accesorios internos

El desgaste en los alabes de la rueda compresora contra la carcasa compresora y en la parte posterior contra el inserto evidencia un movimiento relativo en sentido axial de la rueda compresora sobre el eje turbina el cual fue en aumento de esta manera ocasionó el desbalanceo del conjunto y la flexión del eje turbina.
La flexión del eje crea excesivas cargas sobre los bearings y accesorios internos que rompe la película de aceite y con ello la lubricación y refrigeración de los mismos generando un desgaste acelerado y exceso de temperatura.

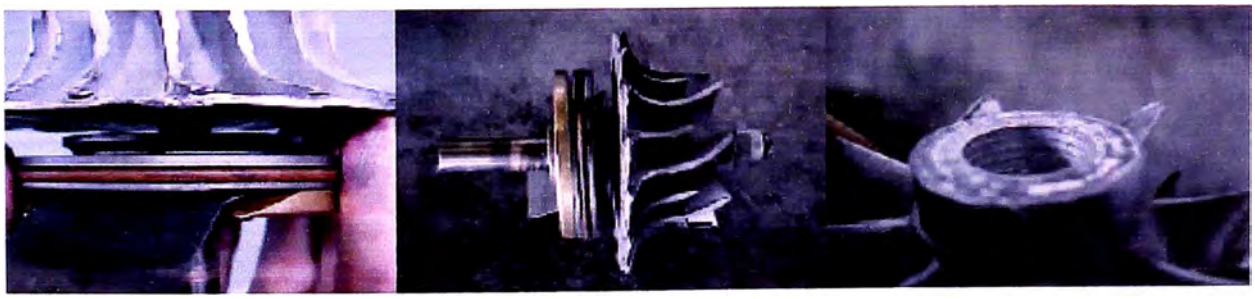
La falla del turbo compresor se debió al aflojamiento de la tuerca 7N-0239 que sujeta la rueda compresora 7N-9565 al eje turbina 9S-8993. La tuerca se encontró suelta y en el eje no se encontró restos de Retaining compound el que debe ser usado durante el armado del turbo.

INSPECCION EN EL TALLER DEL CRC:

A petición del proyecto minero, se envió el turbo hacia los talleres del CRC.



(El turbo ingresó desarmado y con el eje de turbina cortado)



Los desgastes encontrados en el rodete de compresor indicarían que el rodete se separo del plato de empuje, para lo cual la tuerca se debió desajustar.

El cojinete de lado frio se encontró con un desgaste en su diámetro externo. Al haber sido desarmado el componente en campo se desconoce cual fue su seguro y que lado del seguro trabajo con ese cojinete.

En el manual de armado hay una nota que indica la posición correcta de los ring:

NOTICE

Rings (15), (18) and (19) must be installed with the round edge of the rings toward the bearings.

Además una nota indicando el uso de fijador de tuercas

h. Use 6V-1541 Quick Cure Primer on the threads of the shaft and the nut.

CONCLUSIONES:

Con la información recopilada hasta la edición del presente documento podemos conclui que los desgastes en el turbo se presentaron por el aumento de juego axial en el eje de turbina que pudieron ser ocasionados por los siguientes factores:

1. Falta de ajuste y/o falta de fijador en la tuerca del compresor. Segun el reporte enviado desde la sucursal de arequipa es que la tuerca se encontró suelta y sin residuos de fijador.
2. Colocación errada del ring que trabaja con el cojinete del compresor. Información perdida durante el desarmado.

5.3 CONSUMIBLES Y LUBRICANTES

El procedimiento de cálculo es el mismo para los consumibles y lubricantes. Se han considerado valores de consumo de acuerdo con las capacidades de los sistemas y las cantidades de fluidos que estos utilizan. De acuerdo con los cálculos realizados tenemos el siguiente proyectado de consumibles y lubricantes para 30000 Hrs. De operación:

CONSUMIBLES Y LUBRICANTES DM M2

INGERSOL--RAND
CONSTRUCTION & MINING

COMPONENTES	QTY	P/N	S.VAL UNIT	S.VAL TOTAL	CHANGE (HRS)	MARC (HRS)	CHANG TOTAL	$ VALUE TOTAL
FILTERS								
OIL FILTER / Main Engine	2	52183233	$37.1	$74.2	250	30000	120	$8,908.84
FUEL FIL TER/ Main Engine	2	57294829	$30.9	$61.7	250	30000	120	$7,409.33
AIR PRIM. FILTER/Main Engine	2	50616416	$71.8	$143.6	500	30000	60	$8,617.76
AIR SEC. FILTER/ Main Engine	2	50616424	$108.8	$217.6	1000	30000	30	$6,527.27
COOL CONDIT. FILTER/ Main En.	2	52214186	$80.0	$160.0	250	30000	120	$19,200.00
PRES. FILTER/ Cab.	1	57047938	$90.0	$90.0	250	30000	120	$10,805.27
HYD BREATHERS / Hydraulic Sys.	2	50903236	$44.1	$88.2	500	30000	60	$5,292.38
HYD SUCC/ Hydraulic System	6	50343490	$34.9	$209.5	1000	30000	30	$6,284.70
HYD FILT / Hydraulic System	2	50343490	$34.9	$69.8	1000	30000	30	$2,094.90
OIL FILTER / Compressor	2	39860336	$86.0	$172.0	500	30000	60	$10,320.14
SEP ELEMENT / Compressor	1	57101636	$676.2	$676.2	2000	30000	15	$10,143.72
AIR SAFE ELEMENT / Compressor	1	52146966	$161.7	$161.7	1000	30000	30	$4,851.35
AIR MAIN ELEMENT / Compressor	1	52146958	$202.9	$202.9	500	30000	60	$12,172.47
LUBE								
ENGINE / Main Engine	16	SAE 15W40	$5.9	$94.9	250	30000	120	$12,524.16
COOLANT/Main Engine	35	MOPERMAZONE	$14.1	$493.5	2000	30000	15	$8,142.75
GEAR UNIT/ Final Drive	4	MOHD30	$68.8	$275.3	2000	30000	15	$4,541.63
HYDRAULIC OIL / Hydraulic System	150	MODTE24	$3.7	$558.0	1000	30000	30	$18,413.47
DRIVE, PUMP - 3 HOLE/ Drive Pub	1.5	MOHD80W90	$6.3	$9.5	1000	30000	30	$313.34
COMPRESSOR OIL / Compressor	55	ATF 220	$7.0	$382.8	1000	30000	30	$12,632.40
POWER HEAD / Rotary Head	12	SAE 80W90	$6.3	$76.0	1000	30000	30	$2,506.68
WINCH, 6000 LBS/ Hoist System	1.5	140 WT	$69.7	$104.6	1000	30000	30	$3,452.13
PUMP, WATER / Water Pump	1.5	SAE 40	$5.0	$7.6	1000	30000	30	$249.48
GEAR BOX / Rod Changer	2	SAE 80W90	$6.3	$12.7	500	30000	60	$835.56
GREASE EPO / Manual Grease	3 KG	EPO	$3.0	$9.1	24	30000	1250	$12,457.50
GREASE EP2 / Central Lube	3 KG	EP2	$3.0	$9.1	24	30000	1250	$12,457.50
GREASE DRILL / Auto Thread Lu.	1	MAG. DRILL	$4.9	$4.9	10	30000	300	$16,170.00
TOTAL								$217,324.70

CAPITULO 6

6.0 GESTION DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento de un sistema, máquina ú otro requiere de políticas y objetivos claros que los administradores de mantenimiento deben tener definidos previo a su aplicación. La gestión del mantenimiento será calificada siempre en función de los resultados obtenidos. Para poder medir los resultados de una gestión son necesarios los parámetros de mantenimiento ("benchmarks") los cuales indicarán de manera sencilla el estado de una gestión de mantenimiento. A continuación presentamos un resumen de una conferencia internacional de mantenimiento la cuyas opiones comparto:

El Mantenimiento

En las empresas no hay un conciencia clara de los es la gestión de Mantenimiento. Se compran instalaciones sin pensar que han de ser mantenidas se olvida durante la fase de diseño y durante la construcción, en la formación del personal y en la previsión de los repuesto. El mantenimiento sólo aparece cuando aparecen los problemas.

En 1981 en Francia, el Ministerio de Investigación convoca a un Coloquio Nacional sobre la Investigación y la tecnología con el propósito de seleccionar los proyectos que mas pueden ayudar a superar la crisis. Entre los 12 proyectos seleccionados de un total de 800, se encontraba uno relativo a la mejora de los resultados económicos de Mantenimiento Industrial.

Los gastos en Francia por Mantenimiento Industrial equivalían al 25% del presupuesto nacional. Según el Proyecto de Investigación, estos datos son suficientes para deducir la necesidad de que el desarrollo francés integre el mantenimiento como una continuación

lógica de la investigación en todas las tecnologías. En resumen, propone tres vías de actuación:

1. El país compra equipos del exterior. El valor de las piezas de recambio tiene un coeficiente entre 2 y 8 sobre el valor de venta inicial. Promover la fabricación nacional de estos repuestos abarata el mantenimiento e inicia a la industria en tecnologías de los que es dependiente.
2. El país vende equipos al exterior. Sistematizar y garantizar la calidad y continuidad en la asistencia técnica y venta de repuestos es una importante fuente de ingresos. Además crea unas relaciones que facilitarán ventas posteriores.
3. Hay que desarrollar una coordinación general que cambie la mentalidad en las empresas, los organismos y los servicios públicos en cuanto a la gestión de mantenimiento.

Un informe similar en Japón en 1981, reflejaba que el costo del mantenimiento suponía un importante % del PBI, por lo que recomendó considerar a esta actividad como básica para la economía nacional.

Algunas universidades europeas tomaron conciencia de que el mantenimiento tenía que incorporarse en la formación técnica de las Ingenierías y empezó a trabajarse en Manchester, Lovaina, Milán y se fue extendiendo.

En el Perú, nuestras universidades siguen formando profesionales en cálculo, máquinas, construcción sin tomar conciencia que hay que mantenerlas. Seguimos empeñados en hacer algo en lo que llaman nuevas tecnologías. El mantenimiento es una nueva tecnología con una enorme incidencia en el desarrollo económico de un país, con personalidad propia suficiente para necesitar un cuerpo teórico adecuado que prepare a los técnicos que han de dedicarse a esta actividad. A través de un buen mantenimiento, de las reparaciones, de los repuestos, de las puestas a punto, se puede llegar a técnicos que por otro camino serían costosos y difíciles.

Esto no sólo ocurre en la universidad. Si analizamos la amplísima oferta de los cursos de perfeccionamiento o másteres de las múltiples escuelas de negocios, nos encontramos con las materias más insospechadas, pero nunca aparece el mantenimiento.

Mientras tanto las Empresas suelen moverse entre dos extremos. Cuando la producción va bien hay que reducir costos de mantenimiento y se presiona con fuerza (nada más fácil para el Jefe de Mantenimiento). Si hay que bajar los costos se bajan, el efecto del canibalismo tarda a veces en notarse varios años, posiblemente hasta haya otro Jefe de Mantenimiento. Luego la producción no sale, las instalaciones son inseguras, esta situación obliga a un cambio: Hay que "mejorar el mantenimiento". No es tan fácil como bajar los costos, pero se consigue. Después, de un largo período incrementando estos costos. Esto es volver a empezar.

A veces la dirección desciende a entrar en detalle en el Mantenimiento y lo hace sobre aspectos particulares:

Disminuir la plantilla, usar el ordenador, reducir inventario de almacén, implantar el mantenimiento predictivo – suena muy bien – en el fondo no les gusta detenerse demasiado en el tema, les aburre y se pierden entre tantos oficios, distintos ritmos y urgencias, distintas reglamentaciones, una abrumadora cantidad de datos, técnicas tan diversas: desde la calidad de pintura hasta la recepción de un componente electrónico. Lo dijo un directivo: Lo mejor del mantenimiento es no oír hablar de él.

En resumen, la universidad no forma parte del mantenimiento, la administración no toma conciencia y no transmite preocupación por el enorme río de caudales que absorve el mantenimiento. Es poco el interés de a quienes debería interesarles, sin embargo como en España con el 10% del costo directo de mantenimiento se podría pagar la cuarta del déficit presupuestario Español. En nuestro país debemos estar con mayores costos de mantenimiento que los encontrados en España, Francia, Inglaterra y Japón.

¿De donde puede venir el impulso que acelere este movimiento?

¿Quién va a despertar en los distintos ámbitos expuestos el interés por una actividad casi sin inventar, pero que cuesta tanto?.

Sólo pueden hacerlo los Jefes de Mantenimiento, los responsables de mantenimiento. Ellos tienen la llave del camino a recorrer. Camino muy largo si queremos camino a recorrer. Camino muy largo si queremos ponemos a la altura de los que más han avanzado.

Hay que enseñar a las empresas lo que son buenas políticas de mantenimiento, lo que pueden y no pueden exigir, lo que el mantenimiento puede y debe aportar a la gestión global de la compañía. Hay que pedir a la universidad que entre en este campo. Hay que escribir y publicar los conocimientos adquiridos y las inquietudes por resolver. Juan Maza, Dennos Parker, Asturio Baldin, Anthony Nelly, Amold Ogus, Watanabe, etc., venían del campo del mantenimiento en sus respectivos países. Fueron el tormento de esa ventaja que ahora nos llevan. Si los responsables de mantenimiento no toman la iniciativa, el proceso de adaptación será más duro, por que inexorablemente serán otros los que ofrecerán a las empresas, a la sociedad la solución de los problemas con que nos encontremos.

Crisis del Jefe de Mantenimiento

La situación de muchos Jefes de Mantenimiento, que en realidad son jefes de un taller de reparaciones, es dificultosa y complicada: esto se rompe, esto se repara. Además, se repara pronto y bien, de noche, en días festivos, lloviendo... Un auténtico taller de guardia extraordinario.¿Mantenimiento preventivo? Bueno cuando no hay mucha tarea hacemos laguna revisión de máquinas. ¿Gestión de repuestos?. Si, tenemos un buen almacén, pero cuando nos falta una pieza la hacemos nosotros mismos (más de uno tendrá alguna desagradable experiencia de lo que se supone hacer una pieza según muestra").

La Asociación Española de Mantenimiento realizó una encuesta al respecto encontrando que el 29% tiene oficina de planeamiento. El 65% tiene personal a turnos para emergencias y que el 35% de los Jefes de Mantenimiento deba acudir más de una vez al mes fuera de jornada laboral para resolver problemas en la factorías.

Dificultosa y complicada es realmente la actividad en el taller de reparaciones como para que el Jefe pueda dedicarse a teorizar. Lo he oído más de una vez: Aquí se viene a trabajar.

La Crisis Informática

En realidad, la situación dificultosa y complicada es qué hacer con tanto informe y tanto papel. El 63% de los encuestados por la Asociación Espaã9ola de Mantenimiento dicen utilizar el ordenador en algún aspecto de la gestión de Mantenimiento.

Aquellos que están en las crisis informática les pasa de todo: por ejemplo, es bastante normal que dada la agresividad de los departamentos de informática de las empresas, se introduzca en el ordenador un mal mantenimiento, con lo que el resultado nos deja de ser de pobre. El ordenador es una caja tonta que cuando basura entre, basura sale.

Otra experiencia desagradable es la derivada de la compra de un paquete informático vendido por una persona que no es técnica en mantenimiento, y que prometía ser la solución a todos los problemas. Normalmente, este paquete esta condicionado para la organización del mantenimiento donde fue desarrollado lo cual nos deja frente a la disyuntiva de cambiar nuestra estructura organizativa y nuestra forma de actuar para adaptarla a éste, o se intenta modificar las entrañas del programa. No se sabe cual de las dos tareas puede resultar más ardua.

Dentro de esta crisis esta la costumbre de utilizar un ordenador como máquina de escribir. En la encuesta de la Asociación Española de Mantenimiento sólo el 29% de los que usan ordenadores gestionan las OT'S.

La Crisis Tecnológica

La crisis informática suele ir unida a la crisis tecnológica. Aquí el Jefe de Mantenimiento se embarca en la compra de toda una serie de equipos de muy alta tecnología.

Son equipos críticos, en el sentido de dificultosos y complicados: no sirve un simple vibrómetro, ha de tener analizador de frecuencias en tiempo real, también hay que hacerse con estroboscopios, baroscopios, luz monocromática, equipo de partículas magnéticas y de ultrasonidos, etc. Es frecuente oír eso de "Yo ya no hago mantenimiento preventivo ahora estoy en el predictivo".

Sin embargo la mayoría de los Jefes de Mantenimiento reconocen que el 30% de los trabajos se solicitan como urgentes (por término medio el 20%). Unas herramientas que deberían ser utilísimas en el objetivo de evitar que se presenten las averías no deseadas, se tienen para hacer estudios, para justificar cosas "a posteriori" y para enseñar a las visitas. Su contexto debería estar en lo que es la auténtica tecnología del mantenimiento:

La Planificación de trabajos, el estudio de averías repetitivas, el control del ciclo vital de equipos importantes el control e incremento de la disponibilidad. Etc.

La Crisis de Soledad

No es menos importante. El 61% de los encuestados por la Asociación Española de Mantenimiento nunca asisten a cursos, conferencias o congresos de Mantenimiento esto implica que un Jefe de Mantenimiento, que en promedio tiene 8 años de experiencia, ha ido desarrollando su propia tecnología sobre lo anteriormente aprendió de su Jefe. Es una típica situación endogámica. Es decir en la Universidad aprendió muy poco o nada de mantenimiento: todo su conocimiento proviene de su experiencia, a veces difícil y dolorosa; no hay molde exterior válido. La soledad de años hace engañosas las comparaciones. Se suele razonar que si algo es diferente a lo que hacemos, ha de ser peor puesto que en lo nuestro hemos trabajado tanto. Son los extraños comportamientos de la mente: se acepta que el principal problema de mantenimiento es la falta de formación, pero no se acepta que esta formación hoy por hoy sólo puede venir por el contraste con otros, por la observación crítica de lo que otros hacen y de los resultados que obtienen. En concreto, la soledad continuada, con sus averías, sus urgencias, sus problemas, los ha creado una barrera para poder acceder de forma abierta a conocer lo que realmente es el "estado del arte".

La Crisis de Identidad

Finalmente, es posible que, después de haber pasado por todas o parte de las anteriores crisis, sen entre en una auténtica crisis de identidad.

"Son otros los que se sacan la empresa adelante, los que cumplen programas de fabricación, de marketing, yo estoy en todos los momentos difíciles, he desarrollado un

extraño complejo de culpabilidad, parece como si cada vez que algo es estropea lo hubiera roto yo, y tenga que estar a cada momento justificando todo cuanto sucede. Pero las vibraciones, el roce, la temperatura, las tensiones, los choques, las oxidaciones, etc. Seguirán actuando y yo ahí para explicar no se qué. Es el momento en el que puede recordar el título de una película ¿Qué hace un chico como yo en un sitio como éste?.

Una solución suele ser salir huyendo. En otras ocasiones la solución es encontrar una situación cómoda: Desarrollar una buena táctica para asustar a la dirección y hacerle gastar dinero en los mejores asesores y técnicos: lo que ellos no puedan es imposible. Es un proceso interesante, el Joven Ingeniero que llegó con ganas de comerse el mundo que escudriñaba planos, que pasa horas en el taller esperando la prueba definitiva... el joven león se ha convertido en un viejo zorro dispuesto a vivir tranquilo.

Cuando analizamos detenidamente cuáles son los componentes de la gestión de mantenimiento, nos encontramos con un variado muestrario:

- Actividad técnicamente ampliada: electricidad, mecánica electrónica, etc.
- Administración de medios diversos y amplios presupuestos.
- Trabajo no rutinario: urgencias, preventivo, paradas etc.
- Relaciones multidireccionales: personal propio, contratado, producción, seguridad, medio ambiente, servicios técnicos, administración.
- Aspectos legales: Contratos, reglamentos etc.
- Técnicos auxiliares: estadísticas, informáticos, formación control de costos.

Con todos estos ingredientes hay elementos suficientes para hacer una auténtica gestión directiva (son muchas las compañías donde el Jefe de Mantenimiento se titula Maintenance Manager).

Estamos convencidos de que el Mantenimiento es la mejor escuela en la que un ingeniero puede aprende el camino a los técnicos de dirección. Es frecuente que no sea un trabajo gratificante, ya que el Jefe de Mantenimiento se encuentra en lo que hemos llamado crisis de identidad.

Para los expertos en psicología industrial es fundamental para que el trabajo sea satisfactorio, sentirse útil y reconocido como tal.

El Jefe de Mantenimiento que lo consiga, además de encontrar su identidad, estará colaborando de forma clara a poner el Mantenimiento en su sitio, con un grano de arena, pero que arrastrará a otros.

Para lograrlo el Jefe de Mantenimiento deber hacer una gran mutación. En primer lugar hay que descubrir y cuantificar cómo afecta el mantenimiento al negocio de la empresa, cuáles son los parámetros básicos que justifican la actuación del mantenimiento. Hay que saber correlacionar cualquier actuación diaria de esos parámetros. El mantenimiento preventivo/predictivo no se hace por que lo diga un manual, o éste de moda, se cuantifica en orden a esos parámetros. Igualmente le uso de la informática, la dotación de un taller, el uso de equipos sofisticados o el stock de repuestos en el almacén, han de estar referidos a estos parámetros.

La mutación empieza por ver la que están haciendo otros en este terreno. Incluso se debe hablar con propiedad, llamemos a las cosas por su nombre, utilicemos las tecnologías propias del mantenimiento. Hay que nutrir tecnológicamente el trabajo diario de todo el equipo, leer lo bueno que se pública en Europa y otros sobre el mantenimiento. Cuando se consta que esa mutación, cuando se pueda cuantificar la actuación del mantenimiento en relación a los resultados de la compañía, se pude dar el segundo paso: explicar a la dirección como éste afecta al negocio y como afectará cualquier cambio que queramos introducir en adelante.

Ahora no dejaremos que se nos juzgue por un problema aislado, por una OT. Ahora exigimos una valoración global.

En 1990 en la Junta General de Accionista de una importante empresa en España, su presidente justificaba los buenos resultados de 1990 por la alta cuota de disponibilidad tenida en sus instalaciones industriales. En esa empresa hay un Jefe de Mantenimiento que ha sabido mostrar la importancia de su actuación.

Esta es la gran crisis que habrán de atravesar los Jefes de Mantenimiento para que las empresas tomen conciencia de la importancia de esta actividad, para que la administración

perciba el amplio campo sobre el cual puede actuar y legislar en beneficio de la economía del país y para que la universidad se sienta llamada a entrare en ese gran vacío que ahora tiene.

Solo se necesita un grupo de jóvenes leones (o veteranos) dispuestos a ir por ese camino. Lo que si se puede asegurar es que aparte de conseguir esos objetivos generales expuesto, se trata de uno de los trabajos más gratificantes que se puede desarrollar en un mundo industrial donde todo esta estudiado. En mantenimiento lo tenemos todo o casi todo por hacer.

6.1 ANÁLISIS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Indicadores de Gestión:

Todo Jefe de Mantenimiento tiene que lograr medir como esta su mantenimiento, para ello se debe aplicar criterios estadísticos como el tiempo medio entre fallas, la confiabilidad, disponibilidad, confiabilidad, precisión del servicio y otros con sus respectivos valores admisibles "bench mark" el mismo que sirve para comparar el desempeño de una mina respecto de otras con equipos similares, lo cual nos dan un diagnóstico de cómo esta nuestra gestión de mantenimiento.

Seguidamente presentamos un resumen de lo que son los indicadores de gestión para el mantenimiento dentro de un contrato de mantenimiento y reparaciones aplicado a la perforadora hidráulica DMM2.

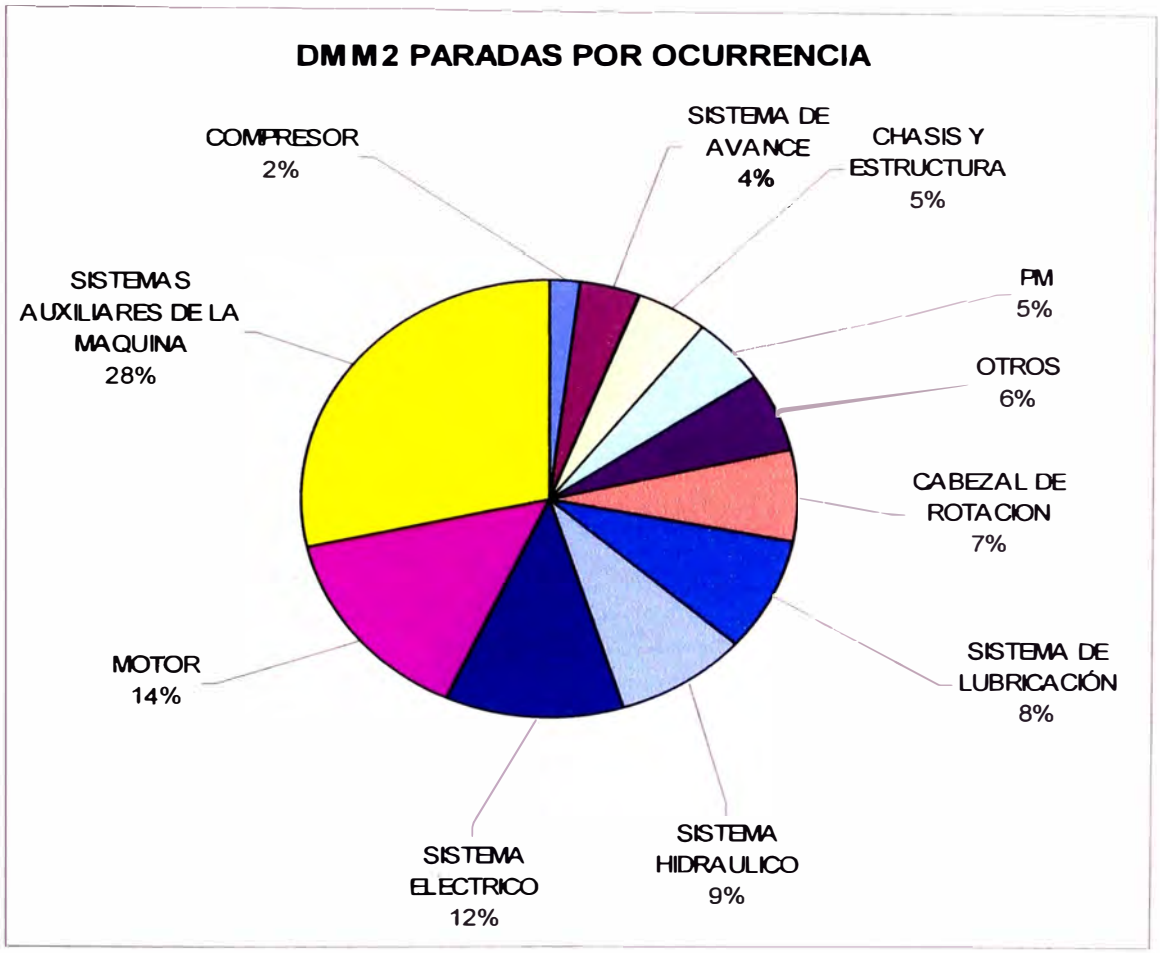
ADMINISTRACION DE EQUIPOS MINERÍA

ITEM	MEDIDA	CALCULO	QUE NECESITO PARA	QUE OBTENGO CON	ESTÁNDAR EN MINAS NIVEL MUNDIAL
1	**Historia de la Máquina (Horas/Horómetro/Trabajo Realizado)**	---	Registros: -Horómetro /-Historia Servicio /-Control Componentes	Edad de los Equipos (& calidad de vida)	**SI**
2	**Disponibilidad**	A=(Hrs. Operacionales)/(Hrs. Operacionales + Hrs. Mantto) x 100(%)	Control Horas Operacionales / Control Horas Mantenimiento	Nivel de satisfacción a los Requirimientos Operacionales Mina	**92% nuevo / 88% viejos**
3	**Utilización**	U=(Hrs. Operacionales)/(Hrs. Programadas) x 100(%)	Control Horas Operacionales	Uso del Equipo / Estimación Mano de Obra/Partes, Carga de Trabajo	**90%**
4	**MTBF Tiempo Promedio entre Fallas**	MTBF=(Hrs. Operacionales)/(Ns. De Fallas o Dentenciones)	Control Horas Operacionales / Contador de Incidencias o Paradas	Confiabilidad: D= MTBF/(MTBF-MTTR) x 100(%)	**80 hrs nuevos / 60 hrs viejos**
5	**MTTR Tiempo Promedio para Reparar**	MTTR= (Hrs. Mantenimiento)/(Ns. De Fallas o Dentenciones)	Control Horas Mantenimiento / Contador de Incidencias o Paradas	Tiempo en devolver el Equipo a producción (Efectividad & Respuesta al Reparar)	**3 - 6 hrs**
6	**MR Relación Mantenimiento**	MR= H-H Mantenimiento / Horas Operacionales	Control Horas-Hombre Mantenimiento / Control Horas Operacionales	Esfuerzo Invertido / Estoy comprando Disponibilidad? / Cantidad y Calidad Mano Obra	**0.2 nuevos / 0.3 viejos**
7	**PRECISIÓN DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO**	SA= (SHP-SHE)/SHP x 100(%) SHP=Horas Programadas para el Servicio / SHE=Horas de Ejecución del Servicio	Programa PM/ Servicios (Horas) / Horas Ejecución Programa PM / Servicios	Rendimiento de Planificación y Programación / Los Centros de Reparación siguen los programas de trabajo? / Cumplimiento General del Plan de Trabajo	**Dentro de 10%**
8	**% TRABAJO PROGRAMADO**	SW=Ns. De Rep. Programadas / Ns. De Fallas o Dentenciones x 100(%)	Contador de Dentenciones con identificación de tipo de falla (Programada o No Programada)	Quien tiene el CONTROL! / La Organización de Mantenimiento o La Máquina	**80%**
9	**PROBLEMAS TOP TEN Ranking de los Diez Primeros Problemas**	Análisis de Pareto	Registros de Incidentes identificando: Sistema/Componente/Síntoma/Tiempo: Reparar/Espera/Partes & material usado/ Mano de Obra/Causa si es conocida. Prioridad de Análisis: -Costos/Disponibilidad: Confiabilidad/Consumo Mano de Obra	Ubicación y Severidad del Dolor. Correcta respuesta a Fallas: - Inventario de Partes / - Entrenamiento Técnico / - Mejoramiento Programas PM y de Inspección / -Entrenamiento Operadores y Supervisores del Pit / -Cambio de Diseño Información Fundamental para el EQUIPO DE ADMINISTRACIÓN DE PROBLEMAS (Cliente / Distribuidor / Fábrica)	**SI**
10	**DETENCIONES POR SIST. / COMPONENTES**	Análisis de Pareto			**SI**
11	**CONTROL BACKLOGS**	- Cantidad de Backlogs / - Edad de Backlogs / - Horas Acumuladas de estimación de Reparación	Programa de Inspecciones de Mantenimiento / Feedback Operador Supervisores Pit / Sistema Administración de Backlogs con un eficiente Sistema de Registro de BL´s.	Es esta una situación estable? Condición general Equipos / Rendimiento del Dpto. de Partes y Planeación / Calidad Programa Inspección & PM Uso de la Ventana de Oportunidad	**SI**
12	**REGISTROS**	---	Formularios diseñados para capturar Información necesaria / Sistema Computarizado / Compromiso del Personal de la Organización	Fuente de Información de la Operación de Mantenimiento	**100%**
13	**TENDENCIAS**	---	Control Consumibles / S.O.S. - Interpretación Resultados / Test / Resultados VIMS...	Pronósticos / Administración de Vida de Componentes / Fuente Información para Equipo Administración de Problemas	**SI**

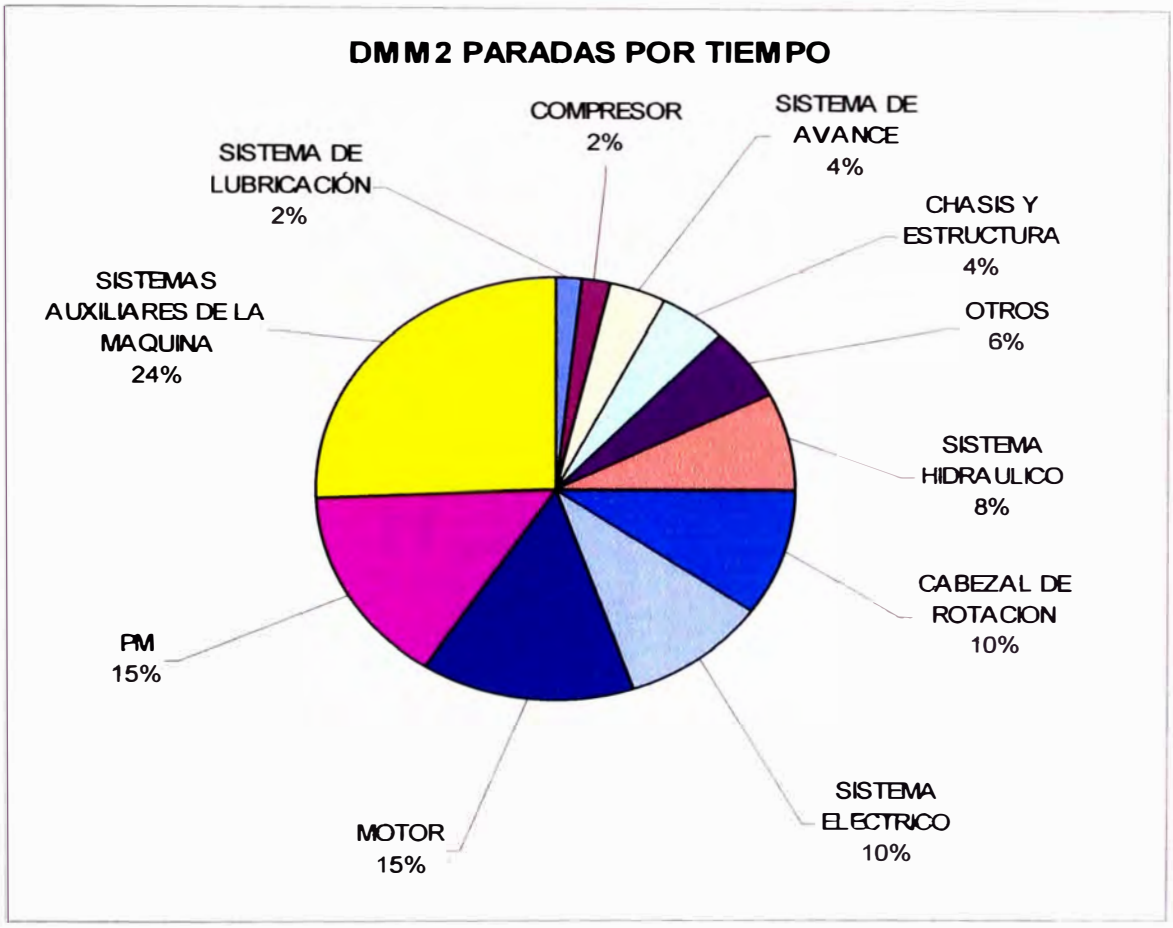
Fuente: Ferreyros S.A.A.

Paradas por tiempo de la DMM2

Suma de Tiempo	Equipo	
Sistema	103	Total general
ALTERNADOR	10:09:00	10:09:00
AVANCE DE CABEZAL DE ROTACION DMM2	11:09:00	11:09:00
BOMBAS	30:42:00	30:42:00
CABEZAL	84:54:00	84:54:00
CABEZAL DE ROTACION	54:18:00	54:18:00
CABINA DEL OPERADOR	3:27:00	3:27:00
CARRUSEL DE BARRAS	71:48:00	71:48:00
CILINDRO DE AVANCE DMM2	1:00:00	1:00:00
COLECTOR DE POLVO	0:15:00	0:15:00
COMPRESOR	23:12:00	23:12:00
CONTROL DE CABLES POLEAS PINES DMM2	15:18:00	15:18:00
CONTROL DE WINCHE	2:42:00	2:42:00
CONTROLES ELECTRONICOS SIST. HIDRAULICO	2:18:00	2:18:00
CUBIERTAS DEL. Y POST. DEL MOTOR	9:00:00	9:00:00
CHASIS Y ESTRUCTURA	17:48:00	17:48:00
DRIFTER	4:00:00	4:00:00
FILTRO DE AIRE	1:06:00	1:06:00
GETS	0:13:12	0:13:12
GUIA DESLIZAMIENTO DE CABEZAL DE ROTACION	27:24:00	27:24:00
LINEAS DE GRASA	0:27:00	0:27:00
LUCES EXTERIORES BLANCAS	14:52:12	14:52:12
MANDO FINAL Y FRENO	0:06:00	0:06:00
MANTENIMIENTOS	1:42:00	1:42:00
MAQUINA EN GENERAL	32:57:36	32:57:36
MOTOR	153:13:48	153:13:48
OTROS IMPLEMENTOS	1:57:00	1:57:00
PANEL DE INSTRUMENTOS	2:00:00	2:00:00
PERFORADORAS	2:06:00	2:06:00
PM1	93:18:00	93:18:00
PM2	66:54:00	66:54:00
PM3	34:24:00	34:24:00
PM4	23:54:00	23:54:00
SENSOR DE CONTROL RPM DE BARRA	0:27:00	0:27:00
SISTEMA CONTROL ELECTRONICO MOTOR	4:27:00	4:27:00
SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE	13:45:00	13:45:00
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	6:45:00	6:45:00
SISTEMA DE ENCENDIDO	26:03:00	26:03:00
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	2:24:00	2:24:00
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	23:02:24	23:02:24
SISTEMA DE LUBRICACION AUTOMATICA	0:30:00	0:30:00
SISTEMA DE LUBRICACION DE COMPRESOR	3:15:00	3:15:00
SISTEMA DE PURGA AUTOMATICO DEL COMPRESOR	0:09:00	0:09:00
SISTEMA ELECTRICO	114:12:36	114:12:36
SISTEMA HIDRAULICO	40:12:00	40:12:00
SISTEMA HIDRAULICO DE DRILL	25:04:12	25:04:12
SISTEMAS AUXILIARES DE LA MAQUINA	283:51:36	283:51:36
SUSPENSION	2:18:00	2:18:00
TANQUE SEPARADOR	0:15:00	0:15:00
UNDERCARRIAGE	1:09:00	1:09:00
VALVULA AGARRE DE BARRA	0:18:00	0:18:00
VALVULA DE ADMISION DE AIRE	0:18:00	0:18:00
VALVULA DE CONTROL DE GIRO	3:00:00	3:00:00
VALVULA DE CONTROL DE PERFORACION(A,P,B,A)	0:27:00	0:27:00
VALVULAS REGULADORAS	5:06:00	5:06:00
(vacías)	69:54:00	69:54:00
Total general	1425:27:36	1425:27:36

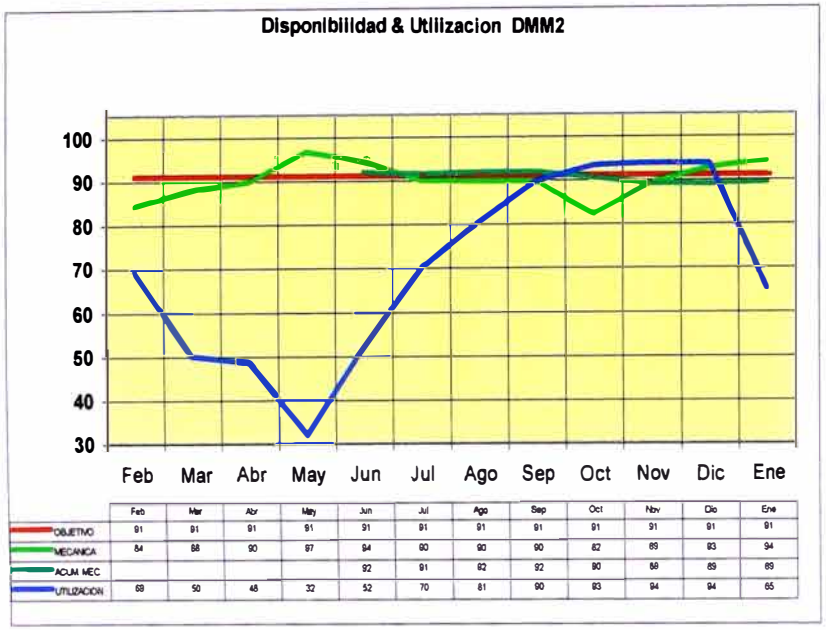


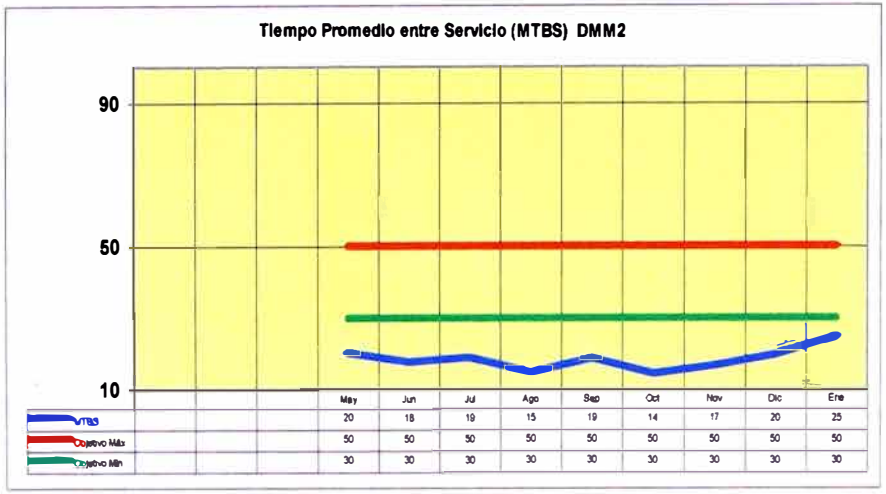
Contar de Tiempo	Equipo	
Sistema	103	Total general
COMPRESOR	15	15
SISTEMA DE AVANCE	28	28
CHASIS Y ESTRUCTURA	35	35
PM	36	36
OTROS	43	43
CABEZAL DE ROTACION	50	50
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	61	61
SISTEMA HIDRAULICO	64	64
SISTEMA ELECTRICO	86	86
MOTOR	107	107
SISTEMAS AUXILIARES DE LA MAQUINA	211	211
Total general	736	736

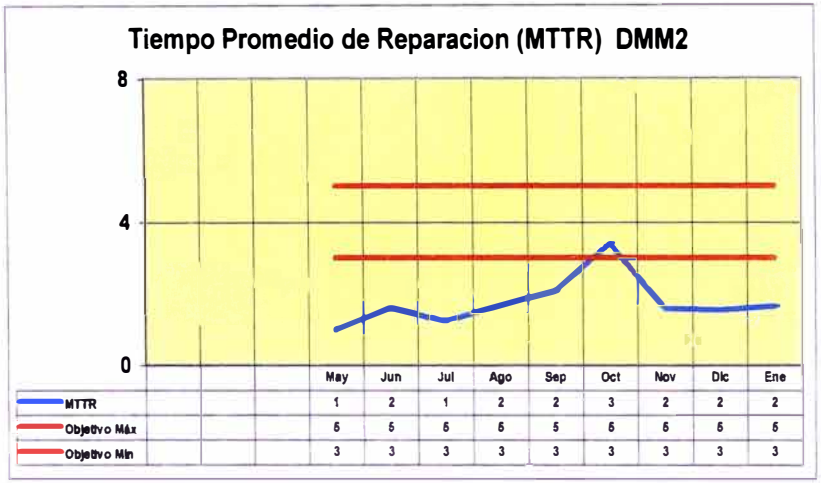


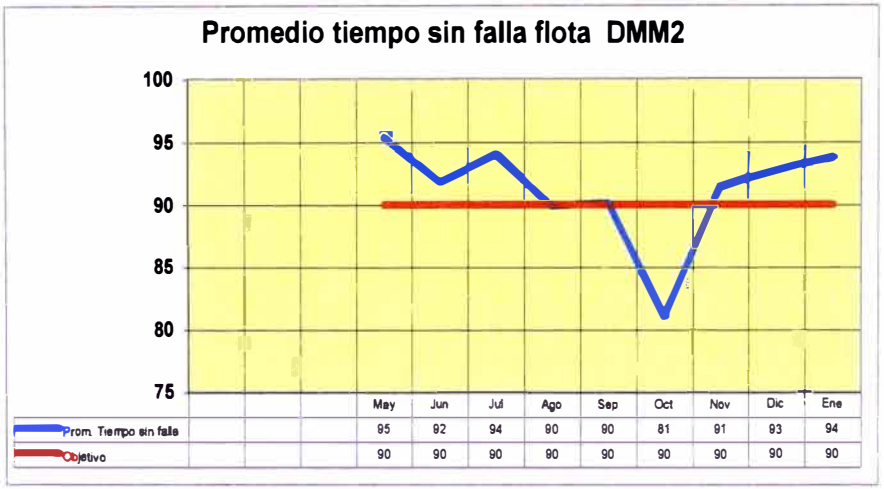
Suma de Tiempo	Equipo	
Sistema	103	Total general
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	23:59:24	23:59:24
COMPRESOR	26:51:00	26:51:00
SISTEMA DE AVANCE	54:51:00	54:51:00
CHASIS Y ESTRUCTURA	62:42:36	62:42:36
OTROS	79:40:12	79:40:12
SISTEMA HIDRAULICO	107:07:12	107:07:12
CABEZAL DE ROTACION	139:12:00	139:12:00
SISTEMA ELECTRICO	141:58:48	141:58:48
MOTOR	207:43:48	207:43:48
PM	218:30:00	218:30:00
SISTEMAS AUXILIARES DE LA MAQUINA	362:51:36	362:51:36
Total general	1425:27:36	1425:27:36

EVALUACION DEL MANTENIMIENTO

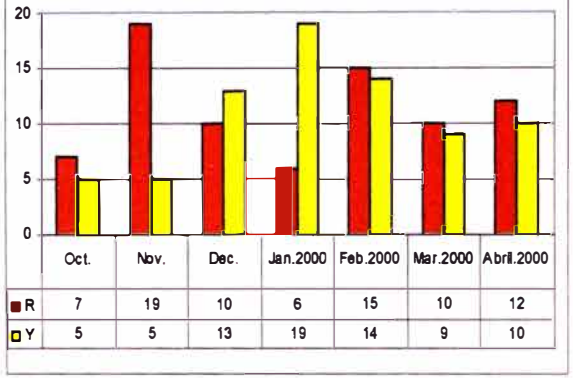






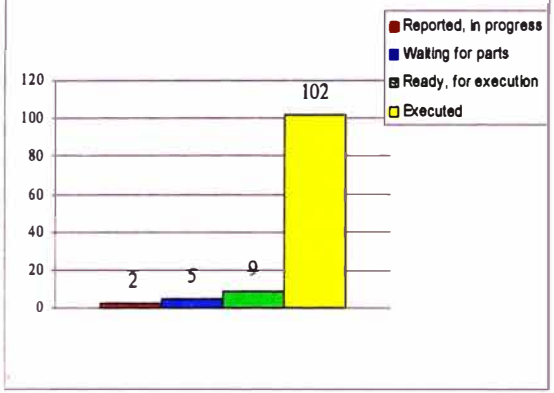


GENERATED VS. EXECUTED

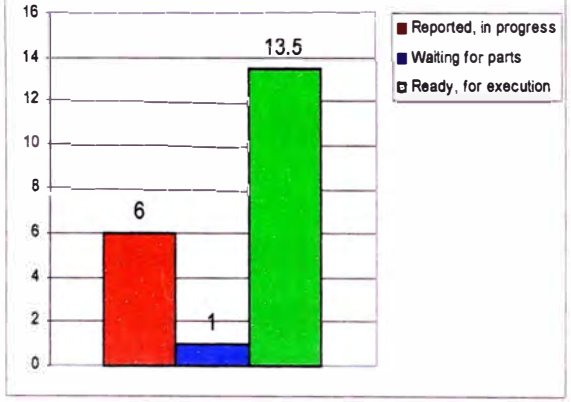


	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.2000	Feb.2000	Mar.2000	Abril.2000
R	7	19	10	6	15	10	12
Y	5	5	13	19	14	9	10

BACKLOG STATUS DM-M2 FLEET
To April. 20th 2000



ESTIMATED HOURS



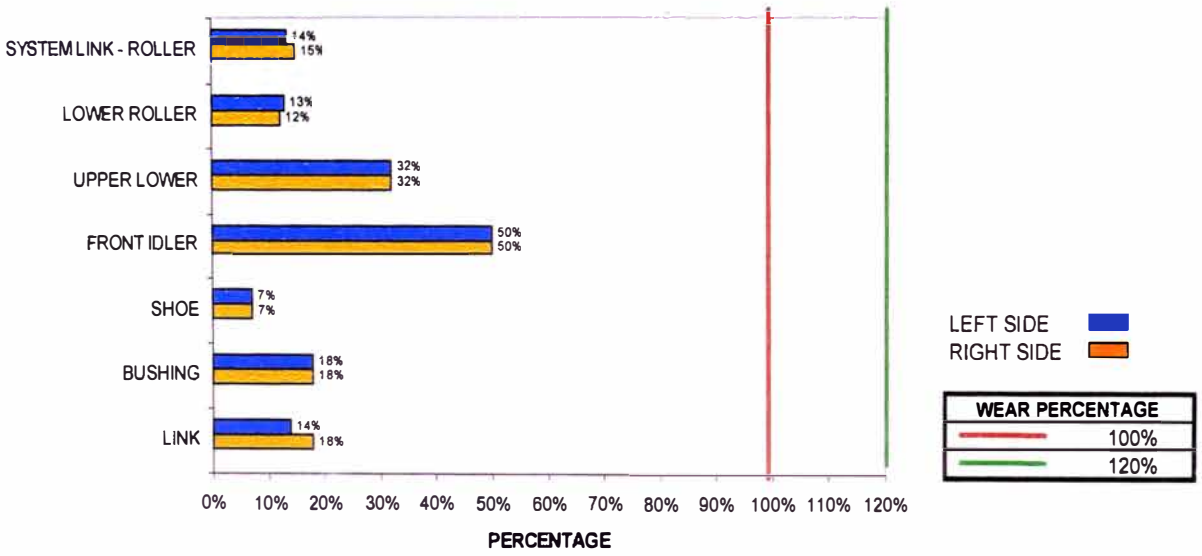
ROTARY DRILL DMM2 TD-003

ROTARY DRILL DMM2 - INGERSOLL RAND

MINE ID : TD-003 (103)
SERIAL NUMBER : 4276
SMU : 7099
DATE : 20/04/00

COMPONENT	PERCENTAGE WEAR		ESTIMATE LIFE 100%		ESTIMATE LIFE 120%		REMNANT LIFE	
	LEFT	RIGHT	LEFT	RIGHT	LEFT	RIGHT	LEFT	RIGHT
LINK	14%	18%	50707	39439	60849	47327	43608	32340
BUSHING	18%	18%	39439	39439	47327	47327	32340	32340
SHOE	7%	7%	101414	101414	121697	121697	94315	94315
FRONT IDLER	50%	50%	14198	14198	17038	17038	7099	7099
UPPER LOWER	32%	32%	22184	22184	26621	26621	15085	15085
LOWER ROLLER	13%	12%	54608	59158	65529	70990	47509	52059
SYSTEM LINK - ROLLER	14%	15%	52585	47327	63102	56792	45486	40228

COMPONENT - PERCENTAGE WEAR



6.2 RECOMENDACIONES

Luego de ver los resultados de la gestión de mantenimiento alcanzamos las observaciones, conclusiones y recomendaciones de esta gestión

a. Observaciones

- El análisis de gestión de mantenimiento para la perforadora hidráulica DMM2 se hizo para 8969 Hrs de máquina.
- La data histórica es controlada por ordenes de trabajo ejecutadas durante las tareas de mantenimiento e ingresadas a uns sistema de control de datos del se emiten los reportes.
- El política de evaluación de la gestión de mantenimiento es en la disponibilidad rodante. Para Antamina esta es de seis (06) meses. Razón por la cual se alcanzan los valores en el ejercicio de Mayo 1999 a Enero 2000.
- Se presentan los tablas por ocurrencia y por tiempo. También el pastel de paradas el cual sirve para analizar los problemas críticos y particulares de estas máquinas. Seguidamente los indicadores conocidos para la Evaluación del Mantenimiento.

b. Conclusiones

- La disponibilidad objetivo de 91% mecánica no fué alcanzada. Si embargo estuvo en promedio en 89%. Por este motivo se tuvo que pagar disponibilidad que fué por ejecución de responsabilidades por contrato con un equipo de soporte en perforación secundaria ECM-690.
- El MTBS estuvo por debajo de los esperado alcanzando un valor en promedio de 19 Hrs. Siendo el valor objetivo de 40 Hrs. Esto quiere decir que esta unidad tuvo en promedio paradas en exceso a lo estándar en minería de tajo abierto.
- El MTTR estuvo por debajo del valor esperado manteniendose en promedio a 2 Hrs. Siendo el valor esperado mayor a 3 Hrs. y menor de 5 Hrs. Esto nos indica que las

ocurrencias son de alta frecuencia haciendo que la unidad se detenga demasiado en promedio para ejecutar tareas de corta duración.

- Sober la confiabilidad se concluye que en en promedio de la gestión estuvo aceptable. Sin embargo en el mes de Octubre se alcanzó el valor mas bajo.
- Sobre el pastel de paradas por ocurrencia podemos concluir que los sistemas auxiliares de la máquina representan el mayor motivo de parada mostrando en el ejercicio un 28% del total de paradas. Los sigue el Motor con 14%.
- Sobre el pastel de paradas por tiempo nuevamente los sistemas auxiliares son la mayor causa de las paradas con un 24%. Los siguen los Mantenimientos Preventivos. Es necesario indicar que aquí todavía la unidad no llegó a pasar el programa de Reparaciones Mayores. Esto debido a las horas de la máquina completa. Normalmente en los años donde estan programadas dichas reparaciones las paradas por mantenimiento son las de mayor incidencia. Sin embargo esto es positivo al largo plazo puesto que el componente reparado a cero "0" horas vuelve a iniciar un nuevo ciclo de mantenimiento.

c. Recomendaciones

- Siguiendo con las experiencias reales en la mantención de equipos mineros a nivel mundial el contrato de mantenimiento debe ser ajustado con valores de disponibilidad objetivo lo mas reales posibles. De acuerdo con investigaciones realizadas en Chile este equipo no podía haber alcanzado un 91% en un terreno tan duro. Se tuvo durante el proceso de selección 70 Mpa de resistencia al corte del terreno sin embargo en la práctica se trabajó con roca de hasta 300 Mpa.
- Las cantidades de paradas cuya causa principal son los sistemas auxiliares se explican de acuerdo con nuestra experiencia principalmente por problemas operacionales. En segundo lugar el nivel técnico del personal de mantenimiento, en tercer lugar el soporte del suministrador de mantenimiento. Las tareas por soldadura estuvieron a cargo de Minera mas nó de Ferreyros S.A.A.

- Un factor climatológico y geográfico fue tremendamente influyente para que los tiempos de atención fueran elevados. Esto resta capacidad de respuesta en las atenciones en campo. Se deben hacer estudios de planeamiento de cargas de trabajo y estudiar con cuidado los tiempos muertos debido a las condiciones arriba mencionadas. No tiene el mismo costo ni la capacidad de respuesta en una atención en distancias que difieren hasta en 60 minutos en distancia. Por otra parte tampo es lo mismo atender un mantenimiento en campo con acceso de solo camionetas pick up que con un camión lubricador. En las zonas de voladura simplemente no había acceso para el camión lubricador.
- El mantenimiento predictivo ayudó tremendamente puesto que se trabajó en los mantenimientos con los avisos del predictivo.
- El excelente nivel de entrenamiento del personal técnico de Ferreyros S.A.A. hizo que las paradas en espera de diagnóstico fueran mínimos.
- El stock de protección fué elaborado en base a un estudio de PARETO. Tuvo gran efectividad. Se recomienda ejecutar estos requerimientos de manera estructurada para cuando se ejecuten tareas para equipos de los cuales se tienen experiencias en otras operaciones. Es decir, difícilmente el equipo para por falta de repuesto si el que elabora la lista de repuestos de protección conoce muy bien la máquina.

CAPITULO 7

CONTRATO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES - M.A.R.C.

Estas son las siglas iniciales en inglés del Contrato de Mantenimiento y Reparaciones (Maintenance And Repair Contrac).

Seguidamente haremos una descripción de lo que es un M.A.R.C. de acuerdo con la siguiente secuencia:

a. Introducción

b. Consideraciones del cliente

a. Introducción

Desde hace algunos años en la minería se ha estado implementando los contratos de mantenimiento y reparación (M.A.R.C.), este tipo de contratos va asociado con la venta de equipos de perforación, servicio de mantenimiento y reparación incluidos.

El presente capitulo tiene por objetivo proporcionar información que se requiere para llegar ha establecer la tarifa (partes y mano de obra). Para determinar este valor se debe disponer de información que se muestra en este capitulo, esta es producto de antecedentes recopilados en varios años de operación de equipos de perforación rotativa en Chile.

Como fue señalado anteriormente para obtener la tarifa de un contrato M.A.R.C., debemos precisar exactamente las características y especificaciones de la perforadora, esto es fundamental, por ejemplo: la reparación de un compresor de alta presión tiene un costo de reparación mayor que un compresor de baja presión, o en el caso que la perforadora tenga incorporado el sistema opcional del colector de polvo debemos de incluir en la tarifa el cambio a un determinado número de horas de los elementos filtrantes, (el número de

elementos dependerá del modelo a emplear). A continuación se entrega un listado de características que debemos conocer del equipo, previo a iniciar un trabajo para determinar una tarifa de contrato M.A.R.C.

Especificaciones y caracteristicas de las perforadoras

Características de la perforadora	Observaciones
Air End	Capacidad, presión de trabajo y tamaño
Bomba de agua	Hay modelos de perforadoras que ofrecen alternativas
Cabezal de rotación	Alto ò bajo torque
Condiciones especiales de fabricación	Algunos clientes solicitan construcciones especiales, p. Ej.: sala de máquinas etc.
Diámetro de perforación y barra	Para valorizar aceros de perforación (de estar incluidos n contrato)
Largo de torre de perforación	Depende del modelo de la máquina y las distintas opciones
Marca y modelo de motor diesel	Cummins ó Cat
Modelo de la perforadora	p. ej.: DM-M2, DML, DMH, T4W, etc.
Perforación angular	Si viene instalado
Rodado	Depende del modelo perforadora, p. Ej.: IT, CAT, etc.
Sistema colector de polvo	Si viene instalado
Sistema de aire condicionado	Si viene instalado
Sistema de inyección de aceite al DHD	Hay modelos de perforadoras que ofrecen alternativas.
Sistema de lubricación	Si viene instalado
Sistema de lubricación rosca de la barra	Si viene instalado
Sistema de. lubricación para tiempo frío	Si viene instalado, especificar el tipo
Sistema medidor de eficiencia	Si viene instalado, puede ser DEI, Strataloger (II ó plus), Sistema Aquila (DM1 ..... DM5).
Sistema supresor de incendio	Si viene instalado
Ubicación geográfica del mineral	Esta condición permitirá determinar el costo asociado al transporte de los repuestos, además lo referente a la mano de obra.

Tabla de especificaciones técnicas de la perforadora

Figura 7.1

Como se puede observar esta información es fundamental para iniciar el trabajo de M.A.R.C. Esta claro que no se pueden tener tarifas de M.A.R.C. preestablecidas para los distintos equipos, ningún contrato M.A.R.C. es idéntico a otro, son muchas las variables que van a influir en la obtención de una tarifa las que se muestran arriba son solo algunas de ellas.

b. Consideraciones del cliente

El cliente cuando llama a una licitación indicara los términos y condiciones del contrato para mantenimiento y reparación. A modo de ejemplo se señalan algunas de ellas:

- **Aceites y grasas lubricantes** - En algunos casos el cliente mantiene un contrato de suministro de lubricantes y grasas con alguna compañía del rubro. De ser así estos deben ser excluidos del M.A.R.C. pero debe de considerarse la mano de obra para hacer los trabajos de mantenimiento como los cambios de aceite.

- **Aceros de perforación** - Al igual que lo anterior el suministro de aceros de perforación (Triconos, Barras de perforación, Amortiguador de vibraciones, Buje centralizador etc.) el cliente puede mantener un contrato de suministro con alguna otra compañía. De ser así esto debe ser excluido del M.A.R.C. En algunos minerales el cambio de aceros de perforación es considerado una actividad de mantenimiento para este caso debe de considerar la mano de obra para la ejecución de este trabajo. Esto lo define el cliente.

- **Componentes excluidos del Marc** - El cliente puede dejar fuera del contrato componentes de la perforadora, como por ejemplo : El motor diesel, el tren de rodado ú otros de acuerdo al tipo de contrato que le es mas conveniente.

- **Seguros** - El cliente en algunos casos obliga al suministrador de M.A.R.C. a tomar seguros para cubrir equipos, personas y/o instalaciones. El costo de este seguro debe estar reflejado en la tarifa de mano de obra.

- **Precio por otros servicios no cubiertos por el Marc** - En algunos casos el cliente solicita al contratista proveer mano de obra de mantenimiento y materiales para trabajos accesorios no cubiertos por el M.A.R.C. por ejemplo: Trabajos de soldadura, modificaciones, trabajos cuando la causa es de origen operacional y reconocido por el cliente como tal. Esta tarifa no necesariamente debe ser igual a la del contrato M.A.R.C. Para el caso de Ferreyros S.A.A. se definían los cargos como M.A.R.C. y No-M.A.R.C. las tarifas eran diferentes para efectos de facturación a Compañía Minera Antamina. En reiteradas oportunidades se tuvo que atender equipos fuera del M.A.R.C. como los equipos de alquiler con fallas operacionales ó accidentes.

- **Alojamiento y alimentación** - Normalmente el cliente proporciona el alojamiento y alimentación para el suministrador de M.A.R.C. a un costo determinado. Esto es en el caso que por las condiciones geográficas del mineral es forzosa la permanencia del personal en el campamento de la mina. El costo que involucra este ítem debe considerarse en la tarifa de la mano de obra. Este punto es importante puesto que en el caso del contrato M.A.R.C. entre Antamina y Ferreyros S.A.A. el personal se alojó en campamentos construidos en el asiento minero a un distancia en tiempo de 40 minutos. El campamento se llamaba CONTONGA.

- **Utilización mínima de operación del equipo** - el cliente debe indicar las horas mínimas de operación por equipo o por la flota. Esto es muy importante pues será de referencia para el suministrador de M.A.R.C. en él cálculo de la tarifa de la mano de obra, de tal forma que este valor por las horas mínimas deben dar un valor que al facturarle al cliente cubra el gasto involucrado a la mano de obra. Si el cliente no indica la utilización de sus perforadoras el suministrador deberá estimar este valor, basado en el historial disponible. Para el caso del M.A.R.C. de Antamina la utilización fué alta y dejaba muy poco margen para trabajos con equipo operativo en espera (Stand By). Este hecho redujo el tiempo de mantención disponible y las ventanas de oportunidad muy reducidas. La utilización fue el motivo principal para no alcanzar las metas de mantenimiento ofrecidos.

- **Disponibilidad mecánica** - Son las horas expresadas en porcentaje que el equipo o la flota estuvo disponible para la operación. Él calculo de este porcentaje esta dado por la siguiente relación:

$$Disonibilidad\,Mécanic = \frac{(horas\,no\,minales) - (horas\,de.\,detención\,por\,mantenimiento\,reparación}{(horas\,no\,minales)} x100$$

Siendo:

Horas nominales: corresponden a las horas calendario del mes en cuestión.

El cliente puede definir esta disponibilidad corno rodante por ejemplo: Promedio rodante de la Disponibilidad mecánica de seis meses. En inglés es conocido como "Rolling Average". Para el caso de los indicadores de gestión se tomaron para contrato M.A.R.C. con Compañía Minera Antamina seis (06) meses de disponibilidad mecánica rodante.

- **Disponibilidad mecánica mínima garantizada** - Es la disponibilidad que el suministrador de M.A.R.C. garantiza por el equipo o la flota, para un periodo determinado de operación expresada en porcentaje. El incumplimiento de esta disponibilidad, el cliente puede penalizarla con multa. Como ejemplo se señala en el siguiente cuadro las disponibilidades ofrecidas en un contrato M.A.R.C. para dos perforadoras DM-M2. (Figura 7.2)

Período De Operación		Disponibilidad
0 a 5.000 hrs.	De operación	89%
5.001 a 10.000 hrs.	De operación	88%
10.001 a 15.000 hrs.	De operación	86%
15.001 a 20.000 hrs.	De operación	83%
20.001 a 25.000 hrs.	De operación	80%

Tabla de disponibilidades recomendadas para un contrato M.AR.C. de perforadoras hidráulicas DMM2
Figura 7.2

Esta disponibilidad va a depender por ejemplo de:

- El stock que pueda mantener el suministrador de M.A.R.C. de componentes mayores y un stock de repuestos de protección adecuado a los esquemas de mantenimiento.
- El personal entrenado que disponga el suministrador de M.A.R.C.
- La infraestructura que se cuente para los trabajos de campo.
- "De lo anterior se desprende Que. es el distribuidor Quien debe garantizar esta disponibilidad".

En el contrato M.A.R.C. que tuvo Ferreyros S.A.A. y Minera Antamina el soporte fue el suficiente tanto en personal, equipos y entrenamiento. El problema pasó por el poco tiempo para mantenimiento debido a la alta utilización. La dureza extrema del terreno, y las condiciones de accesibilidad a la zona de operación desde la base donde estaba instalado el taller del suministrador de M.A.R.C. la no disponibilidad de cama baja para el traslado de la unidad al taller obligaba a ejecutar atenciones en campo la misma que se dificultaban en extremo por las condiciones climáticas, acceso, operacionales como las voladuras,

iluminación, traslado de fluidos y partes, no hay grúa puente en campo, drenaje de fluidos en zonas pedregosas, no hay dispositivos como los de taller. Estos costos y tiempos muertos debidos a las condiciones de accesibilidad castigaron los costos operativos del M.A.R.C. en otras palabras no fueron considerados en la tarifa por hora lo cual ocasionó pérdidas en la utilidad proyectada. El stock de protección fue el ideal.

7.1 CALCULO DE TARIFA PARA UN M.A.R.C. DE DOS PERFORADORAS

a. Obtención de la tarifa por mano de obra

Para llegar a determinar esta tarifa debemos considerar los puntos ya señalados anteriormente. Como primer paso es establecer la cantidad de personas necesarias para atender las perforadoras incluidas en el contrato M.A.R.C. La dotación adecuada, varia dependiendo de la cantidad de equipos. A continuación se entrega una lista de dotación estimada requerida, considerando dos grupos de trabajo. (Ver figura 7.3).

Cantidad de equipos	Dotación turno de noche	Dotación turno de día	Dotación administrativa	Dotación total (considera relevo)
1	2+2	2+2	2	10
2	2+2	2+2	2	10
3	2+2	4+4	2	14
4	2+2	4+4	3	15
5	2+2	6+6	4	20
6	2+2	6+6	4	20
7	4+4	6+6	4	24
8	4+4	6+6	4	24
9	4+4	8+8	4	28
10	4+4	8+8	4	28

Proyección de cuadrillas de mantenimiento para un M.A.R.C.

Figura 7.3

Esta dotación recomendada debe cumplir con lo siguiente:

1. Personal técnico debidamente entrenado, en equipos de perforación específicos. Es decir en perforadoras DMM2 como en el caso del contrato M.A.R.C. con Compañía Minera Antamina.

2. El personal ejecutor del servicio (mantenimiento) trabaja en turnos de 12 horas. Deben tener un nivel de técnico, mecánico, eléctrico y soldador. Con instrucción en perforadoras Ingersoll-Rand modelo DMM2.

3. La dotación administrativa en los mismos horarios incluye lo siguiente:
   - Un jefe de proyecto - Nivel de ingeniero, certificado por Ingersoll-Rand
   - Un almacenero - Nivel técnico profesional
   - Un supervisor (de 4 máquinas arriba) - Nivel técnico profesional, certificado por IR
   - Un administrativo (de 5 máquinas arriba) - Nivel secretario administrativo.

4. Los trabajos de reparaciones mayores programadas (overhaul), que deben efectuarse de acuerdo a las recomendaciones de mantenimiento cada 10.000 horas de operación, se recomiendan que las horas hombre que involucra esta actividad sea absorbido por personal adicional del Suministrador de M.A.R.C. El propósito es que el personal del contrato trabaje sólo en el cambio de los componentes como por ejemplo: Bombas hidráulicas, compresor, caja bombas, motor diesel, cilindros, cabezal de rotación, cambio de componentes menores y misceláneos. En Ferreyros S.A.A. se tenía una dotación de técnicos calificados entrenados para ejecutar programas de reparaciones mayores en campo el mismo que debido a la disponibilidad de componentes mayores en Mina se ejecutaba solamente la remoción e instalación de los componentes. Las reparaciones completas se realizaron siempre el taller del Centro de Reparación de Componentes (C.R.C.) de Ferreyros S.A.A. ubicado en Lima. Todos los componentes salientes se enviaban a reparar al C.R.C.

- **Cálculo de la tarifa de mano de obra**

Estimaremos que para dos (02) perforadoras hidráulicas DMM2 trabajan unas 400 Hrs/Mes. (Si el cliente no garantiza una utilización mínima, debemos estimar este valor como se indicó anteriormente).

- **Sueldos** - De todo el personal del contrato e incluye: sueldos, elementos de seguridad, traslado, alimentación, etc.

Un Jefe de proyecto	US$ 1800
1 almacenero + 8 técnicos	US$ 2800
Costo mensual	US$ 4600
Costo horario	**5,75 US$ / Hrs.**

- **Inversiones-** Incluye camionetas, herramientas, radio de comunicación, infraestructura, etc.

	Costo	**Amortización**	**US$/Mes**
Una camioneta	US$ 15000	3 años	343
Set de herramientas	US$ 8000	5 años	133
Otros	US$ 6000	5 años	100
Costo mensual			576
Costo horario		**0,72 US$ / Hrs.**	

- **Gastos operacionales** - incluye combustibles, seguros, otros gastos, etc.

Combustible	US$ 1800
Seguros	US$ 400
Gastos de terreno	US$ 2000
Gasto mensual	US$ 4200

Costo horario	5,25 US$/ Hrs.

Costo total de la mano de obra será:	**11,72 US$/Hrs.**

Nota: El presente ejercicio es para poder explicar el procedimiento de cálculo, los datos utilizados son referenciales. Cuando se ejecute un cálculo real se debe de tener en cuenta los costos reales y proyectarlos en el tiempo.

b. Infraestructura

Con relación a la infraestructura que debe considerarse en un contrato M.A.R.C. debe ser en directa relación a la cantidad de equipos que deben atenderse y a las facilidades que pueda proporcionar el cliente, a modo de ejemplo se indican a continuación algunos elementos que se requieren para la atención de un M.A.R.C. de perforadoras. Es necesario indicar que para el M.A.R.C. con Compañía Minera Antamina se sobrepasaron estos niveles de infraestructura puesto que el contrato M.A.R.C. fué también par la totalidad de la flota Caterpillar que incluía camiones OHT 793C de 240 Tm, cargadores frontales 994D, Equipo auxiliar y para perforadoras. En este punto el soporte fué el mejor. Las principales dificultades fueron climáticas y geográficas.

- **Infraestructura M.A.R.C.**

1.- Camión mantenimiento con grúa.

Equipo de soldadura eléctrica

Equipo autógena con boquillas de corte y soldadura.

Compresor de aire.

Bomba de engrase.

Bombas de aceite.

Tomillo mecánico.

2.- Camionetas.

Una equipada con herramientas para el apoyo en terreno.

Una para el traslado del personal y apoyo en terreno.

3.- Herramientas

Una caja de herramientas por grupo que incluye:

Un juego de llaves de convinación de 1/4 a 1-1/4

Un juego de llave Allen de 1 mm. 13 mm.

Un juego de llave Allen hasta 1/2 pulgada.

Un juego de atornilladores

Un juego de alicates universal corte, punta.

Juego de martillos.

Juego de cinceles.

Arco con sierra.

Ajustable de 12" y 14".

Stillson de 14".

Juego de limas.

Juego de tubos encastre de ¾", de ½" a 1-1/4".

Juego de tubos encastre de ½", de ¼" a 1".

Criquet encastre de ½"

Criquet encastre de ¾"

barrote de fuerza encastre de ½"

barrote de fuerza encastre de ¾"

4.- Herramientas y equipos de almacén

Masas de 6 libras a 16 libras.

Ajustable de 18".

Ajustable de 24-.

Stillson de 18".

Stillson de 24".

Eslingas en cantidad suficiente para manipular elementos pequeños hasta levantar una torre.

Fajas diferentes largos y cargas.

Portapower. (bombas hidráulicas manuales).

Cilindros diferentes diámetros y largos.

Extractores.

2 bancos mecánicos con sus respectivos tomillos.

Cargador de batería con arrancador.

Una amoladora neumática.

Una amoladora eléctrica.

Un taladro neumático.

Un taladro eléctrico manual.

Juego de brocas hasta 25 mm.

Una llave de impacto neumática encastre de ½".

Una llave de impacto neumática de ¾".

Un juego de barretas.

Un juego de punzones

Una amoladora de pie.

Un juego de limas.

Multiplicador de torque, encastre de 1".

Juego de tubos, encastre de 1" de ¾" a 2".

Tacómetro, pirómetro, tester hidráulico.

Un equipo de carga gas freon.

Un criquet encastre de ¾"

Un criquet encastre de 1"

Un barrote de fuerza encastre de ¾"

Un barrote de fuerza encastre de 1"

5- Herramientas de medición

Calibre grande (500 mm.)

Calibre de profundidad (300 mm.)

Dos calibre 200 mm.

Un juego de micrómetros para exterior de (0 a 500 mm.).

Dos juegos de relojes comparadores con base.

Un juego de compases externos - internos.

6.- Equipos de comunicación

Equipo de radiotransmisor en base y móviles.

Equipo de Fax.

Teléfonos (oficina, taller y pañol)

Muebles de oficina y pañol.

Una computadora en oficina.

Una computadora en pañol.

c. Partes & Componentes

El otro factor que compone el costo de mantenimiento, es el que guarda relación con las partes y componentes. Este costo se encuentra dividido en los siguientes ítems.

Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento planificado y programado, se realiza periódicamente y comprende actividades de rutina como lubricación, engrase y cambio de filtros. Los periodos de intervención están dados por las pautas de mantenimiento. En las hojas de trabajo se presentan separados sus costos (lubricación y filtros). En lo relacionado con el costo de lubricante se recomienda considerar un valor por los rellenos que deben hacerse entre cambios de aceite.

Reparaciones menores

Este mantenimiento, se efectúa en forma programada y planificado con anterioridad, basado en inspecciones diarias o de rutina al equipo y comprende actividades menores que no demandan un tiempo de ejecución demasiado largo, los costos en partes son de alrededor de US$ 2000. Para ilustrar mas este tipo de mantenimiento se dirá que pueden incluir actividades tales como: Cambio de sellos a cilindros hidráulicos pequeños, reemplazo de instrumental, reemplazo de mangueras, reemplazo de iluminación, cambio de sello de aceite a eje bomba, etc.

Reparaciones Mayores

Este tipo de mantenimiento es programado y planificado a largo plazo y comprenden actividades que involucran un tiempo de detención prolongado, los periodos de ejecución de estas actividades es cada 5000 hrs. de operación y los costos son importantes. El costo asociado a este tipo de mantenimiento es el mas gravitante.

Es de vital importancia ubicar estos costos en las horas de operación correctas para este propósito se adjunta una tabla con la duración estimada de algunas componentes para reparaciones mayores y menores.. En el cuadro adjunto las componentes se han identificado con su nombre en ingles, para facilitar su identificación en el manual

Estimación de vida útil de componentes y horas hombre empleadas:

En la figura 7.4 se muestran los tiempos de vida util estimados para las perforadoras DMM2:

Componente	Vida útil Estimada en horas	H.H. de reparación	Acción
Air conditioner	2.000	4	Recarga & embrage
Air end	10.000	20	Reconstrucción
Air hose (toser & Discharge air end)	3.000	2-4	Reemplazo
Brake propel Motor	8.000	6	Kit de reparación
Breakout wrench & cylinder	2.000 10.000	2 5	Reempl. Insertos Rep. de cilindros
Central lube	5.000	8	Rep. bomba neumática
Coupling, engine / Compressor	5000	16	Reemplazo
Drive pump	10.000	24	Reconstrucción
Duble pump	7.000	5	Reparación
Dust collector Motor	5.000	3	Reparación
Electric motor (DMH)	30.000 15.000	36 16	Cambio Cambio de rodamientos & acoplamientos
Engine	10.000		Reparación con Dealer
Fan motor	5.000	5	Reparación
Feed cable	10.000 15.000	16 4	Reemplazo cable Reemplazo poleas
Feed chain	10.000	24	Reemplazo (incluye sprocket)
Feed cylinder	10.000	24 6	Reparación Reemplazo
Feed pump	5.000	8 4	Reparación Reemplazo
Fire suppression	10.000	3	Recarga
Hidraulic oil cooler	8.000	6	Reemplazo
Jacks cylinder	10.000 20.000	24 12	Reparación (cambio de sellos) Reemplazo
Leveling jacks	7.000 15.000	16 6	Reparación Reemplazo
Main frame	30.000	45-96	Reparación Estructural
Radiator	8.000	6	Reemplazo
Rotary head	8.000	29	Reconstrucción
Rotary table	10.000	29	Reconstrucción
Rotation motors	10.000	4	Reemplazo
Tower	30.000	45-96	Reparación estructural
Tower raising cylinder	10.000 20.000	8 4	Reparación Reparación

Undercarriage			
Side frame	30.000	16	Reemplazo
Bottom rollers	5.000 / 15.000	12 – 6	Reparación / reemplazo
Upper rollers	15.000	6	Reparación
Idler assembly	5.000 / 15.000	16 – 8	Reparación / Reemplazo
Final drive	25.000	24	Reparación
Propel motor	10.000	6	Reemplazo
Chain	20.000	24	Reemplazo
Pads	20.000	1	Reemplazo
Vaposol pump	5.000	3	Reparación
Vaposol motor	10.000	4	Reparación

Vida util estimada de los componentes y H-H utilizadas par el reemplazo/reparación
Figura 7.4

Nota: Las horas hombres son unitarias (por componente)

En el mantenimiento preventivo se incluyen como se menciono anteriormente, todas las actividades que se realizan periódicamente y comprende actividades de rutina como lubricación, engrase y cambio de filtros. Los periodos de intervención están dados por las pautas de mantenimiento. Los periodos sugeridos de cambio de filtros y lubricantes recomendados son los que se muestran en los siguientes cuadros:

FILTRO O ELEMENTO	PERIODO DE CAMBIO Horas operación	OBSERVACIONES
A/C filter	1.000	Horas de cambio estimadas
Cable reel filter	1.000	
Filter cab	1.000	
Hydraulic elemento filter	1.000	
Machinery filter	1.000	Horas de cambio estimadas
Refill filter	1.000	
Servo filter	1.000	
Separador element	2.000	
By pass element	250	
Fuel element engine	250	
Lube element engine	250	
Main element compresor	250	Limpiar solo tres veces
Main element engine	250	Limpiar solo tres veces
Water element engine	250	
Compressor filter	500	
Hydraulic breather	500	
Safety element compressor	500	Cambio de acuerdo indicador
Safety element engine	500	Cambio de acuerdo indicador
Element dust collector	750	

Periodos de cambio de consumibles

Figura 7.5

LUBRICANTE	PERIODO DE CAMBIO Horas de Operación	OBSERVACIONES
Engine oil	250	
Grase	Se estima 6 kilos/día	Engrase diario
Rotary head	2.500	
Final drive	2.000	
Water pump	2.000	
Winch	2.000	
Drive pump	1.000	
Hydraulic oil	1.000	
Separador	1.000	
Hydraulic refill	1.000	App. 50 l. Entre cambios
Oil compressor refill	1.000	App. 50 l. Entre cambios
Oil inyection DHD	Se estima 2 l/hrs.	Relleno diario
Grase rod	Se estima ¼ kilo/hrs.	Depende de los cambios de barra

Periodos de cambio de lubricantes
Figura 7.6

Nota: Si las condiciones de operación son extremas (temperatura, altura, ambiente contaminado, etc.), los periodos deben de reducirse.

Utilizando esta información como base, el siguiente paso es valorizar cada reparación (mayor, menor y preventivo), el procedimiento es bastante simple solo se requiere conocer exactamente el equipo para el cual se esta elaborando el contrato M.A.R.C. Por esta razón es muy importante contar con la información detallada en la figura 7.1.

e. Resumen

La oferta final para el contrato M.A.R.C. para Compañía Minera Antamina tuvo la siguiente tarifa para la perforadora DMM2:

Periodo	Mano Obra	Partes	Consumibles	Total	Disponibilidad
0-5000	U$8.8/Hr	U$5.8/Hr	U$7.09/Hr	U$21.69/Hr	91%
5001-10000	U$8.8/Hr	U$14.82	U$7.24/Hr	U$30.86/Hr	91%
10001-15000	U$8.8/Hr	U$11.64	U$7.19/Hr	U$26.63/Hr	90%
15001-20000	U$8.8/Hr	U$14.77	U$7.24/Hr	U$30.81/Hr	90%
20001-25000	U$8.8/Hr	U$13.66	U$7.21/Hr	U$29.68/Hr	89%
25001-30000	U$8.8/Hr	U$16.20	U$7.24/Hr	U$32.25/Hr	89%

Para los programas de reparaciones mayores excluidos del M.A.R.C. se tuvieron los siguientes precios ofertados al cliente en el año 1998: Ver figura 7.7

ITEM	COMPONENTE	PRECIO US$	GARANTIA
1.0	Motor	76827.00	10000
	Reparación1	40058.00	10000
	Reparación2	40058.00	10000
2.0	Carrilería	42184.00	10000
3.0	Mando Final	16214.00	10000
4.0	Sistema Fijo	7492.00	10000
5.0	Compresor reconstruido en Fábrica	20499.00	10000
	Reparación1	13476.00	6000
	Reparación2	13476.00	4000
6.0	Mando de Bombas	3952.00	10000
7.0	Cilindro de avance	42266.00	10000
	Reparación1	13719.00	10000
	Reparación2	13719.00	10000
	Reparación3	13719.00	10000
8.0	Cabezal Rotativo	84846.00	7000
	Reparación1	9758.00	5000
	Reparación2	9758.00	5000

Precios de reparaciones No M.A.R.C.

Figura 7.7

Estos valores fueron bien estudiados por el suministrador de M.A.R.C. Se consideraron tarifas para los repuestos que deberán ser embarcados vía aérea y otros pueden ser traídos por barco y como se sabe entre ambas alternativas existe diferencia de precios por concepto de embarque. Si el suministrador de M.A.R.C. maneja un stock adecuado en la mina podrá evitarse los embarques de emergencia vía aérea.

7.2 ANALIS DE RENTABILIDAD DEL M.A.R.C.

Lo expuesto brevemente en esta sección tiene como objetivo entregar a los distribuidores los conceptos básicos para cotizar un contrato MARC asociado a la venta del equipo. Estos conceptos deben ser analizados bajo un criterio absolutamente técnico no se pretende entregar conceptos económicos, creo que existen otras personas capaces de analizar esto en mayor profundidad.

El suministrador de M.A.R.C. con su personal de servicio debe concentrar sus mayores esfuerzos en mantener una alta disponibilidad del equipo o la flota de perforadoras. Esta es la única forma de obtener utilidades para el distribuidor y un buen grado de satisfacción al cliente.

El suministrador de M.A.R.C. debe de entender que se debe hacer un análisis histórico antes de garantizar las reparaciones y estimar la vida util del componente para la elaboración de un contrato M.A.R.C.

De acuerdo con nuestra experiencia el éxito de un contrato M.A.R.C. esta ligado a la gestión del suministrador de M.A.R.C. y es así que cuando se actúa profesionalmente y se trabaja con personal calificado en el servicio de mantenimiento, se puede asegurar una alta disponibilidad de los equipos.

Por lo anterior señalado a continuación se enumeraran algunas recomendaciones que debe utilizar el suministrador de M.A.R.C.:

1. Certificar por el Fabricante, en este caso Ingersoll-Rand, al personal de supervisión directa en los trabajos de mantenimiento, por ejemplo participar en cursos de entrenamiento rigurosos.

2. Utilizar lubricantes recomendados por el fabricante. Es decir repuestos y productos originales.
3. Mantener un stock de repuestos mínimos basado en un PARETO.
4. Mantener una infraestructura adecuada al volumen de mantenimiento, ya analizamos esto en este capítulo.
5. Establecer un programa de inspecciones planificadas, diarias. Esto retroalimentara el sistema y generara nuevas ordenes de trabajo, permitiendo actuar antes que se produzca una falla mayor no prevista.
6. Mantenimiento predictivo sintomático, por ejemplo: análisis de aceites usados, controles de temperatura, análisis de vibraciones, análisis de partículas magnéticas, etc.
7. Utilizar programas de mantenimiento recomendados por el fabricante.
8. Planificar las reparaciones mayores utilizando cartas, como por ejemplo "carta Gantt" para tener el control y orden en el tiempo.
9. Determinar el volumen de mantenimiento óptimo.
10. Trabajar utilizando ordenes de trabajo, para poder llevar un buen control de horas Hombre y repuestos, sirve como historial, el mismo que sirvió para presentar los indicadores de gestión.
11. Utilizar un sistema de reposición automática de repuestos de bodega.

CONCLUSIONES

El mantenimiento es una tarea sencilla pero a su vez compleja. Una máquina debe ser concida como el cuerpo humano. El conocimiento del sistema operativo, pruebas & ajustes, las posibles fallas, operación, mantenimiento, aplicación sumado a la experiencia en mantención como es la totalidad de data histórica permite tener una visión clara para diseñar políticas que utilicen estas herramientas de maneras sencilla sin dejar de lado la complejidad intrínseca de esta ciencia.

Nuestro país debe iniciar una cadena de Industrialización. Se debe empezar por bajar los costos de mantenimiento con orden y procedimientos que provengan del estado y basados en modelos desarrollados por las empresas privadas. Al largo plazo el orden y la estandarización de procedimientos permitirá a los profesionales disponer de manera específica de suministros provenientes de una pequeña industria transformativa en una industrialización a gran escala.

BIBLIOGRAFÍA

1.- CURSO DE CERTIFICACIÓN EN PERFORADORAS ROTATIVAS INGERSOLL-RAND COPIAPO-CHILE.

2.- PROYECTO ANTAMINA TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA EL PROYECTO.

3.- MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PERFORADORAS DMM2

4.- MANUAL DE PARTES DE PERFORADORA DMM2

5.- THE SUPERVISOR AND HIS JOB

6.- MANUAL CATERPILLAR PARA MOTORES 3412E

7.- BASE DE DATOS DEL HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS DE LA PERFORADORA DMM2

8.- PLANOS HIDRÁULICOS DE PERFORADORA DMM2

9.- BIBLIOTECA DE FOTOS FALLAS DE LA DMM2 PROYECTO ANTAMINA

10.- CURSO DE INTRODUCCIONES A LAS OPERACIONES MINERAS DICTADA POR EL INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERU.

11.- CURSO DE CRAWLERS INGERSOLL-RAND

ANEXOS

A. MANUAL DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE LA DMM2

B. HOJAS DE SERVICIO PARA MANTENIMIENTO PROGRAMADO

C. FORMATOS DE INSPECCIÓN

D. SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA

E. SÍMBOLOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

F. VISTAS DE LA MÁQUINA

G. ESQUEMA HIDRAULICO

H. ESQUEMA DE DRENAJE

ANEXO A

MANUAL DE INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE LA DMM2

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN PERFORADORA DMM2

ANTES DE ARRANCAR:

1. Revisar aceite del motor.
2. Revisar aceite hidráulico.
3. Revisar aceite del compresor.
4. Revisar combustible.
5. Revisar agua del radiador.
6. Agregar aceite ROCK DRILL al martillo.
7. Engrasar con grasa P-2.
8. Revisar la máquina en general.
9. Agregar agua.
10. Ver disparador swith motor.
11. Poner la máquina en posición neutro.

DESPUÉS DE ARRANCAR:

1. Chequear manómetro de aceite del motor.
2. Chequear revoluciones del motor.
3. Chequear temperatura de agua 180º F.
4. Chequear filtro de aire, ver marcador rojo.
5. Chequear comprensor (ver presión de aire).
6. Controlar fuga de aceite.
7. Revisión general de la máquina.
8. Acelerar a 2,100 RPM después de estar 5 minutos la máquina prendida 150º F o más.

OPERACIÓN:

1. Ubicación del sitio de trabajo.
2. Despejar los gatos de apoyo.
3. Nivelar la máquina con nivelador de burbujas.
4. Levantar la torre.
5. Asegurar la torre con el pasador.
6. Abrir la llave del barreno.

P R O L O G O

Este manual contiene información suficiente relacionada con la operación y mantenimiento rutinario que le permita al operador llevar a cabo su trabajo de manera eficiente y segura con máximo rendimiento y libre de problemas. El operador se debe familiarizar completamente con el contenido de este manual antes de operar o reparar el equipo.

El contenido del manual se basa en la información vigente al momento de imprimirlo. Mejorar el producto es una meta permanente en Ingersoll-Rand. Por lo tanto se reserva el derecho de hacer cambios en cualquier momento sin aviso previo u obligación alguna.

C O N T E N I D O

		DESCRIPCIÓN	PÁGINA
SECCIÓN	1	INTRODUCCIÓN	3
	1-1	Descripción	4
	1-2	Especificaciones	10
SECCIÓN	2	INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	16
	2-1	Descripción de indicadores y controles	16
	2-2	Instrucciones especiales	27
		Instrucciones para operar	31
SECCIÓN	3	MANTENIMIENTO RUTINARIO	
	3-1	Mantenimiento Rutinario	39

Sección 1 = Introducción

Este manual ha sido diseñado para instruir y asistir a los operadores en el uso y mantenimiento de la perforadora Drillmaster modelo DM-M.2.

La seguridad del operador, así como la seguridad de otros, es de particular importancia en todo momento. A pesar de no tener control directo sobre la manera de operar el equipo, queremos llamar su atención sobre aquellos procedimientos que son potencialmente peligrosos. Las siguientes señales especiales se han usado a través de este manual, para alertarlo de estos posibles peligros.

Grado de Daño potencial	Posibilidad de Ocurrencia	Señal de Prevención
Severo	Ocurrirá si la prevención es ignorada	PELIGRO
Severo	Puede ocurrir si la prevención es ignorada	ADVERTENCIA
Menor	Ocurrirá o podrá ocurrir si la prevención es ignorada	PRECAUCIÓN
Ninguno	Este aviso es usado para instrucciones especiales que son importantes, pero no relacionados con peligros.	NOTA

Preste especial atención a todas las instrucciones que contengan cualquiera de las señales de prevención anteriormente indicadas.

1-1 DESCRIPCIÓN

1-1.1 GENERAL

El equipo de Perforación rotatoria Ingersoll-Rand modelo DM-M2 está montado sobre orugas, y está diseñado para perforar agujeros para voladura en el rango de 9" a 10 5/8" de diámetro, utilizando tubería de perforación de 35 pies (10.7 mts.) de largo.

Las funciones de perforación son accionadas hidráulicamente y el aire comprimido es utilizado para limpiar el agujero y accionar algunos accesorios. Las bombas hidráulicas y el compresor están accionados por un motor Diesel.

1-1.2 Torre

La torre del DM-M2 está construida con tubo rectangular y viga I. el equipo DM-M2 es de paso múltiple y cuenta con una carrousel para tubos de perforación, localizado en la parte exterior de la torre. La torre se sube o baja mediante dos cilindros hidráulicos y cuenta con un sistema de bloqueo accionado desde la cabina.

1-1.3 Marco Principal

El marco principal del DM-M2 es de acero estructural, de trabajo pesado, construido en viga I de 24".

1-1.4 Cabezal Rotatorio

La rotación en el DM-M2 se lleva a cabo mediante un cabezal hidráulico, el cual utiliza dos motores axiales, de pistón, de desplazamiento de variable. El uso de bombas y motores de desplazamiento variable, permite al operador selección infinita de velocidad de rotación en el rango de torque alto o bajo.

El cabezal rotatorio del DM-M2 tiene una potencia máxima de 160 H.P. con el fin de minimizar la transmisión de vibraciones y golpes al cabezal, se ofrece opcionalmente un amortiguador localizado entre el cabezal y el conjunto de tubos de perforación.

1-1-5 Sistema de Avance / Retracción

El equipo DM-M2 utiliza un sistema hidráulico hidrostático de circuito cerrado, consistente en un transportador superior, uno inferior, un cilindro hidráulico, poleas y cable.

El sistema consiste en dos transportadores de poleas, conectados a cada uno de los extremos de un cilindro hidráulico de doble pistón, conformando una sola estructura. Cuando se requiere fuerza de empuje, el aceite hidráulico es dirigido hacia la cavidad en el lado del pistón, que hace que el cilindro se mueva hacia abajo, la fuerza de empuje se transmite al cabezal rotatorio, por medio de los cables. Este mismo principio opera en retracción.

La ventaja principal de este sistema es que la carga máxima en el cilindro ocurre estando en tensión en lugar de comprensión, minimizando así la posibilidad de pandeo y reduciendo esfuerzos estructurales en el mástil. Otras ventajas son: alta eficiencia mecanizada debido al reducido número de cilindros y poleas en el sistema y un funcionamiento muy suave del cabezal rotatorio gracias al sistema de cable.

1-1.6 Carousel y Adición de Barras de Perforación

El cambio de barras o tubos de perforación se lleva a cabo desde la consola de operación. El uso de una llave para desacople de barras permite aflojar las uniones mediante impacto. La fuerza de desacople se suministra mediante el alto torque generado por el sistema de rotación girando en el sentido inverso, de tal manera que sólo se requiere un impacto limitado. Esto minimiza las cargas de choque sobre la torre, carousel y componentes de la torre. Los tubos adicionales se mantienen en un carousel con capacidad para (3) tres tubos de 35 pies (10.7 mts.) de largo de cada uno. El carousel se desplaza hacia dentro o fuera de la torre, mediante cilindros hidráulicos, y el posicionamiento individual de cada barra se hace girando la base del carousel mediante un motor hidráulico.

1-1.7 Potencia

El tren de potencia del DM-M2 consiste en un motor Disel directamente acoplado al compresor de aire en un extremo y una caja de engranajes de tres salidas en el otro extremo. El tren de potencia está montado sobre su propia base, la cual está montada sobre el marco principal del equipo. La base separada aísla los componentes del tren de potencia, de las cargas y vibraciones que se presentan al trasladar el equipo o durante la perforación, y permite mantener una alineación adecuada. Los enfriadores del aceite hidráulico, aceite del compresor y refrigerante del motor están colocados sobre el marco principal: El DM-M2 puede operar en temperatura ambiente hasta 52 C (125 F).

1-1.8 Compresor

El DM-M2 utiliza un comprensor de tornillo Ingersoll-Rand, de una etapa, bañado en aceite, directamente acoplado al motor Diesel.

La operación del compresor es controlada por un sistema de regulación del tipo "opera – no opera" (ON – OFF) desarrollado para ayudar a conservar el motor y extender la vida del comprensor cuando no se requiere aire. El sistema está compuesto por la válvula de admisión tradicional, accionada manualmente por un control con cable conectado a un cilindro neumático de acción sencilla. Cuando el operador mueve la palanca de control hacia adelante, el resorte en el cilindro neumático hace que la válvula de admisión se abra, y el compresor comience a comprimir. Por otra parte cuando el operador mueve la palanca hacia atrás, la válvula de admisión se cierra, impidiendo el paso de aire al compresor, reduciendo la energía consumida y minimizando el desgaste del compresor durante traslados del equipo.
El propósito del cilindro neumático es suministrar una fuente adicional para accionar la válvula de admisión. Esto permite cerrar la válvula cuando la presión llega a 110 PSI y abrirla cuando baja de este valor.

El sistema de aire del compresor está compuesto por un filtro de admisión de tres etapas, instrumentación y controles. El sistema de lubricación del compresor está compuesto por un enfriador de aceite, válvula de "By Pass", filtro de aceite, bomba de aceite y tanque separador aire/aceite. La capacidad es 1400 CFM a 110 PSI la cual permite extender la vida de la broca, gracias a un mayor flujo de aire y mejor disipación de calor.

1-1.9 Sistema Hidráulico

Todas las funciones de perforación y traslación del DM-M2 son accionadas hidráulicamente. Esto permite tener componentes sencillos, confiables y de fácil mantenimiento.

1-1.9.1 Tanque y Filtros

El equipo DM-M2 tiene un tanque de 150 gal. (568 lts). El aceite de retorno pasa por el enfriador de aceite hidráulico y luego a través de un filtrado de tres micrones, antes de entrar al tanque.

1-1.9.2 Bombas Principales

Hay dos bombas axiales, de pistón, de desplazamiento variable. Estas bombas principales son compensadas por presión y accionadas directamente por el motor Diesel, a través de una caja de engranajes de tres salidas. El flujo de cada una de las bombas puede ajustarse de cero a máximo desde la cabina del operador. Cuando está perforando, las bombas principales suministran potencia para avance y rotación. Cuando se está trasladando, suministran la potencia para los motores de propulsión. Las bombas principales están localizadas en las dos salidas inferiores de la caja de engranajes.

1-1.9.3 Bomba Doble

Una bomba de desplazamiento fijo, de dos secciones está localizada en la salida superior de la caja de engranajes y sirve para accionar las siguientes funciones:

P1 Acciona los dos circuitos de los motores de ventilación, cortina guardapolvo y herramienta para desacople.

P2 Acciona la válvula de seis secciones (izado torre, giro base carousel, llave de cadena, posicionamiento carousel, bloqueo torre, inyección de agua y colector de polvo), la válvula de tres secciones (gatos de nivelación) y la válvula para operar el malacate auxiliar.

1-1.9.4 Enfriador de Aceite

El enfriador de aceite hidráulico, está localizado en el lado de la cabina del equipo. Todo el flujo de aceite hidráulico pasa a través del enfriador antes de retornar al tanque. Este sistema mantiene la temperatura del aceite en un nivel seguro.

1-1.9.5 Presiones del Sistema Hidráulico

Algunos de los componentes hidráulicos están diseñados para 6000 PSI. Sin embargo, las presiones máximas de operación del sistema son de 4250 PSI o menos. Esto asegura una vida más larga en estos componentes.

Rotación y propulsión:	4250	PSI
Presión de Avance:	3000	PSI Avance
	1900	PSI Retracción
Circuitos Auxiliares:	2500	PSI

1-1.10 Sistema de Enfriamiento Hidráulico/Motor/Comprensor

El equipo DM-M2 tiene dos sistemas de enfriamiento. El sistema de agua de enfriamiento del motor, está montado sobre el marco principal del equipo, y está localizado en el lado del colector de polvo. El sistema de enfriamiento del aceite hidráulico y del comprensor integrado en un solo conjunto, también montado sobre el marco principal del equipo, pero localizado en el lado de la cabina.

Los enfriadores permiten la operación del equipo en lugares con temperatura ambiente hasta 125 F con el ventilador funcionando a 1000 RPM. El aceite hidráulico que acciona estos motores, es suministrado por la primera sección de la bomba doble. Una válvula de alivio de presión regulable, permite graduar la velocidad del ventilador, en caso de presentarse condiciones ambientales extremas. El circuito hidráulico del ventilador tiene una válvula cheque para prevenir la cavitación de la bomba / Motor al apagar el equipo. Los enfriadores están provistos de válvulas térmicas de "By Pass" para la regulación de temperatura.

1-1.11 Orugas

El equipo DM-M2 utiliza un sistema de orugas tipo excavadora accionado directamente por dos motores hidráulicos a través de engranajes planetarios. Cada carril tiene once rodillos inferiores con rodamientos sellados y dos rodillos superiores. Las orugas están equipadas con zapatas reemplazables, de tres barras. Los carriles tienen un resorte, mecanismo de precarga y cilindro de grasa, para ajuste. Un diseño de viga pivotante permite que el equipo se mueva en terreno desnivelado, sin que el marco principal esté sometido a esfuerzos torsionables excesivos. Cada carril está accionado por un motor hidráulico de 160 H.P. Ambos motores son controlados independientemente. El freno es aplicado por resorte y liberado hidráulicamente.

1-1.12 Cabina del Operador

La cabina de operación del DM-M2 está diseñada de tal manera que los controles están centrados, permitiendo excelente visibilidad durante la perforación y movilización del equipo. La cabina es aislada y presurizada. El acceso es mediante dos puertas pivotantes con cerradura.

El DM-M2 utiliza una combinación de calefacción – presurizado – aire acondicionado. La unidad utiliza un filtro de aire de tres etapas para los 105 CFM de aire fresco que se inyectan a la cabina.

Para facilitar el acceso a los componentes al hacer el mantenimiento o servicio, el equipo cuenta con una plataforma alrededor. Asimismo, cuenta con una plataforma permanente en la base de la torre, la cual puede ser usada con la torre en cualquier Posición. Toda la plataforma y área de servicio cuentan con barandas de seguridad y están construidas de material antideslizante, abierto, para asegurar una superficie limpia y segura.

Todas las funciones del equipo se pueden controlar desde la consola en la cabina de operación. Los controles en la consola permiten encender, regular y apagar el equipo. Los controles de perforación incluyen un manómetro de presión de avance, control de la válvula de admisión de aire, palancas para avance/retracción y control de velocidad. También están los controles para los gatos de nivelación, giro y posicionamiento del carousel y herramienta para desacople.

El DM-M2 está equipado con un malacate auxiliar de 4000 Lbs. (1818 Kg.) montado en la parte posterior de la torre, para manejo de tubos de perforación y accesorios.

1-1.13 Perforación en Ángulo

El sistema de perforación en ángulo del DM-M2 cambia el punto de giro de la torre de los pines superiores de los gatos hidráulicos de movimiento de la torre, a la base de ésta, manteniendo así la boca del agujero dentro de la cortina guardapolvo. El sistema está compuesto por un soporte de la torre, pivotante a nivel del marco principal, y otro soporte con brazos diagonales telescópicos que se pueden bloquear mediante pines accionados por cilindros. Los soportes telescópicos tienen agujeros en el tubo interior, correspondientes a incrementos de 5 grados en la posición angular de la torre, hasta un máximo de 20 grados con respecto a la vertical.

Para colocar la torre en el ángulo deseado, el operador debe levantar la torre hasta la posición vertical usando los cilindros para izado de la torre. Una vez vertical, debe asegurar la torre usando el cilindro correspondiente. Con la torre asegurada, el operador retrae los pines de bloqueo de los brazos telescópicos y utiliza el control de izado de la torre para inclinarla a la posición deseada. Una vez en esta posición, extiende los pines de bloqueo de los brazos telescópicos devolviendo así la rigidez al soporte. Toda esta operación se lleva a cabo desde la consola de control en la cabina.

1-1.14 Control de Polvo

1-1.14.1 Cortina Guardapolvo

El DM-M2 tiene una cortina guardapolvo bastante amplia. Las dimensiones son 62.5" (Alto) x 79" (Ancho) x 95" (Largo). Las secciones delantera y trasera se pueden levantar para movilización del equipo, mediante cilindros hidráulicos.

1-1.14.2 Colector de Polvo

El sistema de colección de polvo tiene una capacidad de 5000 CFM, la cual asegura aspiración adecuada en todo tipo de terreno. Está montado de tal manera que la instalación de la manguera de succión es permanente. El colector descarga el polvo y recortes a un lado del equipo, sin interferir con su movimiento.

1-1.14.3 Inyección de Agua

Otro método de control de polvo utilizando en el DM-M2 es la inyección de agua. Desde la consola el operador puede controlar de 0 a 3 GPM de agua inyectada en la corriente de aire. El sistema cuenta con un tanque de agua de 300 galones localizado debajo el motor Diesel, con un indicador de nivel una válvula de llenado a nivel de la plataforma.

1-2 ESPECIFICACIONES

1-2.1 Avance / Retracción

Fuerza Avance	0-60.000 Lbs	0-27.216 Kg.
Mecanismo	Cilindro hidráulico	
Diámetro Cilindro	7.5"	19.1 cm.
Diámetro Pistón	4.0"	10.2 cm.
Carrera	19'3"	5.9 mts.
Diámetro Poleas	38"	1.0 mts.
Poleas (Cant.)	4	
Cables (Cant.)	2	
Diámetro cables	1"	2.5 cm.
Veloc. Avance/Retracción	84 pies/min	25.6 mts./min.
Fuerza Retracción	0-30000 Lbs	0-13600 Kg.

1-2.2 Rotación

Rango de veloc.	0-150 RPM	
Torque (Sentido Perforac)	8.000 Lb-pie	
Torque (Reversa)	9.600 Lb-pie	
Motores de Relación	2	
Tipo	Axial, pistón, desplazamiento variable.	
Reducción	Engranaje diente recto, dos etapas (15.08 : 1)	
Ancho diente Eng. Ppal	3.33"	7.9 cms.
Potencia de Rotación	160 H.P.	120. Kw.

1-2.3 Torre

Construcción	Cuatro parales, acero rectangular ASTM, A500, viga I, soldadura eléctrica	
Tubería de Perforación		
Largo	35 pies	10.7 mts.
Diámetro	7-5/8"	19.4 cms.
Cantidad	4	
Espesor de pared	.750"	2 cms.
Rosca	5 1/2" BECO	
Peso max. De tubería	9.000 Lbs	
Izado de la torre	Mediante (2) dos cilindros hidráulicos	
Diam. Cilindro / Carrera / Diam. Pistón	5"/78.5"/3" 127/1994/76 mm	
Desplazam. cabezal rotatorio	38' 8"	11.8 mts.
Sist. Desacople tubos	Impacto	

1-2.4 Gatos de Nivelación

Tipo	Cilindro Hidráulico	
Cantidad	3	
Diam. Cilindro / Carrera / Diam. Piston		
(2) Frontales	5"/48"/4"	127 x 1219 x 102 mm
	6"/48"/4.5"	152 x 1219 x 114 mm
Área de Apoyo	Triangular, 760 Pul	
Presión sobre el suelo	47 PSI	32 Kpa.

1-2.5 Carriles

Tipo	Excavadora, hasta 120.000 Lbs GVW	
Montaje	Viga Oscilante	
Long. Total	17' 1"	5.2 mts.
LOng. Contacto con terreno		
Ajuste	Resorte, mecanismo de precarga, cilindro de grasa.	
Rodillos	11 inferiores / 2 superiores	
Localización	Igualmente espaciados entre volante y tracción	
Rodamientos	Sellados	
Zapatas	32" (3 barras)	81.3 cms.
Presión	10 PSI	
Tracción	Hidrostática, motor, reductor, piñon de tracción.	
Motores (Cant.)	2	
Tipo	Hldráulico, axial, de pistón	
Potencia	160 H.P.	120 Kw.
Velocidad	0-1.6 mph.	0-2.5 Km/Hr.

1-2.6 Compresor

Tipo	Tornillo asimetrico, una etapa, Banado en aceite
Capacidad	1400 CFM
Presión	110 PSIG
Rodamientos	Rodillos Cónicos
Lubricación	Positiva, bomba de engranajes

1-2.7 Motor

Tipo	Diesel	
Marca / Modelo	Cummins KTA-19C	
Potencia / RPM	600 H.P. / 2.100	448kw/2100
Capac. tanque combust	350 Gal	1325 Lts.

1-2.8 Sistema Hidráulico

Cant.	2
Tipo	Axial, piston, desplazamiento Variable, compensada por presión
Capacidad C/Una	69 GPM 261 Lts/Min

Bomba Doble

Cant.	1
Tipo	Aspas, dos secciones
Capacidad	40/26 GPM 151/98 Lts/Min

Motores de Rotación

Cant.	2
Tipo	Axial, piston, desplazam. variable
Potencia	160 H.P. 120 Kw

Motores de Propulsión

Cant.	2
Tipo	Piston, Axial, desplazam. fijo
Potencia	160 H.P. 120 Kw

Motores de los Enfriadores de Aceite

Cant.	2
Localización	Uno: Lado de la cabina enfriador de aceite hidráulico y aceite como. Uno: Lado del colector de polvo enfriador de agua del motor
Tipo	Desplazamiento fijo

Motor del Malacate Auxiliar

Cant.	1
Tipo	Desplazamiento fijo

Motor para Giro del Carousel

Cant.	1
Tipo	Desplazamiento fijo

Motor del Colector de Polvo

Cant.	1
Tipo	Desplazamiento fijo

Motor de la Bomba d Inyección de Agua

Cant.	1
Tipo	Desplazamiento fijo

Tanque de aceite

Cant.	150 Gal

1-2.9. Equipo Opcional

Aire Acondicionado/	Calefacción / Presurizado
	Admisión de tres etapas
Calefacción	15000 BTU / Hr
Circulac. de aire	105 CFM

Colector de Polvo

Tipo	Emisión no visible
Filtros	
Limpieza	Neumática

Inyección de Agua

Bomba	3 GPM accionada hidráulicamente
Tanque	300 Gal 1135 Lts

Luces

Cant.	(6) Seis – 70 Watt. Halogenas
Voltaje	24V
Localización	(3) sobre la cabina, para la torre, propulsión, contralizador (2) sobre los enfriadores para trabajo en la plataforma (1) Apoyo de la torre para propulsión

Lubricación

Sistema	Licoln Centramatic para engrase de puntos fijos
Accionamiento	Bomba de aire

Apagado de Incendio

Tipo	Seco, ansul
Accionamiento	Remoto

1-2-10 Pesos y Dimensiones

Torre		
Largo	48' 3"	14.70 Mts.
Ancho	4' 7"	1.40 Mts.
Profundidad	4' 11"	1.50 Mts.

Equipo completo

Largo		
Torre horizontal	49'	14.9 Mts.
Torre Vertical	33' 7"	10.3 Mts.
Ancho	16' 3"	4.7 Mts.
Altura		
Torre horizontal	20'6"	6.3 Mts.
Torre Vertical	53'8"	16.4 Mts.

Carriles

Ancho cada carril	32'	81 Cms.
Distancia entre carriles	7' 9"	2.4 Mts.
Ancho base de propulsión	13' 1"	4 Mts.

Gastos de Nivelación

Distancia entre centros		
Lado de perforación	9'	2.7 Mts
Distancia entre delanteros y trasero	20' 2"	6.2 Mts

Cabina del Operador

Largo	6'9"	2.1 Mts.
Ancho	5'1"	1.6 Mts.
Alto	7'	2.1 Mts.
Elevación de la plata forma del operador sobre el piso	6"	15 Cms

Plataformas exteriores

Ancho (laterales)	Mínimo 24"	61 Cms.
(Trasera)	18"	45 Cms.
Peso de Operación	105-115,000 Lbs	

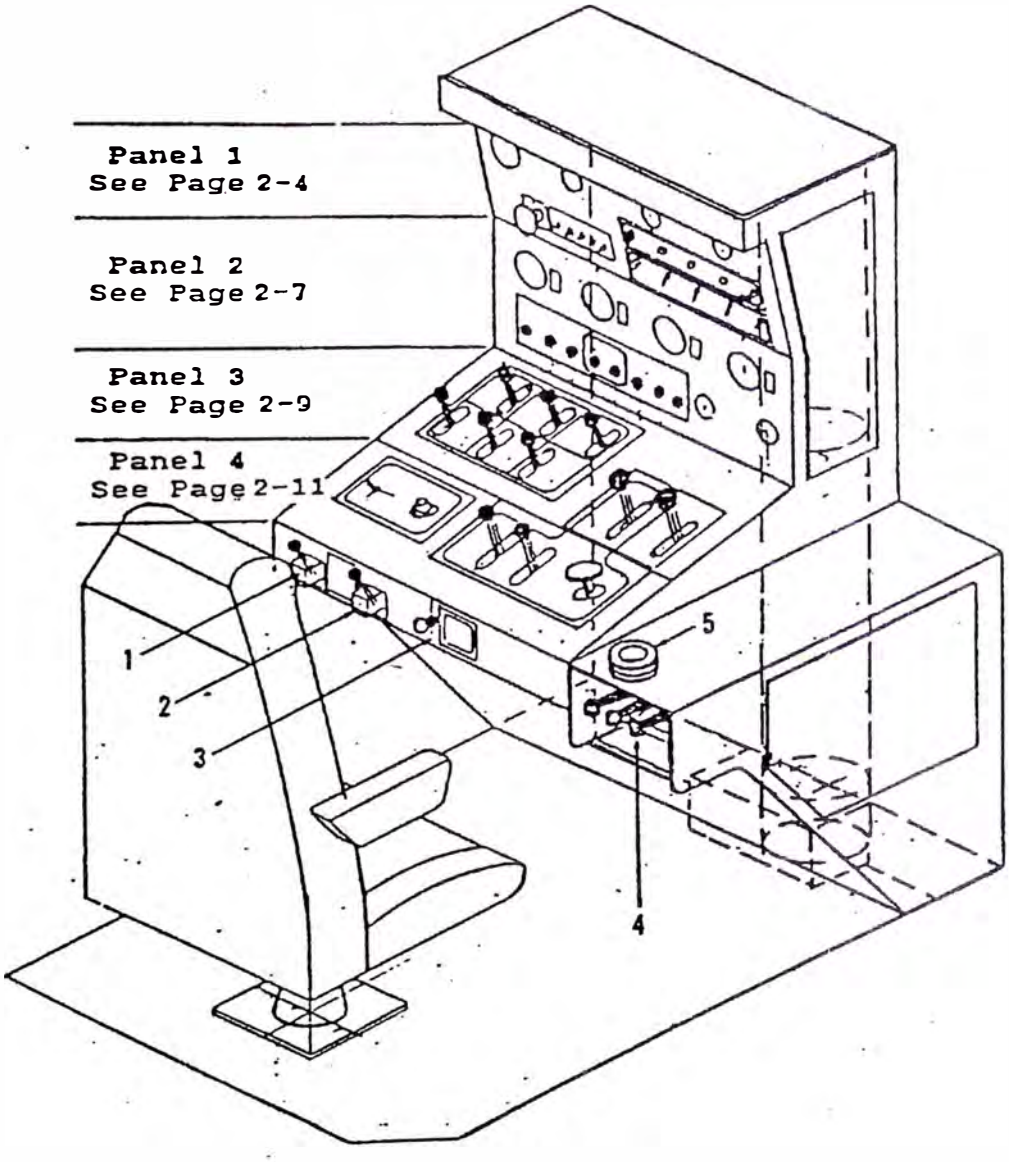
Sección 2 – Instrucciones de Operación

2-1 Descripción de Indicadores y Controles

Nota

La operación segura y eficiente del DM- M2 depende de un entendimiento completo y un uso apropiado de los indicadores y de los controles de operación. Todos los controles que requieren contacto directo del operador así como los indicadores de todas las características del sistema durante la perforación, están localizados en la consola, dentro de la cabina.

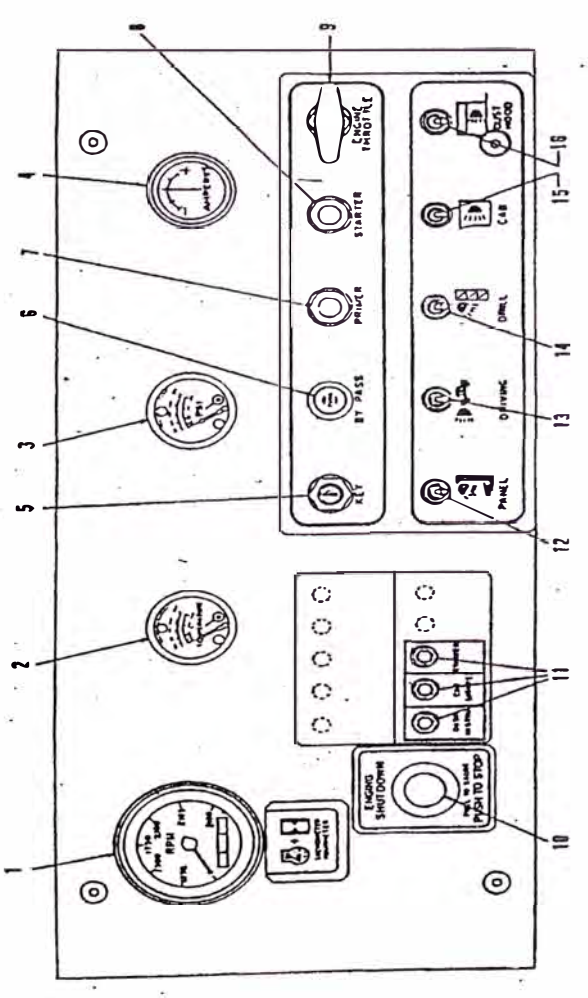
Las ilustraciones que se presentan a continuación, muestran todos estos controles e indicadores. Cada ilustración esta acompañada de una lista y explicación de cada uno de los ítems mostrados.



DM–M CONTROL CONSOLE

CONSOLA DE CONTROL DM-M

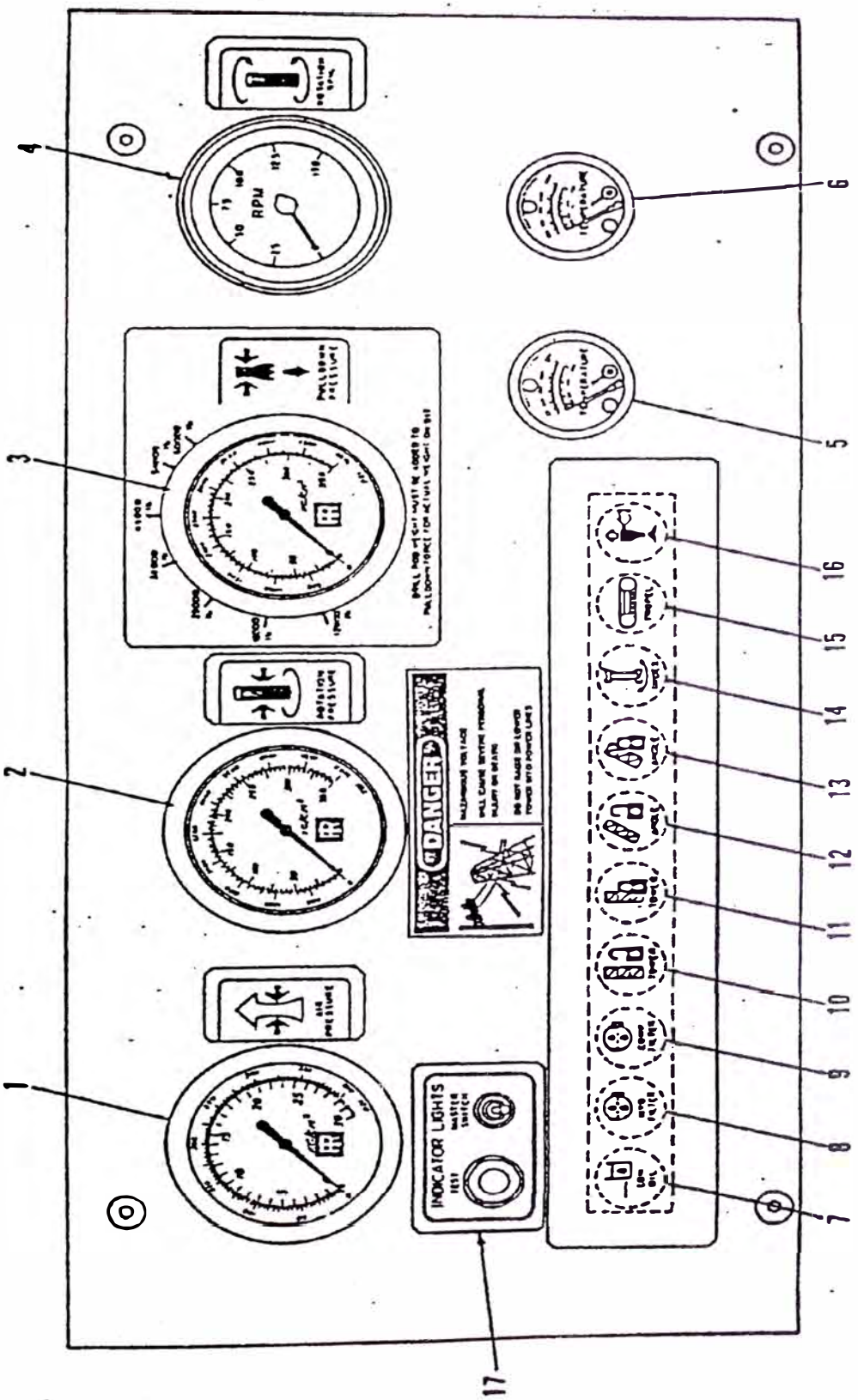
ITEM No.	DESCRIPCIÓN
1	DESACOPLE DENTRO – Al accionar este control, la herramienta para desacople se desliza, entrando en las muescas del tubo de perforación.
2	DESACOPLE AFUERA – Al accionar este control, la herramienta para desacople se retrae, dejando libres las muescas del tubo de perforación.
3	GUARDAPOLVO – Este control permite subir y bajar la cortina guardapolvo.
4	GATOS DE NIVELACIÓN – Estos controles extienden o retraen los tres de nivelación.
5	NIVEL – Este nivel de burbuja permite asegurar que la maquina te perfectamente horizontal.



DM-M CONTROL CONSOLE
PANEL 1

CONSOLA DE CONTROL DM-M Panel 1

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	TACOMETRO/HOROMETRO – El tacometro indica las RPM del motor cuando esta operando. El horometro indica las horas de operación del motor.
2	TEMPERATURA AGUA MOTOR – Indica la temperatura del agua en el sistema de refrigeración del motor. El termómetro tiene un interruptor que apaga el motor si la temperatura excede 99 grados centigrados (210 F).
3	PRESIÓN ACEITE MOTOR – Indica la presión de aceite en el motor. El manómetro tiene un interruptor que apaga el motor si la presión es inferior a 27 psi operando a màs de 1750 rpm, o inferior a 10 psi operando a menos de 1750 rpm.
4	AMPERÍMETRO – Indica si el sistema eléctrico de carga esta operando.
5	LLAVES – El interruptor de llave se utiliza para encender y apagar el equipo.
6	PUENTE – Al presionar se neutralizan los sistemas de apagado automático.
7	BOMBA COMB. Se utiliza para cargar combustible al motor.
8	ENCENDIDO – Se utiliza para arrancar el equipo.
9	ACELERADOR – Controla las rpm del motor. Halando se incrementa la velocidad.
10	PARADA MOTOR – Este interruptor detiene la marcha del motor. Hale para arrancar el motor, presione para detenerlo.
11	PANEL FUSIBLES – Protegen los circuitos individuales indicadores. Pueden graduarse manualmente.
12 a 16	INTERRUPTORES LUCES – Permiten encender y apagar las diferentes luces.

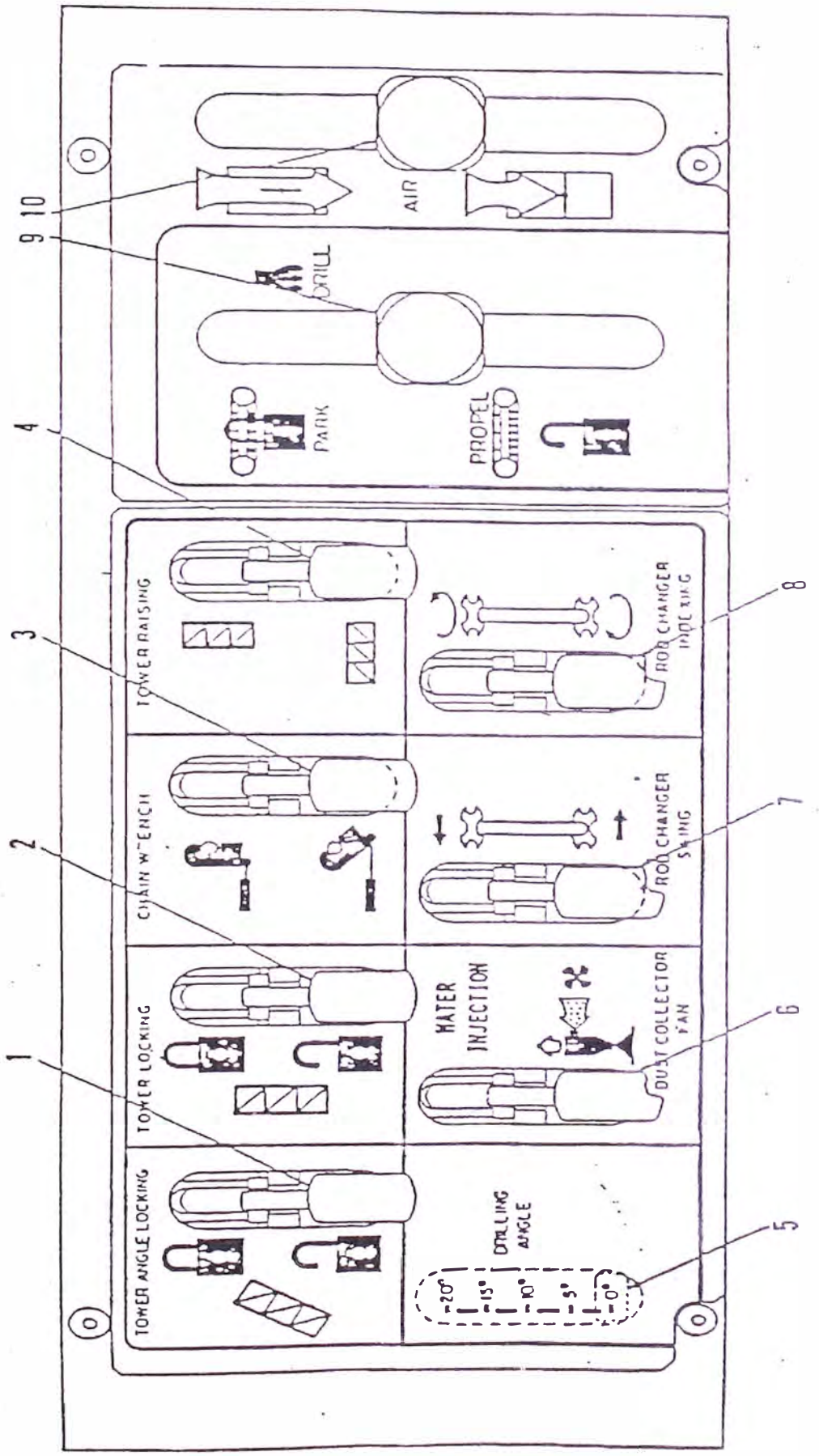


DM-M CONTROL CONSOLE

PANEL 2

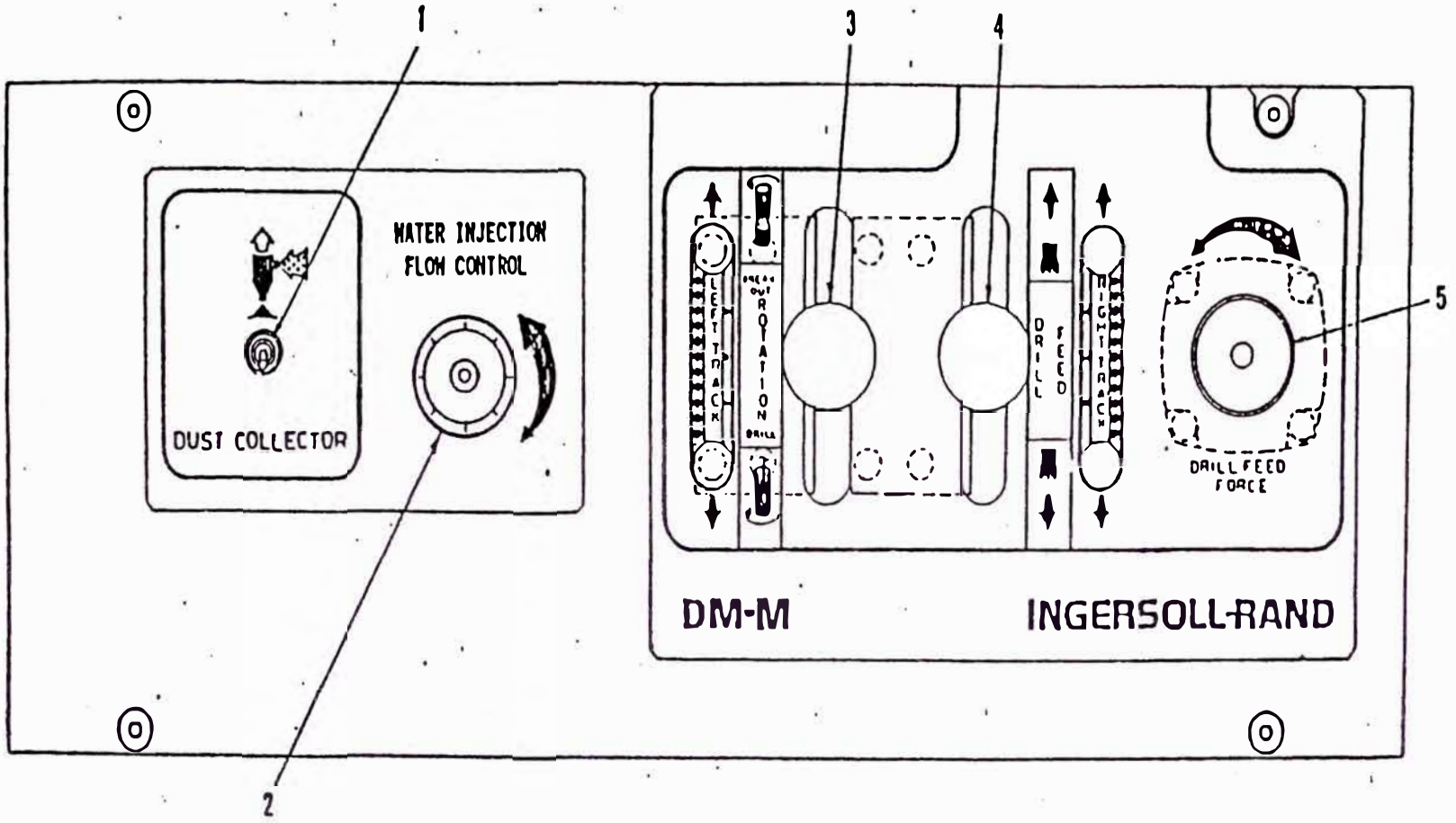
CONSOLA DE CONTROL DM-M Panel 2

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	PRESIÓN AIRE – Indica la presión de aire en el tanque separador aire/aceite.
2	PRESIÓN ROTACIÓN – Indica la presión en el circuito de rotación del sistema hidráulico durante la perforación.
3	FUERZA EMPUJE – Indica la presión en el circuito de avance /retracción del sistema hidráulico. Una escala graduada permite convertir psi a lbs. de fuerza.
4	RPM ROTACIÓN – Indica la velocidad de rotación del conjunto de tubos de perforación.
5	TEMP. ACEITE COMPRESOR – Indica la temperatura del aceite del compresor. El manómetro tiene un interruptor que apaga el equipo en caso de que esta temperatura exceda 120 gr. centígrados (248 F).
6	TEMP. ACEITE HIDRAULICO – Indica la temperatura del aceite del sistema hidraulico. El manómetro tiene un interruptor que apaga elequipo en caso de que esta temperatura exceda 88 gr. centigrados (190 F).
7 a 16	Panel de luces que indica varias condiciones del equipo. Las luces probarse con el interruptor de prueba (item 17).
17	INDICADOR LUCES – Durante la operación del equipo el INTERRUPTOR GENERAL debe estar en la posición "ON". Con el equipo apagado, debe estar en la posición "OFF" para prevenir el descargue de la bateria. Presionando el boton de PRUEBA se encienden todas las luces, para asegurar que los bombillos están operando.


TOWER ANGLE LOCKING
TOWER LOCKING
CHAIN WRENCH
TOWER RAISING
DRILLING ANGLE
-20°
-15°
-10°
-5°
-0°
WATER INJECTION
DUST COLLECTOR FAN
ROD CHANGER SWING
ROD CHANGER INDEXING
PARK
DRILL
PROPEL
AIR
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

CONSOLA DE CONTROL DM-M Panel 3 (Pag.)

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	BLOQUEO TORRE – Este control acciona los cilindros hidráulicos de bloqueo para perforación en ángulo.
2	SEGURO TORRE – Este control acciona el cilindro que asegura la torre a su soporte.
< 3	LLAVE CADENA – Extiende o retrae el cilindro que mueve la llave de cadena.
4	TORRE – Este control permite levantar o bajar la torre.
5	ANGULO – Indica el ángulo de la torre con respecto a la vertical.
6	COLECTOR POLVO/ INYECCIÓN AGUA – Esta válvula de dos posiciones activa el colector de polvo en una y la bomba de inyección de agua en la otra.
7	CAROUSEL – Mueve el carousel de tubos hacia dentro o fuera de la torre.
8	GIRO CARDUSEL – Gira la base del carousel para posicionar el tubo debajo del cabezal rotatorio.
9	PERFORAR / MOVER – Seleccionar la función de perforación o movilización del equipo.
10	AIRE – Abre o cierra el paso de aire al conjunto de tubos de perforación.



DM—M CONTROL CONSOLE

PANEL 4

CONSSOLA DE CONTROL DM – M - Panel 4

ITEN

1 **COLECTOR DE POLVO** – Interruptor para poner en funcionamiento el colector de polvo .

2 **CONTROL INYECCIÓN DE AGUA** – Perm'te controlar La cantidad de agua que se inyecta al aire de barrido.

3 **CARRIL IZQUIERDO / ROTACIÓN** - Controla el sentido y velocidad : del carril izquierdo al moverse, y del sistema de rotación al perforar .

4 **CARRIL DERECHO / AVANCE PERF**. – Controla el sentido y velocidad : del carril derecho al moverse, y del sistema de avance al perforar.

5 **FUERZA AVANCE** – Controla la fuerza de empuje al perforar.

NOTA

En las siguientes paginas se presentan Instrucciones Especiales de Operación en varias areas criticas. Estas se deben Leer y entender perfectamente, antes de continuar.

INSTRUCCIONES ESPECIALES DE OPERACIÓN
LEA ANTES DE OPERAR EL EQUIPO
ADVERTENCIA

El no seguir estas instrucciones como se indica puede producir danos al equipo o lesiones personales graves al operador y/o ayudantes.

Operaciones Generales

- El freno de parqueo debe estar accionado siempre a menos que el equipo se vaya a mover. El freno se acciona colocando el control PERFORAR/MOVER en la posición PERFORAR.
- El guardapolvo debe levantarse al mover el equipo.
- Nunca debe operarse el equipo con un apoyo inadecuado de los gatos de nivelación.

Movimiento de la torre.

- Los movimientos de la torre: elevar, bajar o inclinar en ángulo deben hacerse únicamente con el equipo nivelado y centro de los límites que se muestran en las tablas de estabilidad.
- El pin que asegura la torre a su soporte debe estar siempre accionado excepto cuando la torre este horizontal o al elevar o bajar la torre.
- Nunca suba a bajar la torre con el carousel afuera.
- Los pines de bloqueo de la torre deben estar siempre en posición, excepto al mover la torre de un ángulo a otro. Cuando estos pines se remueven, el pin que asegura la torre a su soporte debe permanecer en posición de lo contrario la torre podría caer.

Al bajar la torre a la posición horizontal apóyela suavemente sobre su soporte. Apenas haga contacto, suelte el control.

La torre no podrá bajarse si el ángulo entre la parte posterior de la torre y el horizonte (línea de nivel imaginaria) es mayor de 92 grados.

La estabilidad del equipo durante operaciones de movimiento de la torre en terrenos inclinados, puede incrementarse posicionado el soporte de la torre de acuerdo con el ángulo de la pendiente en la cual operará el equipo.

Operación en Terrenos Inclinados (Pendientes)

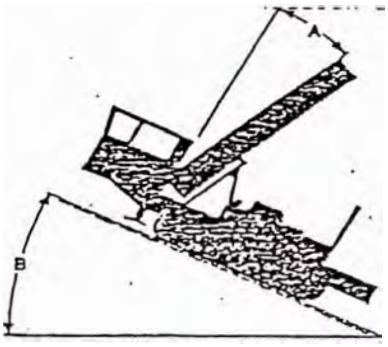
Nunca opere el equipo en pendientes que excedan la indicadas en las tablas de estabilidad.

Al nivelas el equipo en una pendientes, utilice los gatos de tal manera que los carriles queden tan cerca del piso como sea posible.

Consideraciones de mantenimiento para operación en pendientes.

Los indicadores de nivel para los diferentes fluidos están calibrados con el equipo horizontal y nivelado. Para operaciones en pendientes, el usuario deberá recalibrar de acuerdo con su aplicación específica.

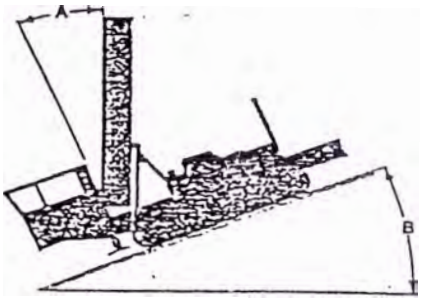
Cuando las condiciones de operación incluyan perforación en pendientes, los gatos de nivelación deberán engrasarse con más frecuencia para evitar el desgaste excesivo.



TRACKS ON SLOPE WITH CAB UPHILL

Carriles sobre la Pendiente
Cabina hacia arriba

A Torre Grados	B Pendiente Max. Grados (%)
0	35.0 (70.0)
5	33.0 (64.9)
10	31.0 (60.1)
15	29.0 (55.4)
20	27.0 (50.9)
90	21.0 (38.4)



TRACKS ON SLOPE WITH CAB DOWNHILL

Carriles sobre la Pendiente
Cabina hacia abajo

A Torre Grados	B Pendiente Max. Grados (%)
0	10.0 (17.6)
5	12.5 (22.1)
10	15.0 (26.8)
15	17.5 (31.5)
20	20.0 (36.4)
90	35.0 (70.0)

Los valores para pendiente máxima están calculados con base en una prueba realizada por inpersoll-Rand en un equipo DM-M con accesorios para perforaciones en ángulo, carrileria intertrac y algunas otras opciones.

Los valores reales dependerán de la similaridad entre su equipo y la unidad con la que se realizaron las pruebas, consistencia y nivelación de la pendiente, experiencia del operador y velocidad de desplazamiento.

2.2.1. Encendido del equipo

1. Mueva todas las palancas, interruptores, etc. En la consola de control a la posición de apagado, neutro, o flujo mínimo. Todos los manómetros y termómetros deben marcar cero.
2. Sirve la llave en el interruptor de ignición a la posición "ON".
3. Si el equipo ha estado sin uso durante algún tiempo, presione el botón de COMB. Hasta que la bomba de combustible se detenga.
4. Oprima el botón de "PUENTE" y luego oprima el de "ENCENDIDO".
5. Mantenga los botones de "PUENTE" y "ENCENDIDO" presionados hasta que el motor alcance una velocidad de 750 rpm, enseguida suéltelos. Así se ac6tivará el sistema de apagado automático.
6. Deje calentar el motor a 750 rpm. La temperatura del agua debe ser 7: a 85 (160 – 185 F) y la del aceite hidráulico en el tanou**********debe ser mínimo 10 C antes de incrementar la velocidad.
7. Después de calentar, aumente la velocidad del motor a 2100 rpm, halando el cable del acelerador.
8. Cargue el compresor moviendo la palanca de "AIRE" hacia delante.
   No opere la válvula de aire para cargar el compresor con el motor operando a menos de 2100 rpm.
9. Verifique que el indicador de nivel en el tanque separador de aire/aceite indique entre ¼ y ½.

2.2.2. Parada del equipo

1. Regrese todos los controles a la posición neutra o de mínimo flujo, incluyendo la válvula de "AIRE".
2. Cierre todas las válvulas de servicio.
3. Disminuya la velocidad del motor a 750 rpm.
4. Deje el motor a esta velocidad hasta que se haya enfriado.
5. Gire el interruptor de ignición a la posición "OFF". El aire en el tanque se descargara automáticamente.
6. Observe el manómetro de presión de aire para asegurarse que no haya presión en el sistema, abriendo la válvula manual de descarga.

2.2.3. Sugerencias para arranque y parada.

1. No opere el motor de arranque por mas de 30 segundos. Si se opera por mas de 30 segundos y el equipo no arranca, espere dos minutos antes de intentar nuevamente.
2. Una vez arrancado el motor, observe la presión de aceite en el motor con el fin de detectar posibles fallas.
3. si el motor se apaga durante el período de precalentamiento. Arranque nuevamente siguiendo las instrucciones 5 y 6 de la sección anterior.
4. Al arrancar el motor después de un cambio de aceite, déjelo operar por algunos minutos. Apague y deje 10 minutos hasta que todo el aceite haya bajado. Revise el nivel.
5. Aparte del momento de arranque y precalentamiento, el motor debe operar a 2100 rpm.

2.2.4. Propulsión

NOTA

Lea las instrucciones especiales que se relacionan con la movilización del equipo.

1. Después de arrancar el equipo, mueva el control PERFORAR/MOVER a la posición "MOVER".
2. Incremente la velocidad del motor a 2100 rpm. Esta velocidad permite obtener el máximo torque para subir pendientes y permite velocidad de movilización de 2.5 km/br (1.6 mph)
3. Mueva los controles "CARRIL DERECHO" y "CARRIL IZQUIERDO" para controlar la velocidad y dirección de cada carril. Si ambos controles se desplazan en la misma dirección al mismo tiempo, el equipo se moverá en línea recta hacia delante o hacia atrás, dependiendo de la dirección en que se hayan movido los controles.

4. El giro en un radio controlado puede obtenerse manteniendo un control mas adelante o mas atrás del otro. Además se pueden lograr giros sobre su propio eje girando los controles en direcciones opuestas.

NOTA

Para llevar a cabo los siguientes procedimientos, el selector "PERFORAR/MOVER" debe estar en "PERFORAR" y la velocidad del motor a 2100 rpm.

2.2.5. Nivelación del Equipo

1. El motor debe estar a 2100 rpm
2. Si es necesario, deben colocarse tablones de madera para asegurar un apoyo adecuado de los gatos.

ADVERTENCIA

Recuerde que al nivelar el equipo los gatos de nivelación deben soportar todo el peso de la unidad. Si el terreno es tal que no se puede con los gatos únicamente, deberán colocarse bases para apoyar los gatos sobre ellas. El único responsable por un equipo volcado es el operador.

3. Utilice los controles de los gatos ubicados en la consola. Baje primero los dos gatos frontales hasta obtener nivelación lateral.
4. Baje luego el gato trasero para obtener nivelación longitudinal. Observe el nivel de burbuja para asegurar la correcta nivelación.

NOTA

Mantenga siempre la unidad a su nivel mas bajo posible.

2.2.6. Movimiento de la torre. Levantar.

PELIGRO

Antes de levantar la torre del equipo, asegurarse que no haya líneas de transmisión eléctrica en la vecindad.

1. Revise todas las mangueras y cables para asegurar que estén libres. Reviese que no haya objetos sueltos o herramientas en la torre.
2. El motor debe estar operando a 2100 rpm y el equipo debe estar apoyado sobre sus gatos y nivelado.
3. Levante la torre a su posición vertical utilizando el control "TORRE". Esta válvula es centrada por resorte, por lo tanto debe mantenerse presionada: A medida que la torre se acerca a sus soporte, disminuya la velocidad y apoye la torre suavemente. No permita que golpee contra el soporte.
4. Suelte el control cuando la torre este vertical.
5. Mueva el control "SEGURO TORRE" a la posición "SEGURO". Así se asegura la torre a su soporte. Revise que el pin este colocado, observando las luces indicadoras.
6. El equipo esta listo para perforar verticalmente. Si el equipo se va a utilicar con perforación en ángulo. Continúe con el punto número 7.
7. Para colocar la torre en ángulo, mueva el control "BLOQUEO TORRE" a la posición "LIBRE".
8. Usando el control "TORRE" baja la torre al ángulo deseado, observando el indicador de ángulo en la consola.
9. Bloquee la torre en esta posición.
10. Revise el indicador correspondiente para asegurar que el seguro y el bloqueo de la torre estén accionados.

2.2.7. Movimiento de la Torre. Bajar.

1. Asegúrese que el equipo este nivelado y que el cabezal rotatorio este en fla parte superior de la torre, de tal manera que no haya componentes del conjunto de tubos de perforación que salgan de la base de la torre . Revise que no haya herramientas u objetos sueltos en la torre o en otro lugar que pueda caer o interferir con el movimientos de la torre.
2. Mueva el control "BLOQUEO TORRE" a la posición "LIBRE".
3. Regresa la torre a la posición vertical utilizando el control "TORRE".
4. Regrese el control "BLOQUEO TORRE" a la posición de seguro. Revise la luz indicadora correspondiente.

5. Mueva el control "SEGURO TORRE" a la posición "LIBRE"
6. Baje la torre utilizando el control "TORRE". A medida que la torre se acerca a su apoyo, disminuya la velocidad y apoye la torre suavemente. Evite que la torre golpee con fuerza al apoyo.
7. Coloque todos los controles a la posición neutra.

2.2.8. Procedimiento para Perforar

1. Coloque el control en la posición "PERFORAR".
2. Nivele el equipo y suba la torre según lo indicado en las secciones 2-2.5 y 2-2.6.
3. Mantenga la velocidad a 2:00 rpm.
4. Coloque el cabezal rotatorio en la parte superior de la torre utilizando el control "AVANCE PERF".
5. Si no hay tubería de perforación en el cabezal rotatorio, coloque el carousel bajo el cabezal rotatorio con el control marcado "CAROUSEL".
6. Gire el carousel hasta que el tubo de perforación quede directamente bajo el substituto del cabezal. Utilice el control "GIRO CAROUSEL".
7. Comience a rotar lentamente usando el control "ROTACIÓN".
8. Baje el cabezal rotatorio lentamente con el control "AVANCE PERF" y enrosque lentamente.
9. Suspenda la rotación y el avance una vez enroscada la unión.
10. Regrese el cabezal rotatorio a la parte superior de la torre.
11. Mueva el carousel hacia fuera de la torre con el control "CAROUSEL"

NOTA

Instalación de la Broca Triconica – Aquí no se presenta un procedimiento detallado para la instalación de la broca ya que existen varias maneras de hacerlo y cada perforador desarrolla su método. Sin embargo las siguientes ideas pueden ser útiles.

A. Es importante no olvidar colocar grasa en todas las uniones roscadas. Utilice una grasa del tipo recomendado para uniones y aplique generosamente en las roscas hembra y macho.
B. Asegúrese que el centralizador este instalado.
C. Al enroscar la broca, puede ser necesario alinear manualmente, con el fin de evitar traba en la rosca y consecuente daño.
12. Comience la rotación, moviendo el control de "ROTACIÓN".
13. Coloque la válvula de "FUERZA EMPUJE" EN EL MINIMO.
14. Mueva el control "AVANCE PERF." Para comenzar a perforar.
15. Ponga en operación el sistema de control de polvo deseado con los controles correspondientes.
16. Ponga en operación el sistema de control de Polvo deseado con los controles correspondientes.
17. Ponga la broca en contacto con el suelo lentamente, utilizando la válvula de "FUERZA EMPUJE".
18. Comience a penetrar lentamente hasta que toda la broca haya penetrado.

NOTA

Nunca aplique la fuerza máxima de empuje hasta que la boca del agujero este completamente formada. El. Daño de brocas es mas frecuente al comenzar el agujero que en la perforación en si. El primer agujero que se perfora en una formación nueva, debe perforarse lentamente para detectar las capas de arcilla, fracturas, etc. Evitando el atascamiento de la broca.

19. Incremente gradualmente la fuerza de empuje.
20. A medida que avanza la perforación, controle cuidadosamente la presión de aire en la broca y los recortes que salen del agujero. Un aumento en la presión del aire y perdida de la circulación, pueden significar que la broca este atascada. La presión debe ser aproximadamente 40 psi o de acuerdo con las

boquillas de soplado de instaladas en la broca.

21. La perdida de circulación y falta de presión indican que la broca esta en una cavidad. Cuando esto ocurre, la broca deberá retraerse cada 1.5 a 3.0 mts de perforación, unos 60 cms. Esto asegura que los recortes no formen una columna atrás de las broca que hagan que la tubería se pegue y/o haga extremadamente difícil la retracción después de haber llegado a la profundidad requerida.

2.-2.9 Como añadir Tubos de Perforación

1. Después de haber perforado el primer tramo, regrese el control 2AVANCE PERF." a neutro.
2. Retraiga el tubo de perforación, manteniendo una rotación lenta, hasta que las muescas en el tubo estén a nivel con la herramienta de desacople
3. Detenga la rotación alineado las muescas con la herramienta y deslice esta hasta bloquear el tubo.
4. Cierre el suministro de aire y gire el cabezal rotatorio en reversa, para aflojar la unión.
5. Suba el cabezal rotatorio lentamente. Una vez que la unión esta completamente desenroscada, deténgalo y aplique grasa al substituto del cabezal.
6. Mueva el cabezal rotatorio a la parte superior de la torre.
7. Añada un tubo de perforación siguiendo las instrucciones de la secc. 2-2.8 numerales 5 a 9.
8. Baje el cabezal rotando lentamente hasta que las rocas hagan contacto. Una vez que la unión esta enroscada completamente, retraiga la herramienta de desacople. Abra el suministro de aire, comience a rotar y levante el conjunto de tubos de perforación ligeramente. Baje lentamente hasta que la broca haga contacto con el fondo del agujero y continúe con la perforación.
9. Repita el procedimiento para cada tramo hasta alcanzar la profundidad deseada.

2-2.10 Como retirar Tubos de Perforación

1. Después de llegar a la profundidad deseada, levante el cabezal hasta que la herramienta de desacople pueda entrar en las muescas del segundo tubo.
2. Cierre el paso de aire.
3. Con la herramienta de desacople en posición gire rápidamente el cabezal en sentido inverso para que el impacto afloje la rosca entre el tubo en el cabezal y el tubo en el agujero.

NOTA

Si la rosca en el cabezal se afloja primero, se debe usar la llave de cadena. Coloque en posición alrededor del tubo y retraiga el cilindro hidráulico. Una vez aflojada la unión retire la llave y termine de desenroscar utilizando el cabezal.

4. Levante el cabezal lentamente hasta que la unión este completamente desenroscada y suba el tubo de perforación.
5. Coloque el carousel en la torre y gire para alinear el tubo con la copa vacía en la base del carousel.
6. Baje el tubo lentamente en la copa.
7. Afloje la rosca entre el tubo y el cabezal.
8. Levante el cabezal para dejar libre movimiento al carousel. Mueva el carousel hacia fuera de la torre y baje el cabezal rotatorio para sacar el siguiente tramo.

SECCION 3 Mantenimiento Rutinario

3 – 1 Inspección Diaria del Operador

Al comienzo de cada turno, el operador debe llevar a cabo una inspección de los puntos que se indican a continuación, y tomar las medidas correctivas necesarias.

1. Nivel de aceite hidráulico en el tanque.
2. Indicador del filtro de aceite hidráulico.
3. Escapes en la caja de engranajes que mueve las bombas.
4. Indicador del filtro de aceite de supercarga de la bomba principal.
5. Indicador del filtro principal del sistema hidráulico.
6. Nivel de aceite en el tanque separador de aire / aceite.
7. Drenar condensado en el tanque separador de aire / aceite.
8. Indicadores de los filtros de aire del compresor y motor.
9. Copas de caucho de los filtros.
10. Nivel de aceite cabezal rotatorio.
11. Nivel de aceite en motor.
12. Nivel de refrigerante del motor.
13. Drenar separador combustible / agua.
14. Revisar filtros del motor.
15. Inspección general para detectar escapes, daños estructurales, tornillos sueltos, etc.

LUBRICANTES DM – M 2

Componentes	Componentes	Condiciones Especiales	Grado / Viscosidad
Caja de Engranajes – Propulsación	7.5 Qt.		SAE 90/EP
Tanque Hidráulico	250 Gal.	Rango de Temp. ambiente Menos de 10 ºF +10 ºF a 100 ºF 32ºF a 125 ºF	Denison HF-0 ISO 32 ISO 32 ISO 46
Compresor de Aire	55 Gal		Dexron II
Caja de Engranajes Bombas Hidráulicas	6 QT	Rango de temp. ambiente Menos de 10 ºF -10 ºF a 100 ºF	Lubricante EP SAE 7.5W SAE 80N-90
Motor Cummins (KTA – 19 – 0600)	10 Gal.	Rango de Temp. ambiente Menos de 13 ºF -13 ºF ac 95 ºF Más de 14 ºF Más de 32 ºF	Servicio API CC o CD Ver Manual Motor 10W – 30 15W – 40 20W – 40
Caja Engranakes Cabezal Rotatorio	12 Gal.		Mobil SHC634/ Aceite sintético
Caja de Engranajes Giro Carousel	2 Pts.		140W
Eje de Propulsión	Según lo Requerido	Verano Invierno	Grasa EP/Litio
Malacate Auxiliar (Bramen)	120 Lbs.		Grasa – EP2 Grasa – EP0

CEDIMIENTOS PARA ESTABLECER LA PERFORACIÓN EN TALUDES, PENDIENTES CON I.R. D.M.M.

Primero que todo una inspección normal del taladro y un completo chequeo preoperacional. Chequear luego el área de perforación. Si el área está localizada en pendiente, debe seguirse el siguiente procedimiento.

1.- Chequear el ángulo de inclinación referenciado en la estaca localizada en la parte alta del talud. El ángulo no debe exceder de 18 grados. 20%

2.- Cuando el ángulo ha sido determinado, la máquina debe ser preparada para perforar en la pendiente de la siguiente forma:
Si el ángulo está entre 0° y 4° el mástil se colocará en 0° o sea vertical, entre 5° y 9° el mástil se colocará con una inclinación de 5°, entre 10° y 14° la inclinación del mástil será 10°.
Entre 15° y 18° la inclinación del mástil deberá ser de 15°.
Ninguna pendiente o talud con inclinación superior a los 18° deberá ser perforada con esta máquina.

3.- Estacione el taladro en terreno nivelado, sea en nivel de abajo o arriba del talud.

4.- Prueba de sobre presión. Esta se hace intentando bajar o subir la rotaria con los gatos de nivelación retraídos, o sea, no tocando el piso. Si la cabeza rotaria no se mueve, el sistema de sobre presión funciona normalmente, entonces puede proceder al paso Nro. 5. Si la cabeza rotaria puede bajar o subir con los gatos retraídos, esto no está funcionando normalmente. NO INTENTE perforar. Notifique al supervisor y espere ayuda.

5.- Colocar el mástil en le ángulo deseado (escogido), el operador debe traer el mástil a la posición vertical, una vez en dicha posición el hecho esto el operador desengancha el seguro de los brazos. Los cilindros de subir el ángulo deseado. Cuando dicha posición es lograda el pin del seguro de los brazos diagonales es reenganchado para asegurar el soporte del mástil.

6.- Con la estructura del mástil asegurada en la posición del ángulo deseado, el mástil es entonces bajada a la posición horizontal y la máquina está lista para moverse sobre la pendiente para perforar.

7.- Coloque la máquina con la máquina hacia la parte baja del talud. Levante el equipo con los gatos de nivelación posteriores y ajuste los gatos para adquirir el nivel de lado y lado. Extienda luego el gato frontal y coloque el equipo en la posición de ángulo predeterminado.

8.- Levante el mástil y asegúrelo al soporte de la torre con el pin del seguro el mástil. Proceda a perforar la profundidad requerida.

9.- Para llevar el taladro sobre la línea de pozos, cierre el cargador y baje el mástil a su posición normal. Baje la máquina retrayendo primero el gato frontal y luego los gatos posteriores y proceda a moverlo al próximo hueco.

10.- Repita los pasos 7 – 8 – 9.-

PROCEDIMIENTOS PARA USASR LA LLAVE AUXILIAR O DE CADENA

1. Reunir los elementos necesarios que intervienen en el acoplamiento de la llave cadena tales como son:
   a. Llave cadena
   b. Dos o tres eslabones para varias la longitud de la cadena si es necesario o una cadena suelta de más eslabones.
   c. 1 llave de expansión pequeña o en su efecto dos llaves de 21mm, 22mm
   d. Bloque ya sea de maderera u otro material más o menos 20cm x 20cm
   e. Cilindro con su manguera de presión (12" x 23).
   f. Dos pasadores para colocar en ambos extremos del cilindro
   g. Guantes
   h. Es recomendable que la operación la realicen mínimo dos (2) personas,

2. Asegurarnos que la rotaria quede en la parte superior del mástil para facilitar de instalar el cilindro.

3. Apagar el equipo para evitar fugas hidráulicas al desacoplar la maguera.

4. Desacoplar uno de los extremos de la manguera que está en by pass en el mástil del taladro.

5. Acoplar ei cilindro a la oreja en el taladro con su respectivo pin

6. Acoplar la manguera en el cilindro y en el taladro.

7. asegurarnos que la llave cadena tenga el número de eslabones necesarios antes de ser instalada en el cilindro, para esto se debe tener en cuenta lo siguiente.
   a. En D.M.M. 6 eslabones para tubería
      7 eslabones para estabilizadores y brocas.
   b. En D.M.H. 8 eslabones para tubos
      9 eslabones para estabilizadores y brocas
8. Instalar la llave cadena con su respectivo PIN al cilindro
9. Para facilidad de apoyo de la lave es recomendable usar un banco ya sea de madera u otro material I 20cm. de espesor de tal forma que mantenga la llave lo más horizontal posible.
10. La llave mordaza debe estar en posición de aflojar, esto es insertada completamente en el tubo o subsistiendo y tapando hacia la izquierda
11. Colocar la llave de cadena en el tubo. Para colocar en posición de aflojar el tuvo, es necesario sacar un poco el vástago del cilindro de manera que las muelas de la llave aprisionen el bien el tubo.
12. Al estar todo listo para el uso de la llave, no debe haber nadie sobre la plataforma del taladro.
13. Accionar la palanca de la llave auxiliar gradualmente hasta sacar todo el vástago del cilindro a quitar la llave y el cilindro para evitar golpes de esta.
14. Después que el tubo este flojo colocarlo dentro del cargador y antes de bajar la rotaria proceder a quitar la llave y el cilindro para evitar golpe de esta.
15. Antes de desacoplar el cilindro cerciorase que se encuentre completamente retraído el vástago para evitar su rayadura en posteriores manipuleos.
16. Para llevar a cabo la eficiencia este procedimiento es necesario que las personas encargadas estén mentalizadas a realizar un trabajo seguro estando alerta para así evitar riesgos innecesarios.
17. Está totalmente prohibido utilizar cualquier otro procedimiento que no sea revisado anteriormente. |

PROGRAMA SUGERIDO DE MANTENIMIENTO
LUBRICACIÓN Y FILTROS PARA DM – M²

PARTE	8 Horas Cada turno	40 horas	160 horas	500 horas	1000	2000
Caja de engranajes – Propulsión tanque hidráulico	Rev. Nivel Aceite			Cambio (2)	Cambio *	Cambio
Aireación tanque hidráulico Filtro retorno o tanque hidráulico				Cambio *	Cambio *	
Indicador filtro de retorno	Rev. Indicador					
Difusor tanque hidráulico					Limpiar/ Cambiar	*
Filtro succión tanque hidráulico					Cambic	*
Caja de engranaje-bombas Hid.	Rev. Escapes	Rev. Nivel				
Eje de propulsión						
Filtro supercarga –bomba Principal						
Indicador Filtro supercarga	Rev. Indicador				Cambic *	*
Filtro hidráulico principal						
Indicador filtro Hidráulico principal	Rev. Indicador					
Penal enfriador aceite		Rev. Indicador				
Comprensor						
Filtro aceite comprensor					Cambio *	*
Tanque separador aire/ aceite	Rev. Nivel				Cambio *	*
Condensado del separador aire / aceite	Drenar					
Elemento separador						Cambio
Filtro admisión comprensor		LIMPIAR Y CAMBIAR ELEMENTO SEGÚN LO REQUERIDO				
Indicador filtro admisión comprensor	Rev. Indicador					
Cabezal rotario	Rev. Nivel Aceite				Cambic	*
Aceite caja de engranajes – giro carousel					Revisar	Cambiar C/2 años
Malacate				Cambiar Aceite (2)	Cambic *	

PROGRAMA SUGERIDO DE MANTENIMIENTO

LUBRICACIÓN Y FILTROS PARA DM – M²

PARTE	8 Horas Cada turno	40 horas	160 horas	500 horas	1000	2000
Aireación Malacaste				Revisar		
Bomba inyección de agua (CAT)		Cambio de aceite (2)				
Motor cummins					Limpiar/	
Aceite motor	Rev. Nivel			Cambio		
Refrigerante motor	Rev. Nivel			LIMPIAR Y PURGAR CADO DOS AÑOS		
Separador combustible / agua	Drenar					
Filtro aire motor				LIMPIAR Y CAMBIAR SEGÚN SEA NECESARIO		
Indicador Filtro aire motor	Rev. Indicador				Cambio *	
Filtro combustible	Rev. Fugas		Cambios *			
Filtro "by pass"	Rev. Fugas		Cambios *			
Ventilación carter motor			Cambios *			
Panal Refrigerante motor		Limpiar *				
Accesorios motor		VER PROCEDIMIENTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE				
Motor generador (Deutz)						
Aceite motor	Rev. Nivel			CAMBIAR SEGÚN SEA NECESARIO		
Filtro aceite		Limpiar *				
Separador combustible/ figua	Rev. Drenar					
Aletas enfriamiento motor			Limpiar *			
Filtro de aceite	Rev. Fugas				Cambiar *	
Filtro combustible 1era etapa	Rev. Fugas				Cambiar *	
Filtro combustible 2da etapa	Rev. Fugas				Cambiar *	
Filtro combustible sencillo	Rev. Fugas				Cambiar *	
Filtro colador bomba combus.					Limpiar *	
Accesorios de motor		VER PROCEDIMIENTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE				
Aire acondicionado comprensor		REVISAR NIVEL DE ACEITE SEGÚN SEA NECESARIO				
Nivel en tanque de condensados					Revisar	
Filtros de aire		REVISAR SEGÚN SEA NECESARIO				

1. Estos son los requisitos mínimos de mantenimiento. De acuerdo con las condiciones específicas los intervalos de servicio pueden ser reducidos subtancialmente.
2. Cambio de aceite

- Repetir el intervalo durante a vida del equipo.

GUIA PARA INSPECCIÓN SEMANAL

✧ Inspecciones con el fin de detectar y/o conexiones y tornillos flojos o sueltos como también fugas en mangueras y tubos de sistema hidráulico:

GRUPO DE PROPULSIÓN

Zaptas
Pinon de traccion
Pinon volante
Motores de propulsión
Caja de engranajes – propulsión
Cubierta eje principal
Pines viga oscilante
Rodillos

MARCO PRINCIPAL

Zaptas de arroyo
Montaje tanque hidráulico
Montaje enfriador motor
Cortina para polvo
Manguera colector de polvo
Soporte motor
Caja de engranajes – bombas hidráulicas
Separador aire / aceite
Cilindros de izado de torre
Soporte
Sello piston
Bomba de inyección de agua
Pin boloqueo torre
Boquillas sistema contra incendio
Acondicionado
Plataformas y barandas
Montaje enfriador aceite comprensor
Cabina del operador
Montaje colector de polvo
Marco del conjunto de potencia
Soportes comprensor
Bombas principales
Soportes Motor Deutz
Apoyo torre
Tanque de aguq
Eje divotante torre
Eje del motor o caja de engranajes
Tanques sist. Contra incendio
Tanque combustible

TORRE

Buje centralizador
Cables sist. Avance/ retracción
Anclaje de cables
Cabezal rotatorio
Carousel
Guias del sist. Avance
Poleas del malacate
Cilindro de avance/ retracción
Poleas sist. Avance/ retracción
Malacate
Copas dei carousei
Herramienta para desacople de tubos
Llave de cadena

✧ Revise la lubricación de los siguientes puntos, de acuerdo con ei programa de mantenimiento.

Piston gatos nivelación
Pin viga oscilante
Acople a bombas hidráulicas
Pines giro herramientas desacoples
Poleas malacate
Cilindro empuje/ retracción
Unión tripe eje principal
Pines cilindros izado de torre
Eje giro torre
Cabezal rotatorio/ rodamiento sist. Avance/ retracción.
Rodamiento vastago cabezai rotatorio
Pines poleas del sistema avance / retención.

ANEXO B

HOJAS DE SERVICIO PARA MANTENIMIENTO PROGRAMADO

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM-1
250 HORAS

MODELO : DM-M2 / BAJA PRESION

EQUIPO	**MC002**	FECHA	
S/N	**4235**	HOROMETRO	
O/T		Hra. Inicio PM	Hra. Fin PM

ESPECIFICAR DEMORAS

Descripción	Inicio de Demora	Fin de Demora

TENGA SIEMPRE LA SEGURIDAD AL REALIZAR TODO TRABAJO

A **LUBRICACION (03hrs)** 3

a.1 **Lavar la unidad. Limpiar bien los enfriadores** **Inicio:** **Fin :** ☐

a.2 **Muestras de Aceite & Enviadas a S.O.S. Lima por (Poner nombre)** : ☐

- ☐ S.O.S. Motor
- ☐ S.O.S. Compresor
- ☐ S.O.S. Hidráulico
- ☐ S.O.S. Cabezal Rotativo
- ☐ S.O.S. Caja Reductora de bombas

a.3 **Verifique niveles y rellene aceites :**

- ☐ Nivel Refrigerante de Motor — ☐ % Anticongelante & ☐ % Inhibidor ☐
- ☐ Nivel Ac. Cabezal Rotativo
- ☐ Nivel Ac. Caja Reductora de bombas
- ☐ Nivel Ac. Compresor
- ☐ Nivel Ac. Hidráulico

a.4 **Motor 3412C/CAT**

- ☐ Drene aceite en caliente — ☐ Llene Aceite & Verifique nivel ☐
- ☐ Cambie Filtros de Aceite (02) — ☐ Corte filtro Aceite e inspeccione ☐
- ☐ Cambie Filtros de Combustible (02) — ☐ Lave Filtro Primario de Combust. ☐
- ☐ Cambie Filtros de Refrigerante de Motor (02)

B **ENGRASE (01.5hrs)** 3

b.1 **Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB**

- ☐ Drene agua del separador Aire-Aceite — ☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba. ☐
- ☐ Llene aceite al lubricador de Aire. — ☐ Revise Engrase Ptos. de Torre ☐
- ☐ Limpie externamente el Sist. Lincoln — ☐ Revise Engrase Ptos. de Soportes ☐
- ☐ Rellene grasa EP2 al tambor — ☐ Revise Engrase Ptos. de Bastidor ☐
- ☐ Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba) — ☐ Regule Inyectores desregulados ☐
- ☐ Coloque Timer en 2' (Prueba) — ☐ Coloque Timer a 80' (Operación.) ☐

b.2 **Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB**

- ☐ Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba) — ☐ Bombee aceite SAE50 por 10' ☐
- ☐ Limpie externamente el Bba. Lincoln — (para limpieza de mangueras)
- ☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba. Lincoln — ☐ Coloque Tambor con TRD ☐
- ☐ Rellene grasa TRD, adelgase con SAE 50 — ☐ Verifique proyección de TRD

b.3 Engrase Manual. Use EP2

Poleas (04) puntos
Cambiador de Barras (08) puntos
Eje estriado y cruceta de Acople Motor - Caja reductora de bombas (02) puntos
Seguros de torre (02) puntos

☐ Cojinetes de torre (08) puntos
☐ Eje de llave de quiebre (01) pto.
☐ Campana de Cabezal (02) puntos
☐

C INSPECCION (01.5hrs)

3

c.1 Motor 3412C/CAT

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
Sist. Escape (juntas, abrazaderas, múltiple, silenciador, tapa y soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.
Revise ext. el motor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. la Bba. Iny. por fugas combustible

☐ Revise correa del Alternador
Revise correa del Aire Acond.
☐ Revise el RADIADOR (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato.
☐ Revise panel RADIADOR, juntas sup. e inferior por fugas.

c.2 Enfriadores

Revise el COC/HOC (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato

Revise estado de las aletas del panel del COC/HOC por fugas. Inspeccione juntas superior e inferior
Revise mangueras , tapas y drenes COC/HOC por fugas y sujetadores sueltos

☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de Ac. Hidráulico. Verifique No marquen rojo
☐ Revise RPM de motores de los ventiladores del COC/HOC y RADIADOR
☐ Temperaturas de operación

c.3 Sistema Hidráulico

Revise el tanque hidráulico (mangueras, acoples, niples, codos por daños, solturas, rozamientos y fugas)

Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de aceite hidráulico junto al Tanque. Verifique No marquen rojo

Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de torre por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras de Bbas. principales y Doble) por fugas, rozamiento o conexiones sueltas
☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de consola Interna y Externa por fugas, rozamiento y conexiones sueltas
☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Pilotaje y Válvulas, por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

c.4 Compresor XL/1800CFM Baja Presión

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura

Sist. Descarga (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.

Revise ext. el compresor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. el Regulador de la mariposa de admisión (ajustes, desgaste y solturas)

☐ Tanque Separador (Tapa, Visor, líneas de ingreso y salida de aire) por daños, rozamiento, fugas o soltura

☐ Revise acople Motor Compresor (acople fexible) por posibles rajaduras y soltura
☐

c.5 Caja Reductora de Bombas

Revisar respiradero por atascamiento y fugas

☐ Revisar acoples cardánicos Caja Reductora de Bombas - Motor (02 acoples) y el Eje estriado (01 eje) verifique estado y cantidad de graseras (03 graseras)

c.6 Carrilería

Revisar Mandos Finales (Final Drive) por fugas de aceite

Revise Motores de Propulsión (02 motores) por fugas y solturas

☐ Revisar Tuberías y mangueras del Frenos (Brake) y Motores de Propulsión ☐

☐ Revise estado de las zapatas (104), de los Carrier Roller (04), de los Track Roller (22), por dobladuras, roturas y fugas ☐

c.7 Consola

Revisar Correcto funcionamiento de la instrumentación (Indicadores Murphy, relojes, luces de prueba, parada de emergencia, indicadores de carga y brakers)

Revisar estado de las Palancas de Mandos por solturas y atascamiento

☐ Revisar estado de Burbuja de nivelación ☐

☐ Revisar Neutro de las bombas en modo Propulsión y Perforación ☐

c.8 Sistema Eléctrico

Revisar estado de las baterías con Voltímetro, nivel de electrolito y estado bornes

Revise las Cajas (Box) de conexiones eléctricas por roturas, fugas y solturas

Revise correcta operación de la alarma de Propulsión

☐ Revise la carga registrada en el Amperímetro de carga del alternador ☐

☐ Revise el correcto estado de las luces de Iluminación de Torre, cabina y perforación ☐

☐

c.9 Filtros de Aire

Revise los Indicadores de saturación de los filtros de Aire de Compresor (01) y Motor (02) menor 10" H2O

☐

c.10 Cilindros Hidráulicos

Revise el cilindro Principal (01), de levante de torre (02), Cambiador de barras (02), Llave de quiebre (01), Llave cadena (01), Soporte de barras (01), Seguros de torre (02), Levante de tolva (02) por fugas de retenes, solturas y ajustes

☐ Revise gatos de nivelación (03), válvula antivuelco, guiadores, seguros de zapatas por roturas, soltura y fugas ☐

c.11 Tanques

Revise tanque de Combustible y funcionamientos de Indicador de nivel

☐ Revise tanque de Agua y funcionamiento del Indicador de nivel magnético. ☐

c.12 Gets

Revise estado de buje centralizador

Revise estado de jebes limpiadores de barra

☐ Revise estado de la llave de quiebre ☐

☐ Revise estado de las Bakelitas ☐

c.13 Sistemas Auxiliares

Revise Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB

Revise Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB y la tobera de proyección de grasa

Revise Sistema de WINCHE Auxiliar, verifique enrrollamiento, retención y estado del cable

☐ Revise el estado de la Llave de QUIEBRE, eslabones y mordaza ☐

☐ Revise Sistema contra - incendios AFEX, verifique que se encuentre energizado ☐

☐ Verifique estado del cambiador de barras, engranaje, sin-fin y tazas ☐

D MANTENIMIENTO GENERAL (02hrs)

3

d.1 Limpieza

Limpie Bandeja de Filtros de aire de compresor. Usar solo trapo ☐

Limpie Bandeja de Filtros de aire de motor. Usar solo trapo ☐

Limpie Filtros Aire Prim. Motor y Compresor, cambie si es la tercera vez que se satura, coloque fecha al filtro nuevo. ☐

Limpie la carrilería. Sacar tierra y piedras ☐ ☐

Lave Filtro Malla de Combustible de Motor ☐ ☐

d.2 Torqueo

Torquee pernos y tuercas de torre (Cilindro principal, Cabezal de Rotación) ☐

Torquee pernos y tuercas de COC/HOC) (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador ☐

Torquee pernos y tuercas de las Bakelitas. Programe un reemplazo si es necesario. ☐

Torquee pernos y tuercas del cambiador de barras (cojinetes, ejes, bocinas, cilindros hidráulicos superior e inferior y tazas) ☐

Torquee pernos y tuercas de Motores hidráulicos de Rotación (02), Bba. Agua(01) y motores de propulsión (02) ☐

Torquee pernos y tuercas de RADIADOR (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador) ☐ ☐

Torquee pernos y tuercas del Sistema Neumático (Soportes de Compresor, bomba de aceite, bridas de mangueras) ☐ ☐

Torquee pernos y tuercas de Bastidores de torre ☐ ☐

Torquee pernos y tuercas de Cabina (Techo, puertas, manija y consola) ☐ ☐

E REPUESTOS CONSUMIBLES

3

ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Frascos para muestras de aceite		05		
02	Mangueras para muestras de aceite		05		
03	Etiquetas para muestras de aceite		05		
04	Filtro de aceite de Motor	2P4005	02		
05	Filtro de Combustible	1R0712	02		
06	Filtro de refrigerante de motor	9N3368	02		

F FLUIDOS REQUERIDOS

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Ac. Hidráulico MOBIL DTE 24 (P/N: MODTE-24)	-		
02	Ac. para Bba. de Agua Perforación SAE 40	-		
03	Ac. para Cabezal Rotativo CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
04	Ac. para Caja Red. Bombas CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
05	Ac. para Compresor MOBIL ATF 220	-		
06	Ac. para Mandos Finales SAE 30	-		
07	Ac. para Motor CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)	16 Gln.		
08	Ac. para Winche Auxiliar 140 wt	-		
09	Grasa EP-2 Sist. De Egrase (P/N: MOEP-2)	20 Kg.		
10	Grasa para Barrenos THRD LUB (P/N:50525187)	01 Blde.		
11	Refrigerante para Motor CAT (P/N: 101-2844)	05 Gln.		

G HERRAMIENTAS EN CAMPO

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
PARA LUBRICACION				
01	Barzol	01 Gln.		
02	Bomba para trasegar (Manual o neumática)	01 Und.		
03	Cilindro Para Drenaje de Aceite	01 Und.		
04	Cortador de filtros	01 Und.		
05	Gomembrana	01 Und.		
06	Kit para pruebas de Refrigerante	01 Und.		
07	Llave para extraer filtros	01 Und.		
08	Papel Astringente	10 Und.		
09	Pistola para solpletear	01 Und.		
10	Solvente Industrial TOT-3	01 Gln.		
11	Trapo Industrial	03 Kg.		
PARA MECANICA				
01	Cinturón de Seguridad	02 Und.		
02	Compresora Portátil con manguera	01 Und.		
03	Etiquetas "No Operar"	05 Und.		
04	Llave Stillson 16"	01 Und.		
05	Llave Stillson 24"	01 Und.		
06	Llaves Allen Milimetros	01 Jgo.		
07	Llaves Allen Pulgadas	01 Jgo.		
08	Maleta de Herramientas mecánicos campo.	01 Und.		
09	Maleta Pruebas IR (TEST KIT P/N 5703658)	01 Und		
10	Marcador pintura blanca (Metal Marker)	01 Und		
11	Medidor de RPM	01 Und.		

H BLs. REALIZADOS

3

B.L.	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I BLs. A SOLICITAR

3

B.L	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

OBSERVACIONES

Si tuviera alguna observación que hacer respecto a este mantenimiento sobre cómo mejorar los tiempos, otras herramientas que incluir, alguna(s) actividad(es) que se hicieron y no estaban contempladas, alguna forma de optimizar el trabajo o comentarios sobre alguna actividad de este checklist de 250 horas tenga la amabilidad de describirla a continuación.

Firma Supervisor Lubricación

Fecha V°B°:

LUB:

Firma Supervisor Mantenimiento

Fecha V°B°:

MEC:

ENTREGAR ESTE CHECKLIST A PLANEAMIENTO, CORRECTAMENTE LLENADO, A MAS TARDAR 24HRS DESPUES DE SU EJECUCION

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM-2
500 HORAS

MODELO : DM-M2 / BAJA PRESION

EQUIPO **MC002**

S/N **4235**

O/T

FECHA

HOROMETRO

Hra. Inicio PM | Hra. Fin PM

ESPECIFICAR DEMORAS

Descripción	Inicio de Demora	Fin de Demora

TENGA SIEMPRE LA SEGURIDAD AL REALIZAR TODO TRABAJO

A LUBRICACION (03hrs)

a.1 **Lavar la unidad. Limpiar bien los enfriadores** **Inicio:** **Fin :** 3

a.2 **Muestras de Aceite & Enviadas a S.O.S. Lima por (Poner nombre)** :
- S.O.S. Motor
- S.O.S. Compresor
- S.O.S. Hidráulico
- S.O.S. Cabezal Rotativo
- S.O.S. Caja Reductora de bombas

a.3 **Verifique niveles y rellene aceites :**
- Nivel Refrigerante de Motor — % Anticongelante & % Inhibidor
- Nivel Ac. Cabezal Rotativo
- Nivel Ac. Caja Reductora de bombas
- Nivel Ac. Compresor
- Nivel Ac. Hidráulico

a.4 **Motor 3412C/CAT**
- Drene aceite en caliente — Llene Aceite & Verifique nivel
- Cambie Filtros de Aceite (02) — Corte filtro Aceite e inspeccione
- Cambie Filtros de Combustible (02) — Lave Filtro Primario de Combust.
- Cambie Filtros de Refrigerante de Motor (02)

a.5 **Sistema Hidráulico**
- Cambie Filtros Respiraderos (02)

a.6 **Compresor XL/1800CFM Baja Presión**
- Cambie Filtros de Aceite Compresor (02) — Lave Filtro Primario de Aceite de compresor

a.7 **Cabina**
- Cambie Filtros de Aire Acondicionado y calefacción (01)

B ENGRASE (01.5hrs)

b.1 **Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB** 3
- Drene agua del separador Aire-Aceite — Lave el Filtro de Aire de la Bba.
- Llene aceite al lubricador de Aire. — Revise Engrase Ptos. de Torre
- Limpie externamente el Sist. Lincoln — Revise Engrase Ptos. de Soportes
- Rellene grasa EP2 al tambor — Revise Engrase Ptos. de Bastidor
- Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba) — Regule Inyectores desregulados
- Coloque Timer en 2' (Prueba) — Coloque Timer a 80' (Operación.)

b.2 Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB

Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
Limpie externamente el Bba. Lincoln
Lave el Filtro de Aire de la Bba. Lincoln
Rellene grasa TRD, adelgase con SAE 50

- ☐ Bombee aceite SAE50 por 10' (para limpieza de mangueras)
- ☐ Coloque Tambor con TRD
- ☐ Verifique proyección de TRD

☐ ☐

b.3 Engrase Manual. Use EP2

Poleas (04) puntos
Cambiador de Barras (08) puntos
Eje estriado y cruceta de Acople Motor - Caja reductora de bombas (02) puntos
Seguros de torre (02) puntos

- ☐ Cojinetes de torre (08) puntos
- ☐ Eje de llave de quiebre (01) pto.
- ☐ Campana de Cabezal (02) puntos
- ☐

☐

C INSPECCION (01.5hrs)

3

c.1 Motor 3412C/CAT

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
Sist. Escape (juntas, abrazaderas, múltiple, silenciador, tapa y soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.
Revise ext. el motor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. la Bba. Iny. por fugas combustible

- ☐ Revise correa del Alternador
- ☐ Revise correa del Aire Acond.
- ☐ Revise el RADIADOR (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato.
- ☐ Revise panel RADIADOR, juntas sup. e inferior por fugas.

☐ ☐ ☐ ☐

c.2 Enfriadores

Revise el COC/HOC (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato

Revise estado de las aletas del panel del COC/HOC por fugas. Inspeccione juntas superior e inferior
Revise mangueras , tapas y drenes COC/HOC por fugas y sujetadores sueltos

- ☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de Ac. Hidráulico. Verifique No marquen rojo
- ☐ Revise RPM de motores de los ventiladores del COC/HOC y RADIADOR
- ☐ Temperaturas de operación

☐ ☐ ☐

c.3 Sistema Hidráulico

Revise el tanque hidráulico (mangueras, acoples, niples, codos por daños, solturas, rozamientos y fugas)

Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de aceite hidráulico junto al Tanque. Verifique No marquen rojo

Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de torre por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Bbas. principales y Doble) por fugas, rozamiento o conexiones sueltas
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de consola Interna y Externa por fugas, rozamiento y conexiones sueltas
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Pilotaje y Válvulas, por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

☐ ☐ ☐

c.4 Compresor XL/1800CFM Baja Presión

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura

- ☐ Tanque Separador (Tapa, Visor, líneas de ingreso y salida de aire) por daños, rozamiento, fugas o soltura

☐ ☐

Sist. Descarga (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.

Revise ext. el compresor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. el Regulador de la mariposa de admisión (ajustes, desgaste y solturas)

- ☐ Revise acople Motor Compresor (acople fexible) por posibles rajaduras y soltura
- ☐

c.5 Caja Reductora de Bombas

Revisar respiradero por atascamiento y fugas

☐ Revisar acoples cardánicos Caja Reductora de Bombas - Motor (02 acoples) y el Eje estriado (01 eje) verifique estado y cantidad de graseras (03 graseras) ☐

c.6 Carrilería

Revisar Mandos Finales (Final Drive) por fugas de aceite

☐ Revisar Tuberías y mangueras del Frenos (Brake) y Motores de Propulsión ☐

Revise Motores de Propulsión (02 motores) por fugas y solturas

☐ Revise estado de las zapatas (104), de los Carrier Roller (04), de los Track Roller (22), por dobladuras, roturas y fugas ☐

Revise cadena de rodado. Tensar según deflexión 7/8" - 1" ☐

c.7 Consola

Revisar Correcto funcionamiento de la instrumentación (Indicadores Murphy, relojes, luces de prueba, parada de emergencia, indicadores de carga y brakers)

☐ Revisar estado de Burbuja de nivelación ☐

Revisar estado de las Palancas de Mandos por solturas y atascamiento

☐ Revisar Neutro de las bombas en modo Propulsión y Perforación ☐

c.8 Sistema Eléctrico

Revisar estado de las baterías con Voltímetro, nivel de electrolito y estado bornes

☐ Revise la carga registrada en el Amperímetro de carga del alternador ☐

Revise las Cajas (Box) de conexiones eléctricas por roturas, fugas y solturas

☐ Revise el correcto estado de las luces de Iluminación de Torre, cabina y perforación ☐

Revise correcta operación de la alarma de Propulsión ☐

c.9 Filtros de Aire

Revise los Indicadores de saturación de los filtros de Aire de Compresor (01) y Motor (02) menor 10" H2O ☐

c.10 Cilindros Hidráulicos

Revise el cilindro Principal (01), de levante de torre (02), Cambiador de barras (02), Llave de quiebre (01), Llave cadena (01), Soporte de barras (01), Seguros de torre (02), Levante de tolva (02) por fugas de retenes, solturas y ajustes

☐ Revise gatos de nivelación (03), válvula antivuelco, guiadores, seguros de zapatas por roturas, soltura y fugas ☐

c.11 Tanques

Revise tanque de Combustible y funcionamientos de Indicador de nivel

☐ Revise tanque de Agua y funcionamiento del Indicador de nivel magnético. ☐

c.12 Gets

Revise estado de buje centralizador

☐ Revise estado de la llave de quiebre ☐

Revise estado de jebes limpiadores de barra

☐ Revise estado de las Bakelitas ☐

c.13 Sistemas Auxiliares

Revise Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB ☐
Revise el estado de la Llave de QUIEBRE, eslabones y mordaza ☐

Revise Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB y la tobera de proyección de grasa ☐
Revise Sistema contra - incendios AFEX, verifique que se encuentre energizado ☐

Revise Sistema de WINCHE Auxiliar, verifique enrrollamiento, retención y estado del cable ☐
Verifique estado del cambiador de barras, engranaje, sin-fin y tazas ☐

D MANTENIMIENTO GENERAL (02hrs)

3

d.1 Limpieza

Limpie Bandeja de Filtros de aire de compresor. Usar solo trapo ☐
Limpie la carrilería. Sacar tierra y piedras ☐

Limpie Bandeja de Filtros de aire de motor. Usar solo trapo ☐
Lave Filtro Malla de Combustible de Motor ☐

Limpie Filtros Aire Prim. Motor y Compresor, cambie si es la tercera vez que se satura, coloque fecha al filtro nuevo. ☐

d.2 Torqueo

Torquee pernos y tuercas de torre (Cilindro principal, Cabezal de Rotación) ☐
Torquee pernos y tuercas de RADIADOR (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador) ☐

Torquee pernos y tuercas de COC/HOC) (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador ☐
Torquee pernos y tuercas del Sistema Neumático (Soportes de Compresor, bomba de aceite, bridas de mangueras) ☐

Torquee pernos y tuercas de las Bakelitas. Programe un reemplazo si es necesario. ☐
Torquee pernos y tuercas de Bastidores de torre ☐

Torquee pernos y tuercas del cambiador de barras (cojinetes, ejes, bocinas, cilindros hidráulicos superior e inferior y tazas) ☐
Torquee pernos y tuercas de Cabina (Techo, puertas, manija y consola) ☐

Torquee pernos y tuercas de Motores hidráulicos de Rotación (02), Bba. Agua(01) y motores de propulsión (02) ☐

d.3 Gets

Cambie los Jebes limpiadores de barra (02) en la plataforma de perforación ☐

E REPUESTOS CONSUMIBLES

3

ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Frascos para muestras de aceite		05		
02	Mangueras para muestras de aceite		05		
03	Etiquetas para muestras de aceite		05		
04	Filtro de aceite de Motor	2P-04005	02		
05	Filtro de Combustible	1R0712	02		
06	Filtro de refrigerante de motor	9N3368	02		
07	Filtro de Cabina	57047938	01		
08	Filtro Respiradero de tanque Hidráulico	50903236	02		
09	Filtro de aceite de Compresor	57065534	01		
10	Jebes Limpiadores de barra	57249765	02		

F FLUIDOS REQUERIDOS

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Ac. Hidráulico MOBIL DTE 24 (P/N: MODTE-24)	-		
02	Ac. para Bba. de Agua Perforación SAE 40	-		
03	Ac. para Cabezal Rotativo CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
04	Ac. para Caja Red. Bombas CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	-		
05	Ac. para Compresor MOBIL ATF 220	-		
06	Ac. para Mandos Finales SAE 30	-		
07	Ac. para Motor CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)	16 Gln.		
08	Ac. para Winche Auxiliar 140 wt	-		
09	Grasa EP-2 Sist. De Egrase (P/N: MOEP-2)	20 Kg.		
10	Grasa para Barrenos THRD LUB (P/N:50525187)	01 Bde.		
11	Refrigerante para Motor CAT (P/N: 101-2844)	05 Gln.		

G HERRAMIENTAS EN CAMPO

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
PARA LUBRICACION				
01	Barzol	01 Gln.		
02	Bomba para trasegar (Manual o neumática)	01 Und.		
03	Cilindro Para Drenaje de Aceite	01 Und.		
04	Cortador de filtros	01 Und.		
05	Gomembrana	01 Und.		
06	Kit para pruebas de Refrigerante	01 Und.		
07	Llave para extraer filtros	01 Und.		
08	Papel Astringente	10 Und.		
09	Pistola para solpletear	01 Und.		
10	Solvente Industrial TOT-3	01 Gln.		
11	Trapo Industrial	03 Kg.		
PARA MECANICA				
01	Cinturón de Seguridad	02 Und.		
02	Compresora Portátil con manguera	01 Und.		
03	Etiquetas "No Operar"	05 Und.		
04	Llave Stillson 16"	01 Und.		
05	Llave Stillson 24"	01 Und.		
06	Llaves Allen Milimetros	01 Jgo.		
07	Llaves Allen Pulgadas	01 Jgo.		
08	Maleta de Herramientas mecánicos campo.	01 Und.		
09	Maleta Pruebas IR (TEST KIT P/N 5703658)	01 Und		
10	Marcador pintura blanca (Metal Marker)	01 Und		
11	Medidor de RPM	01 Und.		

H BLs. REALIZADOS

3

B.L.	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I BLs. A SOLICITAR

3

B.L	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

OBSERVACIONES

Si tuviera alguna observación que hacer respecto a este mantenimiento sobre cómo mejorar los tiempos, otras herramientas que incluir, alguna(s) actividad(es) que se hicieron y no estaban contempladas, alguna forma de optimizar el trabajo o comentarios sobre alguna actividad de este checklist de 500 horas tenga la amabilidad de describirla a continuación.

Firma Supervisor Lubricación

Fecha V°B°:

LUB:

Firma Supervisor Mantenimiento

Fecha V°B°:

MEC:

ENTREGAR ESTE CHECKLIST A PLANEAMIENTO, CORRECTAMENTE LLENADO, A MAS TARDAR 24HRS DESPUES DE SU EJECUCION

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM-3
1000 HORAS

MODELO : DM-M2 / BAJA PRESION

EQUIPO	MC002	FECHA	
S/N	4235	HOROMETRO	
O/T		Hra. Inicio PM	Hra. Fin PM

ESPECIFICAR DEMORAS

Descripción	Inicio de Demora	Fin de Demora

TENGA SIEMPRE LA SEGURIDAD AL REALIZAR TODO TRABAJO

A LUBRICACION (06hrs)

a.1 **Lavar la unidad. Limpiar bien los enfriadores** **Inicio:** **Fin :** ☐ 3

a.2 **Muestras de Aceite & Enviadas a S.O.S. Lima por (Poner nombre)** : ☐

- ☐ S.O.S. Motor
- ☐ S.O.S. Compresor
- ☐ S.O.S. Hidráulico
- ☐ S.O.S. Cabezal Rotativo
- ☐ S.O.S. Caja Reductora de bombas

a.3 **Verifique niveles y rellene aceites :**

- ☐ Nivel Refrigerante de Motor — ☐ % Anticongelante & % Inhibidor
- ☐ Nivel Ac. Cabezal Rotativo
- ☐ Nivel Ac. Caja Reductora de bombas
- ☐ Nivel Ac. Compresor
- ☐ Nivel Ac. Hidráulico

a.4 **Motor 3412C/CAT**

- ☐ Drene aceite en caliente — ☐ Llene Aceite & Verifique nivel
- ☐ Cambie Filtros de Aceite (02) — ☐ Corte filtro Aceite e inspeccione
- ☐ Cambie Filtros de Combustible (02) — ☐ Lave Filtro Primario de Combust.
- ☐ Cambie Filtros de Refrigerante de Motor (02)

a.5 **Sistema Hidráulico**

- ☐ Cambie Filtros Respiraderos (02) — ☐ Cambie Aceite Hidráulico
- ☐ Cambie Filtros de Aceite Hid. (08) — ☐ Corte filtro Aceite e inspeccione

a.6 **Compresor XL/1800CFM Baja Presión**

- ☐ Cambie Filtros de Aceite Compresor (02) — ☐ Lave Filtro Primario de Aceite de compresor
- ☐ Corte filtro Aceite e inspeccione
- ☐ Cambie Aceite de Compresor

a.7 **Cabina**

- ☐ Cambie Filtros de Aire Acondicionado y calefacción (01)

a.8 **Cabezal Rotativo**

- ☐ Cambie Aceite del Cabezal Rotativo

a.9 Caja Reductora de Bombas

Cambie Aceite de la Caja Reductora de Bbas. ☐

a.10 Sistemas Auxiliares

Cambie Aceite de la Bomba de Agua ☐

Cambie Aceite del Winche Auxiliar ☐

Cambie Aceite del Reductor del Cambiador de barras ☐

B ENGRASE (01.5hrs)

3

b.1 Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB

Drene agua del separador Aire-Aceite
Llene aceite al lubricador de Aire.
Limpie externamente el Sist. Lincoln
Rellene grasa EP2 al tambor
Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
Coloque Timer en 2' (Prueba)

☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba.
☐ Revise Engrase Ptos. de Torre
☐ Revise Engrase Ptos. de Soportes
☐ Revise Engrase Ptos. de Bastidor
☐ Regule Inyectores desregulados
☐ Coloque Timer a 80' (Operación.)

b.2 Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB

Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
Limpie externamente el Bba. Lincoln
Lave el Filtro de Aire de la Bba. Lincoln
Rellene grasa TRD, adelgase con SAE 50

☐ Bombee aceite SAE50 por 10' (para limpieza de mangueras) ☐
☐ Coloque Tambor con TRD ☐
☐ Verifique proyección de TRD

b.3 Engrase Manual. Use EP2

Poleas (04) puntos
Cambiador de Barras (08) puntos
Eje estriado y cruceta de Acople Motor - Caja reductora de bombas (02) puntos
Seguros de torre (02) puntos ☐

☐ Cojinetes de torre (08) puntos ☐
☐ Eje de llave de quiebre (01) pto. ☐
☐ Campana de Cabezal (02) puntos ☐

C INSPECCION (02hrs)

3

c.1 Motor 3412C/CAT

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
Sist. Escape (juntas, abrazaderas, múltiple, silenciador, tapa y soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.
Revise ext. el motor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. la Bba. Iny. por fugas combustible

☐ Revise correa del Alternador ☐
Revise correa del Aire Acond. ☐
☐ Revise el RADIADOR (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato.
☐ Revise panel RADIADOR, juntas sup. e inferior por fugas. ☐

c.2 Enfriadores

Revise el COC/HOC (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato

Revise estado de las aletas del panel del COC/HOC por fugas. Inspeccione juntas superior e inferior
Revise mangueras , tapas y drenes COC/HOC por fugas y sujetadores sueltos

☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de Ac. Hidráulico. Verifique No marquen rojo ☐
☐ Revise RPM de motores de los ventiladores del COC/HOC y RADIADOR ☐
☐ Temperaturas de operación ☐

c.3 Sistema Hidráulico

Revise el tanque hidráulico (mangueras, acoples, niples, codos por daños, solturas, rozamientos y fugas)

Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de aceite hidráulico junto al Tanque. Verifique No marquen rojo

☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras de Bbas. principales y Doble) por fugas, rozamiento o conexiones sueltas ☐
☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de consola Interna y Externa por fugas, rozamiento y conexiones sueltas ☐

Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de torre por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Pilotaje y Válvulas, por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

c.4 Compresor XL/1800CFM Baja Presión

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura

Tanque Separador (Tapa, Visor, líneas de ingreso y salida de aire) por daños, rozamiento, fugas o soltura

Sist. Descarga (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.

Revise acople Motor Compresor (acople fexible) por posibles rajaduras y soltura

Revise ext. el compresor (fugas y/o ajustes)

Revise ext. el Regulador de la mariposa de admisión (ajustes, desgaste y solturas)

c.5 Caja Reductora de Bombas

Revisar respiradero por atascamiento y fugas

Revisar acoples cardánicos Caja Reductora de Bombas - Motor (02 acoples) y el Eje estriado (01 eje) verifique estado y cantidad de graseras (03 graseras)

c.6 Carrilería

Revisar Mandos Finales (Final Drive) por fugas de aceite

Revisar Tuberías y mangueras del Frenos (Brake) y Motores de Propulsión

Revise Motores de Propulsión (02 motores) por fugas y solturas

Revise estado de las zapatas (104), de los Carrier Roller (04), de los Track Roller (22), por dobladuras, roturas y fugas

Revise cadena de rodado. Tensar según deflexión 7/8" - 1"

c.7 Consola

Revisar Correcto funcionamiento de la instrumentación (Indicadores Murphy, relojes, luces de prueba, parada de emergencia, indicadores de carga y brakers)

Revisar estado de Burbuja de nivelación

Revisar estado de las Palancas de Mandos por solturas y atascamiento

Revisar Neutro de las bombas en modo Propulsión y Perforación

c.8 Sistema Eléctrico

Revisar estado de las baterías con Voltímetro, nivel de electrolito y estado bornes

Revise la carga registrada en el Amperímetro de carga del alternador

Revise las Cajas (Box) de conexiones eléctricas por roturas, fugas y solturas

Revise el correcto estado de las luces de Iluminación de Torre, cabina y perforación

Revise correcta operación de la alarma de Propulsión

c.9 Filtros de Aire

Revise los Indicadores de saturación de los filtros de Aire de Compresor (01) y Motor (02) menor 10" H2O

c.10 Cilindros Hidráulicos

Revise el cilindro Principal (01), de levante de torre (02), Cambiador de barras (02), Llave de quiebre (01), Llave cadena (01), Soporte de barras (01), Seguros de torre (02), Levante de tolva (02) por fugas de retenes, solturas y ajustes

☐ Revise gatos de nivelación (03), válvula antivuelco, guiadores, seguros de zapatas por roturas, soltura y fugas ☐

c.11 Tanques

Revise tanque de Combustible y funcionamientos de Indicador de nivel

☐ Revise tanque de Agua y funcionamiento del Indicador de nivel magnético. ☐

c.12 Gets

Revise estado de buje centralizador

☐ Revise estado de la llave de quiebre ☐

Revise estado de jebes limpiadores de barra

☐ Revise estado de las Bakelitas ☐

c.13 Sistemas Auxiliares

Revise Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB

☐ Revise el estado de la Llave de QUIEBRE, eslabones y mordaza ☐

Revise Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB y la tobera de proyección de grasa

☐ Revise Sistema contra - incendios AFEX, verifique que se encuentre energizado ☐

Revise Sistema de WINCHE Auxiliar, verifique enrrollamiento, retención y estado del cable

☐ Verifique estado del cambiador de barras, engranaje, sin-fin y tazas ☐

D MANTENIMIENTO GENERAL (07hrs) 3

d.1 Limpieza

Limpie Bandeja de Filtros de aire de compresor. Usar solo trapo

☐ Limpie la carrilería. Sacar tierra y piedras ☐

Limpie Bandeja de Filtros de aire de motor. Usar solo trapo

☐ Lave Filtro Malla de Combustible de Motor ☐

Limpie Filtros Aire Prim. Motor y Compresor, cambie si es la tercera vez que se satura, coloque fecha al filtro nuevo.

☐

d.2 Torqueo

Torquee pernos y tuercas de torre (Cilindro principal, Cabezal de Rotación)

☐ Torquee pernos y tuercas de RADIADOR (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador) ☐

Torquee pernos y tuercas de COC/HOC) (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador

☐ Torquee pernos y tuercas del Sistema Neumático (Soportes de Compresor, bomba de aceite, bridas de mangueras) ☐

Torquee pernos y tuercas de las Bakelitas. Programe un reemplazo si es necesario.

☐ Torquee pernos y tuercas de Bastidores de torre ☐

Torquee pernos y tuercas del cambiador de barras (cojinetes, ejes, bocinas, cilindros hidráulicos superior e inferior y tazas)

☐ Torquee pernos y tuercas de Cabina (Techo, puertas, manija y consola) ☐

Torquee pernos y tuercas de Motores hidráulicos de Rotación (02), Bba. Agua(01) y motores de propulsión (02)

☐

d.3 Gets

Cambie los Jebes limpiadores de barra (02) en la plataforma de perforación

☐

d.4 Cabezal Rotativo
Engrase Motores Hid. de Rotación.
Ejes estriados (02)

☐ Aplique Pre - carga a los Rodamientos del Cabezal Rotativo. Use herramienta especial ☐

d.5 Caja Reductora de Bombas
Engrase Bombas Principales y Bomba Doble. Ejes estriados (02) ☐

E REPUESTOS CONSUMIBLES

3

ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Frascos para muestras de aceite		05		
02	Mangueras para muestras de aceite		05		
03	Etiquetas para muestras de aceite		05		
04	Filtro de aceite de Motor	2P4005	02		
05	Filtro de Combustible	1R0712	02		
06	Filtro de refrigerante de motor	9N3368	02		
07	Filtro de Cabina	57047938	01		
08	Filtro Respiradero de tanque Hidráulico	50903236	02		
09	Filtro de aceite de Compresor	57065534	01		
10	Jebes Limpiadores de barra	57249765	02		
11	Filtros de Aceite Hidráulico	50343490	08		
12	Filtro de Aire Primario de Motor	50616424	02		
13	Filtro de Aire Secundario de Motor	50616416	02		
14	Filtro de Aire Primario de Compresor	52146958	01		
15	Filtro de Aire Secundario de Compresor	52146966	01		

F FLUIDOS REQUERIDOS

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Ac. Hidráulico MOBIL DTE 24 (P/N: MODTE-24)	03 Cil.		
02	Ac. para Bba. de Agua Perforación SAE 40	½ Gln.		
03	Ac. para Cabezal Rotativo CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	12 Gln.		
04	Ac. para Caja Red. Bombas CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	3 Gln.		
05	Ac. para Compresor MOBIL ATF 220	01 Cil.		
06	Ac. para Mandos Finales SAE 30	-		
07	Ac. para Motor CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)	16 Gln.		
08	Ac. para Winche Auxiliar 140 wt	½ Gln.		
09	Grasa EP-2 Sist. De Egrase (P/N: MOEP-2)	20 Kg.		
10	Grasa para Barrenos THRD LUB (P/N:50525187)	01 Bde.		
11	Refrigerante para Motor CAT (P/N: 101-2844)	05 Gln.		

G HERRAMIENTAS EN CAMPO

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
PARA LUBRICACION				
01	Barzol	01 Gln.		
02	Bomba para trasegar (Manual o neumática)	01 Und.		
03	Cilindro Para Drenaje de Aceite	01 Und.		
04	Cortador de filtros	01 Und.		
05	Gomembrana	01 Und.		
06	Kit para pruebas de Refrigerante	01 Und.		
07	Llave para extraer filtros	01 Und.		

08	Papel Astringente	10 Und.		
09	Pistola para solpletear	01 Und.		
10	Solvente Industrial TOT-3	01 Gln.		
11	Trapo Industrial	03 Kg.		
PARA MECANICA				
01	Cinturón de Seguridad	02 Und.		
02	Compresora Portátil con manguera	01 Und.		
03	Etiquetas "No Operar"	05 Und.		
04	Llave Stillson 16"	01 Und.		
05	Llave Stillson 24"	01 Und.		
06	Llaves Allen Milimetros	01 Jgo.		
07	Llaves Allen Pulgadas	01 Jgo.		
08	Maleta de Herramientas mecánicos campo.	01 Und.		
09	Maleta Pruebas IR (TEST KIT P/N 5703658)	01 Und		
10	Marcador pintura blanca (Metal Marker)	01 Und		
11	Medidor de RPM	01 Und.		

H BLs. REALIZADOS 3

B.L.	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I BLs. A SOLICITAR 3

B.L	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

OBSERVACIONES

Si tuviera alguna observación que hacer respecto a este mantenimiento sobre cómo mejorar los tiempos, otras herramientas que incluir, alguna(s) actividad(es) que se hicieron y no estaban contempladas, alguna forma de optimizar el trabajo o comentarios sobre alguna actividad de este checklist de 1000 horas tenga la amabilidad de describirla a continuación.

Firma Supervisor Lubricación

Fecha V°B°:

LUB:

Firma Supervisor Mantenimiento

Fecha V°B°:

MEC:

ENTREGAR ESTE CHECKLIST A PLANEAMIENTO, CORRECTAMENTE LLENADO, A MAS TARDAR 24HRS DESPUES DE SU EJECUCION

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM-4
2000 HORAS

MODELO : DM-M2 / BAJA PRESION

EQUIPO	**MC002**	FECHA	
S/N	**4235**	HOROMETRO	
O/T		Hra. Inicio PM	Hra. Fin PM

ESPECIFICAR DEMORAS

Descripción	Inicio de Demora	Fin de Demora

TENGA SIEMPRE LA SEGURIDAD AL REALIZAR TODO TRABAJO

A LUBRICACION (06hrs)

a.1 **Lavar la unidad. Limpiar bien los enfriadores** **Inicio:** **Fin :** 3

a.2 **Muestras de Aceite & Enviadas a S.O.S. Lima por (Poner nombre)** :
- S.O.S. Motor
- S.O.S. Compresor
- S.O.S. Hidráulico
- S.O.S. Cabezal Rotativo
- S.O.S. Caja Reductora de bombas

a.3 **Verifique niveles y rellene aceites :**
- Nivel Refrigerante de Motor — % Anticongelante & % Inhibidor
- Nivel Ac. Cabezal Rotativo
- Nivel Ac. Caja Reductora de bombas
- Nivel Ac. Compresor
- Nivel Ac. Hidráulico

a.4 **Motor 3412C/CAT**
- Drene aceite en caliente — Llene Aceite & Verifique nivel
- Cambie Filtros de Aceite (02) — Corte filtro Aceite e inspeccione
- Cambie Filtros de Combustible (02) — Lave Filtro Primario de Combust.
- Cambie Filtros de Refrigerante de Motor (02) — Cambie Refrigerante de Motor 50% Anticongelante & 50% Inhibidor

a.5 **Sistema Hidráulico**
- Cambie Filtros Respiraderos (02) — Cambie Aceite Hidráulico
- Cambie Filtros de Aceite Hid. (08) — Corte filtro Aceite e inspeccione

a.6 **Compresor XL/1800CFM Baja Presión**
- Cambie Filtros de Aceite Compresor (02) — Cambie Aceite de Compresor ATF-220 (MOBIL)
- Corte filtro Aceite e inspeccione — Lave Filtro Primario de Aceite de compresor
- Cambie Elemento Separador (01)

a.7 **Cabina**
- Cambie Filtros de Aire Acondicionado y calefacción (01)

a.8 Cabezal Rotativo

Cambie Aceite del Cabezal Rotativo ☐

a.9 Caja Reductora de Bombas

Cambie Aceite de la Caja Reductora de Bbas. ☐

a.10 Sistemas Auxiliares

Cambie Aceite de la Bomba de Agua ☐

Cambie Aceite del Winche Auxiliar ☐

Cambie Aceite del Reductor del Cambiador de barras ☐

a.11 Carrilería

Cambie Aceite de Mandos Finales. Tener especial cuidado al llenar aceite. No contamine. ☐

Pegar en Post - it muestra del tapón de Mando Final Lado Cabina ☐

Pegar en Post - it muestra del tapón de Mando Final Lado Colector de Polvo ☐

B ENGRASE (01.5hrs) 3

b.1 Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB (37 puntos de engrase)

Drene agua del separador Aire-Aceite
Llene aceite al lubricador de Aire.
Limpie externamente el Sist. Lincoln
Rellene grasa EP2 al tambor
Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
Coloque Timer en 2' (Prueba)

☐ Lave el Filtro de Aire de la Bba.
☐ Revise Engrase Ptos. de Torre
☐ Revise Engrase Ptos. de Soportes
☐ Revise Engrase Ptos. de Bastidor
☐ Regule Inyectores desregulados
☐ Coloque Timer a 80' (Operación.)

b.2 Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB

Revise Suministro Aire (PSIG de Placa Bba)
Limpie externamente el Bba. Lincoln
Lave el Filtro de Aire de la Bba. Lincoln
Rellene grasa TRD, adelgase con SAE 50

☐ Bombee aceite SAE50 por 10' (para limpieza de mangueras)
☐ Coloque Tambor con TRD
☐ Verifique proyección de TRD

b.3 Engrase Manual. Use EP2

Poleas (04) puntos
Cambiador de Barras (08) puntos
Eje estriado y cruceta de Acople Motor - Caja reductora de bombas (02) puntos
Seguros de torre (02) puntos

☐ Cojinetes de torre (08) puntos
☐ Eje de llave de quiebre (01) pto.
☐ Campana de Cabezal (02) puntos
☐

C INSPECCION (02hrs) 3

c.1 Motor 3412C/CAT

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura
Sist. Escape (juntas, abrazaderas, múltiple, silenciador, tapa y soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.
Revise ext. el motor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. la Bba. Iny. por fugas combustible

☐ Revise correa del Alternador
Revise correa del Aire Acond.
☐ Revise el RADIADOR (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato.
☐ Revise panel RADIADOR, juntas sup. e inferior por fugas.

c.2 Enfriadores

Revise el COC/HOC (guardas, Soportes y pernos) ajuste de inmediato

Revise estado de las aletas del panel del COC/HOC por fugas. Inspeccione juntas superior e inferior
Revise mangueras , tapas y drenes COC/HOC por fugas y sujetadores sueltos

☐ Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de Ac. Hidráulico. Verifique No marquen rojo
☐ Revise RPM de motores de los ventiladores del COC/HOC y RADIADOR
☐ Temperaturas de operación

c.3 Sistema Hidráulico

Revise el tanque hidráulico (mangueras, acoples, niples, codos por daños, solturas, rozamientos y fugas)

Revise Indicadores de Levas (02) de los filtros de aceite hidráulico junto al Tanque. Verifique No marquen rojo

Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de torre por fugas, rozamiento o conexiones sueltas

Revise Válvulas Hidráulicas. Cambie sellos u O-ring's si corresponde.

- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras de Bbas. principales y Doble) por fugas, rozamiento o conexiones sueltas ☐
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de consola Interna y Externa por fugas, rozamiento y conexiones sueltas ☐
- ☐ Revise líneas hidráulicas (tuberías y mangueras) de Pilotaje y Válvulas, por fugas, rozamiento o conexiones sueltas ☐

c.4 Compresor XL/1800CFM Baja Presión

Sist. Admisión (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o soltura

Sist. Descarga (juntas, abrazaderas, soportes) por daños, rozamiento, fugas o solturas.

Revise ext. el compresor (fugas y/o ajustes)
Revise ext. el Regulador de la mariposa de admisión (ajustes, desgaste y solturas)

- ☐ Tanque Separador (Tapa, Visor, líneas de ingreso y salida de aire) por daños, rozamiento, fugas o soltura ☐
- ☐ Revise acople Motor Compresor (acople fexible) por posibles rajaduras y soltura ☐

c.5 Caja Reductora de Bombas

Revisar respiradero por atascamiento y fugas

- ☐ Revisar acoples cardánicos Caja Reductora de Bombas - Motor (02 acoples) y el Eje estriado (01 eje) verifique estado y cantidad de graseras (03 graseras) ☐

c.6 Carrilería

Revisar Mandos Finales (Final Drive) por fugas de aceite

Revise Motores de Propulsión (02 motores) por fugas y solturas

Revise cadena de rodado. Tensar según deflexión 7/8" - 1"

- ☐ Revisar Tuberías y mangueras del Frenos (Brake) y Motores de Propulsión ☐
- ☐ Revise estado de las zapatas (104), de los Carrier Roller (04), de los Track Roller (22), por dobladuras, roturas y fugas ☐

c.7 Consola

Revisar Correcto funcionamiento de la instrumentación (Indicadores Murphy, relojes, luces de prueba, parada de emergencia, indicadores de carga y brakers)
Revisar estado de las Palancas de Mandos por solturas y atascamiento

- ☐ Revisar estado de Burbuja de nivelación ☐
- ☐ Revisar Neutro de las bombas en modo Propulsión y Perforación ☐

c.8 Sistema Eléctrico

Revisar estado de las baterías con Voltímetro, nivel de electrolito y estado bornes

Revise las Cajas (Box) de conexiones eléctricas por roturas, fugas y solturas

- ☐ Revise la carga registrada en el Amperímetro de carga del alternador ☐
- ☐ Revise el correcto estado de las luces de Iluminación de Torre, cabina y perforación ☐

Revise correcta operación de la alarma de Propulsión ☐

c.9 Filtros de Aire

Revise los Indicadores de saturación de los filtros de Aire de Compresor (01) y Motor (02) menor 10" H2O ☐

c.10 Cilindros Hidráulicos

Revise el cilindro Principal (01), de levante de torre (02), Cambiador de barras (02), Llave de quiebre (01), Llave cadena (01), Soporte de barras (01), Seguros de torre (02), Levante de tolva (02) por fugas de retenes, solturas y ajustes ☐

☐ Revise gatos de nivelación (03), válvula antivuelco, guiadores, seguros de zapatas por roturas, soltura y fugas ☐

c.11 Tanques

Revise tanque de Combustible y funcionamientos de Indicador de nivel ☐

☐ Revise tanque de Agua y funcionamiento del Indicador de nivel magnético. ☐

c.12 Gets

Revise estado de buje centralizador ☐

☐ Revise estado de la llave de quiebre ☐

Revise estado de jebes limpiadores de barra ☐

☐ Revise estado de las Bakelitas ☐

c.13 Sistemas Auxiliares

Revise Sistema Engrase Automático de Perforadora CENTRALUB ☐

☐ Revise el estado de la Llave de QUIEBRE, eslabones y mordaza ☐

Revise Sistema Engrase de Barrenos TRD LUB y la tobera de proyección de grasa ☐

☐ Revise Sistema contra - incendios AFEX, verifique que se encuentre energizado ☐

Revise Sistema de WINCHE Auxiliar, verifique enrrollamiento, retención y estado del cable ☐

☐ Verifique estado del cambiador de barras, engranaje, sin-fin y tazas ☐

D MANTENIMIENTO GENERAL (07hrs) 3

d.1 Limpieza

Limpie Bandeja de Filtros de aire de compresor. Usar solo trapo ☐

☐ Limpie la carrilería. Sacar tierra y piedras ☐

Limpie Bandeja de Filtros de aire de motor. Usar solo trapo ☐

☐ Lave Filtro Malla de Combustible de Motor ☐

Limpie Filtros Aire Prim. Motor y Compresor, cambie si es la tercera vez que se satura, coloque fecha al filtro nuevo. ☐

d.2 Torqueo

Torquee pernos y tuercas de torre (Cilindro principal, Cabezal de Rotación) ☐

☐ Torquee pernos y tuercas de RADIADOR (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador) ☐

Torquee pernos y tuercas de COC/HOC) (Soporte de enfriadores y Motor de Ventilador ☐

☐ Torquee pernos y tuercas del Sistema Neumático (Soportes de Compresor, bomba de aceite, bridas de mangueras) ☐

Torquee pernos y tuercas de las Bakelitas. Programe un reemplazo si es necesario. ☐

☐ Torquee pernos y tuercas de Bastidores de torre ☐

Torquee pernos y tuercas del cambiador de barras (cojinetes, ejes, bocinas, cilindros hidráulicos superior e inferior y tazas) ☐

☐ Torquee pernos y tuercas de Cabina (Techo, puertas, manija y consola) ☐

Torquee pernos y tuercas de Motores hidráulicos de Rotación (02), Bba. Agua(01) y motores de propulsión (02) ☐

d.3 Gets

Cambie los Jebes limpiadores de barra (02) en la plataforma de perforación ☐

d.4 Cabezal Rotativo

Engrase Motores Hid. de Rotación. Ejes estriados (02) ☐

Limpie y ajuste el Captador Magnético (Pick Up) de R.P.M. de Rotación de Barreno ☐

Aplique Pre - carga a los Rodamientos del Cabezal Rotativo. Use herramienta especial ☐

d.5 Caja Reductora de Bombas

Engrase Bombas Principales y Bomba Doble. Ejes estriados (02) ☐

d.6 Sistema Eléctrico

Revise Estado de Carbones de Alternador ☐

d.7 Motor 3412C/CAT

Limpie y ajuste el Captador Magnético (Pick Up) de R.P.M. de Motor ☐

Limpie y calibre los Inyectores de combustible (12 Inyectores) ☐

Torquee pernos soporte de Motor Diesel. Identifique pernos. Use llaves adecuadas. ☐

Limpie Respiradero del carter de Motor ☐

Torquee e Inspecciones los pernos del Turbo - Compresor. Revise Juego axial y álabes. ☐

Limpie e Inspeccione Enfriador de Aceite de Motor ☐

Calibre Válvulas de Motor Diesel Escape: 0.030" Adimisión 0.015" ☐

E REPUESTOS CONSUMIBLES

3

ITEM	DESCRIPCION	P/N	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Frascos para muestras de aceite		05		
02	Mangueras para muestras de aceite		05		
03	Etiquetas para muestras de aceite		05		
04	Filtro de aceite de Motor	2P4005	02		
05	Filtro de Combustible	1R0712	02		
06	Filtro de refrigerante de motor	9N3368	02		
07	Filtro de Cabina	57047938	01		
08	Filtro Respiradero de tanque Hidráulico	50903236	02		
09	Filtro aceite de Compresor	57065534	01		
10	Jebes Limpiadores de barra	57249765	02		
11	Filtros de Aceite Hidráulico	50343490	08		
12	Filtro de Aire Primario de Motor	50616424	02		
13	Filtro de Aire Secundario de Motor	50616416	02		
14	Filtro de Aire Primario de Compresor	52146958	01		
15	Filtro de Aire Secundario de Compresor	52146966	01		

F FLUIDOS REQUERIDOS

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
01	Ac. Hidráulico MOBIL DTE 24 (P/N: MODTE-24)	03 Cil.		
02	Ac. para Bba. de Agua Perforación SAE 40	½ Gln.		
03	Ac. para Cabezal Rotativo CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	12 Gln.		
04	Ac. para Caja Red. Bombas CAT 80W90 (P/N: 8T9584L)	3 Gln.		
05	Ac. para Compresor MOBIL ATF 220	01 Cil.		
06	Ac. para Mandos Finales SAE 30	08 Gln.		
07	Ac. para Motor CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)	16 Gln.		

08	Ac. para Winche Auxiliar 140 wt	½ Gln.		
09	Grasa EP-2 Sist. De Egrase (P/N: MOEP-2)	20 Kg.		
10	Grasa para Barrenos THRD LUB (P/N:50525187)	01 Blde.		
11	Refrigerante para Motor CAT (P/N: 101-2844)	05 Gln.		

G HERRAMIENTAS EN CAMPO

3

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD REQUERIDA	CANTIDAD UTILIZADA	OBS
PARA LUBRICACION				
01	Barzol	01 Gln.		
02	Bomba para trasegar (Manual o neumática)	01 Und.		
03	Cilindro Para Drenaje de Aceite	01 Und.		
04	Cortador de filtros	01 Und.		
05	Gomembrana	01 Und.		
06	Kit para pruebas de Refrigerante	01 Und.		
07	Llave para extraer filtros	01 Und.		
08	Papel Astringente	10 Und.		
09	Pistola para solpletear	01 Und.		
10	Solvente Industrial TOT-3	01 Gln.		
11	Trapo Industrial	03 Kg.		
PARA MECANICA				
01	Cinturón de Seguridad	02 Und.		
02	Compresora Portátil con manguera	01 Und.		
03	Etiquetas "No Operar"	05 Und.		
04	Llave Stillson 16"	01 Und.		
05	Llave Stillson 24"	01 Und.		
06	Llaves Allen Milimetros	01 Jgo.		
07	Llaves Allen Pulgadas	01 Jgo.		
08	Maleta de Herramientas mecánicos campo.	01 Und.		
09	Maleta Pruebas IR (TEST KIT P/N 5703658)	01 Und		
10	Marcador pintura blanca (Metal Marker)	01 Und		
11	Medidor de RPM	01 Und.		

H BLs. REALIZADOS

3

B.L.	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

I BLs. A SOLICITAR

3

B.L	DESCRIPCION	RESPONSABLE	

OBSERVACIONES

Si tuviera alguna observación que hacer respecto a este mantenimiento sobre cómo mejorar los tiempos, otras herramientas que incluir, alguna(s) actividad(es) que se hicieron y no estaban contempladas, alguna forma de optimizar el trabajo o comentarios sobre alguna actividad de este checklist de 2000 horas tenga la amabilidad de describirla a continuación.

Firma Supervisor Lubricación

Fecha V°B°:

LUB:

Firma Supervisor Mantenimiento

Fecha V°B°:

MEC:

ENTREGAR ESTE CHECKLIST A PLANEAMIENTO, CORRECTAMENTE LLENADO, A MAS TARDAR 24HRS DESPUES DE SU EJECUCION

ANEXO C

FORMATOS DE INSPECCIÓN

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

A	Ajuste / Calibración	I	Inspección	T	Torque	D	Drenar	O	Overhaul
C	Cambio	L	Limpieza	X	Chequeo	G	Grasa	R	Reemplazo

ACCION		HRS	RECOMENDACION	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30
				A B C A B C																					
Nivel de grasa SIST. ENG. AUTOM.	X	50	Usar grasa EP2																					
Pernos y Tuerc. Sop. Tque. Compres.	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas Cabina	T	50	Techo/puertas/manijas/consola																					
Pernos y Tuercas COC/HOC	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas Chasis	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas de Bakelitas	I/T	50	Apagado. c/cinturón. Verif. alambre																					
Pernos y Tuercas del Camb. Barras	T	50	Cinturón de seg. Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas RADIADOR	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Piñón y Engranaje del Camb. Barras	L	50	Con escobilla (dientes limp. y secos)																					
Refrigerante	X	50	50/50 - H2O / Refrig. CAT (P/N: 101-2844)																					
Rodillos de Carrileria	X	50	(22)Track roller & (04)Carrier Roller																					
Sellos de barras (jebes)	L	50	Apagado. Lentes. Espátula/Escobilla																					
Aceite de motor	C	250	SAE 15W40 ó CAT 15W40 (P/N: 3E9712L)																					
Cables de avance	X	250	Centrar barras. Tensar si se require																					
Cooler y radiador	L	250	Con aire ó emulsion T-O-T3																					
Correas en "V" (Altern. / A. Acondic.)	X/A	250	Tensión y desgaste																					
Engrase de seguros(LOCK) de Torre	G	250	Usar EP2. Tirar Torre. (02) Puntos																					
Engrase eje estriado Motor - Caja Red.	G	250	Usar EP2. (01) Punto.																					
Estanque de agua inyección	L	250	Drenar y/o limpieza interna																					
Filtro de aceite motor	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Filtro de combustible	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Filtro del By - pass aceite	X/L	250	Revisar																					
Filtro refrigerante	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Iluminación	X/I	250	Encendido/Micas/Conexiones																					
Inyector de ETHER	X	250	Verif. correcta Inyección.																					
Limpieza de Cabina, colocar desodor.	L	250	Lunas/piso/tablero/asiento/ordenar																					
Mangueras (aceite, comb., agua)	X/R	250	Fricción/Fugas/Acoples																					
Perforadora Apagada	L	250	Airear y lavar con T-O-T3																					
Tomar muestra aceite caja red. bbas.	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite compresor	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite hidraulico	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite motor	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Winche auxilar	X	250	Estado de cable/cojinetes/aceite																					

MARC - BARRICK - PIERINA S/N 4250 DM-M2 / HP1250 / 350 / CAT 3412

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

A	Ajuste / Calibración	I	Inspección	T	Torque	D	Drenar	O	Overhaul
C	Cambio	L	Limpieza	X	Chequeo	G	Grasa	R	Reemplazo

ACCION		HRS	RECOMENDACION	A B C A B C
				9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 29 30
Bandeja Filtro de aire de compresor	L	8	No usar aire. Solo trapo. Cint. Segur.	
Bandeja Filtros de aire de motor	L	8	No usar aire. Solo trapo. Cint. Segur.	
Horómetro de motor	X	8	Al llenar la hoja de Parám. de Oper.	
Indicador de nivel de aceite Hidráulico	X	8	Si esta en ROJO parar Operación	
Indicador de saturación Filtros comp.	X	8	Menos de 10" H20	
Indicador de saturación Filtros motor	X	8	Menos de 10" H20	
Inspección Pre - operacional	X	8	Junto con operador de turno : 15'	
Nivel de Aceite Cabezal Rotativo	X	8	Mitad del visor +- 1/4	
Nivel de Aceite Caja Red. Bombas	X	8	Ver que drene.	
Nivel de Aceite Compresor	X	8	Mitad del visor +- 1/4	
Nivel de Aceite Hidraulico	X	8	Encima de LOW(Gatos abajo/Torre arriba)	
Nivel de Aceite Motor	X	8	Antes de c/ arranque.	
Barras direccionadora de Gatos	G	12	Usar EP2 Verif. torceduras (03) barras.	
Cadena de rodado	L	12	Sacar tierra y piedras. Avisar a Oper.	
Engrase Automático perforadora	G	12	Usar grasa EP2 (40) Puntos c/80'	
Engrase de cojinetes de Torre	G	12	Usar EP2. Son (08) Puntos	
Engrase de Poleas	G	12	Usar EP2 (04) Ptos. Ver que rebalse	
Engrase de Tornillo del Camb. Barras	G	12	Usar EP2. (01) Punto.	
Estanque separador	D	12	Con estanque despresurizado	
Inspección COC/HOC & RADIATOR	X	12	Fugas/flujo de aire/Temperaturas I/O	
Inspección Compresor	X	12	Ruido rodam./UL/Temper./vibración	
Inspección Motor	X	12	Humo/ruidos válv./turbo/altern/vibración	
Llaves (tazas) de Camb. Barras	L	12	Sacar tierra. Cint. seguridad / espátula	
Manguitos de Bba. Principal & Doble	L	12	Retirar tierra con brocha.	
Pines de Gatos	X	12	Verificar los seguros de los 03 gatos	
Zapatas de rodado	I	12	(104) Zapatas.Verif. dobladura ó rotura.	
Baterias	X/L	50	Nivel de electrolito y bornes	
Buje Centralizador	X	50	Que no salga de su asiento. Desgaste	
Estanque de combustible	D	50	Con 1/4 tanque	
Indicadores de Levas de Filtros Hidr.	I	50	Del taque hidr. y del H.O.C.	
Inyector de grasa para Barras	I	50	Verif. correcto engrase (TRD LUBE).	
Mangueras Desgaste y Vibración	A	50	Agrupar/Colocar abrazaderas y jebes	
Nivel de grasa para Barras	X	50	Grasa TRD LUBE	

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

A	Ajuste / Calibración	I	Inspección	T	Torque	D	Drenar	O	Overhaul
C	Cambio	L	Limpieza	X	Chequeo	G	Grasa	R	Reemplazo

ACCION		HRS	RECOMENDACION	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30
Nivel de grasa SIST. ENG. AUTOM	X	50	Usar grasa EP2																					
Pernos y Tuerc. Sop. Tque. Compres.	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas Cabina	T	50	Techo/puertas/manijas/consola																					
Pernos y Tuercas COC/HOC	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas Chasis	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas de Bakelitas	I/T	50	Apagado. c/cinturón. Verif. alambre																					
Pernos y Tuercas del Camb. Barras	T	50	Cinturón de seg. Llaves adecuadas																					
Pernos y Tuercas RADIADOR	T	50	Apagado. Lentes/Llaves adecuadas																					
Piñón y Engranaje del Camb. Barras	L	50	Con escobilla (dientes limp. y secos)																					
Refrigerante	X	50	50/50 - H2O / Refrig. CAT (P/N 101-2644)																					
Rodillos de Carrilería	X	50	(22)Track roller & (04)Carrier Roller																					
Sellos de barras (jebes)	L	50	Apagado. Lentes. Espátula/Escobilla																					
Aceite de motor	C	250	SAE 15W40 ó CAT 15W40 (P/N 3E9712L)																					
Cables de avance	X	250	Centrar barras. Tensar si se require.																					
Cooler y radiador	L	250	Con aire ó emulsion T-O-T3																					
Correas en "V" (Altern. / A. Acondic.)	X/A	250	Tension y desgaste																					
Engrase de seguros(LOCK) de Torre	G	250	Usar EP2. Tirar Torre. (02) Puntos																					
Engrase eje estriado Motor - Caja Red	G	250	Usar EP2. (01) Punto.																					
Estanque de agua inyección	L	250	Drenar y/o limpieza interna																					
Filtro de aceite motor	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Filtro de combustible	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Filtro del By - pass aceite	X/L	250	Revisar																					
Filtro refrigerante	R	250	Filtro usado cortar y revisar																					
Iluminación	X/I	250	Encendido/Micas/Conexiones																					
Inyector de ETHER	X	250	Verif. correcta Inyección.																					
Limpieza de Cabina, colocar desodor	L	250	Lunas/piso/tablero/asiento/ordenar																					
Mangueras (aceite, comb., agua)	X/R	250	Fricción/Fugas/Acoples																					
Perforadora Apagada	L	250	Airear y lavar con T-O-T3																					
Tomar muestra aceite caja red. bbas.	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite compresor	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite hidráulico	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Tomar muestra aceite motor	X	250	Etiquetar y entregar a Logist.																					
Winche auxilar	X	250	Estado de cable/cojinetes/aceite																					

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

A	Ajuste / Calibración	I	Inspección	T	Torque	D	Drenar	O	Overhaul
C	Cambio	L	Limpieza	X	Chequeo	G	Grasa	R	Reemplazo

ACCION		HRS	RECOMENDACION	A B C	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30
Cadena de rodado	I	500	Tensar segun deflexión de 7/8"-1"																						
Filtro de malla de compresor (HP)	L/R	500	Lavar y reemplazar si esta dañado																						
Filtro del respiradero de aceite hid.	R	500	Filtro usado desechar																						
Filtros aceite compresor	R	500	Filtro usado cortar y revisar																						
Filtros aire cond. y calefactor	L/R	500	Inspec., sopletear y/o reemplaz																						
Sellos de barras(Jebes)	R	500	Luego. Inspec. buje centralizador																						
Sistema de parada automatica	I	500	Indicadores Murphy y sobrepresión																						
Aceite bomba de agua	C	1000	SAE 40W o CAT 15W40 (P/N 3E8712L)																						
Aceite cabezal de rotación	C	1000	SAE 80W90 o CAT 80W90 (P/N 8T9584L)																						
Aceite caja conductora de bombas	C	1000	SAE 80W90 o CAT 80W90 (P/N 8T9584L)																						
Aceite compresor	C	1000	MOBIL SINTETICO SHC626 (P/N MOSHC-626)																						
Aceite hidráulico	C	1000	ISO AW32 o MOBIL DTE 24 (P/N MODTE-24)																						
Aceite reductor porta-barras	C	1000	SAE 80W90 o CAT 80W90 (P/N 8T9584L)																						
Aceite Winche auxiliar	C	1000	SAE 140WT o																						
Filtros sistema hidráulico	R	1000	Principales, retornos y magnéticos																						
Motores y bombas hidráulicas	G	1000	Ejes estriados, usar GN																						
Aceite de mandos finales de rodado	C	2000	SAE 30, 50 o CAT SAE 30 (P/N 8T9573L)																						
Alternador	I/L	2000	Carbones, Voltaje y Amperaje																						
Captador magnético (Pick Up)	L/A	2000																							
Elemento separador	R	2000	Compresores HP																						
Fijación del spindle	A	2000	Seguir proced. Llaves especiales																						
Inyectores de combustible	A	2000																							
Pernos soporte motor diesel	T	2000	Identificar pernos. Llaves adecuadas																						
Pernos Turbo-alimentador	T/I	2000	Jgo. axial. álabes																						
Refrigerante motor diesel	C	2000	50/50 - H2O / Refrigerante																						
Respiradero del carter motor	L	2000																							
Sensores de parada automatica	I	2000	Verificar calibración																						
Válvulas de motor diesel	A	2000																							
Válvulas hidráulicas	I	2000	Cambio de sellos si corresponde																						
Acoplamiento motor / compresor	I	5000	Verificar estado de goma																						
Correas en "V"	R	5000	Reemplazar																						
Motores de los ventiladores	I/O	5000	Reparar de acuerdo a inspeccion																						
Bomba de agua motor diesel	R	6000																							

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND

ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

A	Ajuste / Calibracion	I	Inspección	T	Torque	D	Drenar
C	Cambio	L	Limpieza	X	Chequeo	G	Grasa

O Overhaul

R Reemplazo

ACCION		HRS	RECOMENDACION
Bomba de combustible	R	6000	
Inyectores de combustible	R	6000	
Turbo alimentador	R	6000	
Bomba doble	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Bombas principales	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Compresor de aire acondicionado	X/I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Enfriadores de aceite y refrigerante	I	7500	Reparar si corresponde
Motor de bomba de agua	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Motor de ventilador colec. de polvo	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Motores de propulsión	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Motores de rotación	I	7500	Verif. condición de funcionamiento
Rodillos inferiores y superiores	I/O	7500	Reparar si corresponde
Zapatas de rodado	I/T	7500	Reaprete e inspección
Air End	O	10000	Camb. rodam., sellos, bba. de aceite
Cabezal de rotación	O	10000	Cambio de rodamientos y sellos
Cables de avance	R	10000	Chequear desgaste de poleas
Caja Reductora p/ bombas	O	10000	Cambio de sellos y rodamientos
Cilindros de avance	I/O	10000	Cambio de sellos y packing
Cilindros gatos nivelacion	I/O	10000	Cambio de sellos y packing
Cilindros levante de torre	I/O	10000	Cambio de sellos y packing
Cilindros movimientos auxiliares	I/O	10000	Cambio de sellos y packing
Estructuras, chasis y torre	I/O	10000	Usar procedimientos recomendados
Winche auxiliar	O	10000	Cambio de sellos y rodamientos
Motor diesel perforadora	O	12000	Indicación Fabricante

A B C A B C

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
REPORTE DE INSPECCION DIARIA

		TURNO	MECANICO	FIRMA
IR #	_____	A	_____	_____
FECHA	_____	B	_____	_____
LUGAR	_____	C	_____	_____

TURNO	OPER.	HORA	HOROMETRO	MOTOR				COMPRESOR			SISTEMA HIDRAULICO					OBSERVACIONES
		(HRS)	(HRS)	P Aceite (PSIG)	T. Refrig (°F)	Vel (RPM)	Cor (A)	P. Aire (PSIG)	P. Inter-Et (PSIG)	T. Desc (°F)	Nivel Perforadora (B-R-V)	P. Avance (PSIG)	P. Rot (PSIG)	Vel. Rot (RPM)	T. Hydr (°F)	

V° B° Ing. Manuel Pino

FERREYROS S.A.

MARC - BARRICK - PIERINA S/N 4250 DM-M2 / HP1250 / 350 / CAT 341

PERFORADORAS INGERSOLL-RAND
PROGRAMA DE INSPECCION DIARIA

HOROMETRO IR #
INICIAL _____ Hrs.
FINAL _____ Hrs.
OPERADOR _____

FECHA _____
TURNO _____
LUGAR _____
MECANICO _____

NIVEL DE FLUIDOS

1.- Revisar el **NIVEL DE REFRIGERANTE** con el **MOTOR PARADO** y tapa de radiador fria (Solamente en el turno de la mañana) Mantener el nivel de refrigerante 1 cm. bajo la tapa del radiador
FALTA REFRIGERANTE? _____ SI _____ NO

2.- Revisar el **NIVEL** de los siguientes **ACEITES**: (Marque en caso que falte aceite con un aspa)

		SI	NO	GALONES
MOTOR	Aceite 15W40			
CAJA REDUCTORA (Tapon rosca izq.)	Aceite 80W90			
COMPRESOR	Ac. Sintetico SHC 626			
TANQUE MARTILLO	No Utilizado			
TANQUE SISTEMA HIDRAULICO	Ac. ISO AW32			

3.- Consumo de **PETROLEO** Inicio ___/___ Tanque Relleno _____ Galones
Final ___/___ Tanque

4.- Consumo de **AGUA** Inicio ___/___ Tanque Relleno _____ Galones
Final ___/___ Tanque

INSPECCIONES

5.- Inspeccione **SISTEMA DE ENFRIAMIENTO** (Radiador)
EXISTEN FUGAS? _____ SI _____ NO
EXISTEN MANGUERAS EN MAL ESTADO? _____ SI _____ NO
Quite cualquier obstruccion del panal

6.- Revise los **INDICADORES DE RESTRICCION DE AIRE**
EL INDICADOR ESTA EN ROJO? _____ SI _____ NO

7.- Inspeccione **LUCES y MICAS. ESTAN DAÑADAS?** _____ SI _____ NO
INDIQUE CUALES _____

8.- Inspeccione el **SISTEMA HIDRAULICO** (Tanque mangueras, conectores etc.) **EXISTEN FUGAS?** _____ SI _____ NO
EN DONDE? _____

9.- Revise las **CUBIERTAS, GUARDAS DE PROTECCION, APOYOS, MANIJAS Y BARANDAS. ESTAN AJUSTADAS?** _____ SI _____ NO

10.- **LA CABINA DEL OPERADOR ESTA LIMPIA?** _____ SI _____ NO

11.- Inspeccione el **SISTEMA CONTRA INCENDIOS. FUNCIONA?** _____ SI _____ NO

PRUEBAS

12.- Prenda el motor y revise los **INDICADORES, MANOMETROS, LUCES, etc ESTAN OPERATIVOS?** _____ SI _____ NO

13.- Pruebe los **FRENOS DE PARQUEO. FUNCIONAN CORRECTAMENTE?** _____ SI _____ NO

14.- **El D.E.I. (Profundimetro) ESTA OPERATIVO?** _____ SI _____ NO

LUBRICACION

15.- Lubricar el **CABEZAL ROTATORIO** dejando un dia **(Grasa ALBANIA EP2)** _____ SI _____ NO

MANTENIMIENTO GENERAL

16.- Drenar el agua o sedimentos del **TANQUE DE COMBUSTIBLE Y DEL TANQUE DEL COMPRESOR** (Solamente en el Turno de la mañana)
SE ENCONTRO DEMASIADA AGUA? _____ SI _____ NO

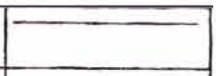
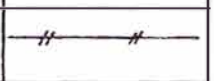
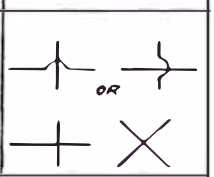
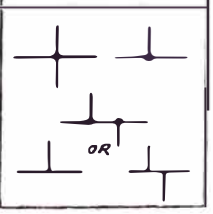
CUALQUIER COMENTARIO ESCRIBALO DETRAS DE ESTA HOJA

FERREYROS S.A.

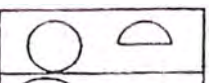
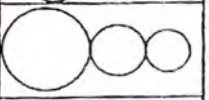
ANEXO D

SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA

Keep line widths approximately equal. Line width does not alter meaning of symbols.

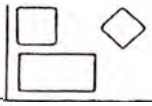
2.4.1 Solid Line (Main line conductor, outline and shaft)	
2.4.2 Dash Line (Pilot line for control).	
2.4.3. Dotted Line (Drain line).	
2.4.4 Center Line (Enclosure outline).	
2.4.5 Instrument Line (Indicator, Recorder or Sensor)	
2.4.6 Lines Crossing (The intersection is not necessarily at a 90° angle).	
2.4.7 Lines Joining	

2.5 Basic symbols may be shown any suitable size. Size may be varied for emphasis or clarity. Relative sizes should be maintained. (As in the following example)

2.5.1 Circle and Semi-Circle.	
2.5.1.1 Large and small circles may be used to signify that one component is the "main" and the other the auxiliary.	
2.5.2 Triangle	
2.5.3 Arrow	

2.5.4 Square

Rectangle



2.6 Letter combinations used as parts of graphic symbols are not necessarily abbreviations.

2.7 In multiple envelope symbols, the flow condition shown nearest a control symbol takes place when that control is caused or permitted to actuate.

2.8 Each symbol is drawn to show normal, at-rest, or neutral condition of component unless multiple diagrams are furnished showing various phases of circuit operation.

2.9 An arrow through a symbol at approximately 45° indicates that the component can be adjusted or varied.

2.10 An arrow parallel to the short side of a symbol, within the symbol, indicates that the component is pressure compensated

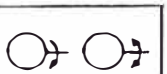
2.11 A line terminating in a dot to represent a thermometer is the symbol for temperature cause or effect.

See Temperature Controls 7.9, Temperature Indicators and Recorders 9.1.2 and Temperature Compensation 10.13.4.

2.12 External ports are located where flow lines connect to basic symbol, except where component enclosure symbol is used.

External ports are located at intersections of flow lines and component enclosure symbol when enclosure is used, see SECTION 11.

2.13 Rotating shafts are symbolized by an arrow which indicates direction of rotation (assume arrow on near side of shaft).



3. CONDUCTOR, FLUID

3.1 Line, Working (main)

3.2 Line, Pilot (for control)

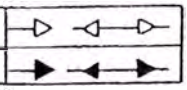
3.3 Line, Liquid Drain

3.4 Line, Instrument (for measuring, recording, or sensing).

3.5 Flow Direction of

3.5.1 Pneumatic

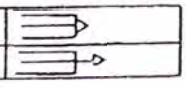
3.5.2 Hydraulic



3.6 Line, Pneumatic Outlet to Atmosphere.

3.6.1 Plain orifice, unconnectable.

3.6.2 Connectable orifice (threaded).

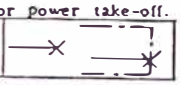


3.7 Line with Fixed Restriction

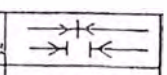
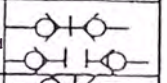
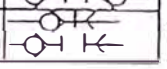
3.8 Line, Flexible

3.9 Station, Testing, measurement, or power take-off.

3.9.1 Plugged port.



3.10 Quick Disconnect

3.10.1 Without Checks	Connected Disconnected	
3.10.2 With Two Checks	Connected Disconnected	
3.10.3 With One Check	Connected Disconnected	

3.11 Rotating Coupling

4. ENERGY STORAGE AND FLUID STORAGE

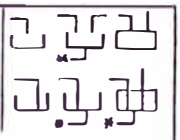
4.1 Reservoir — Vented

Pressurized

NOTE: Reservoirs are conventionally drawn in the horizontal plane. All lines enter and leave from above. Examples:

4.1.1 Reservoir with Connecting Lines Above Fluid Level

Below Fluid Level



*Show line entering or leaving below reservoir only when such bottom connection is essential to circuit function.

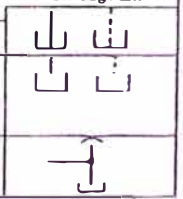
4.1.2 Simplified Symbol

The symbols are used as part of a complete circuit. They are analogous to the ground symbol of electrical diagrams. Several such symbols ⏚ may be used in one diagram to represent the same reservoir.

4.1.2.1 Below Fluid Level

4.1.2.2 Above Fluid Level
(The return line is drawn to terminate at the upright legs of the tank symbol).

4.1.2.3 Vented Manifold



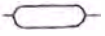
4.2 Accumulator

4.2.1 Accumulator, Spring Loaded

4.2.2 Accumulator, Gas Charged

4.2.3 Accumulator, Weighted

4.3 Receiver, for Air or other Gases.

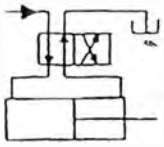


4.4 Engery Source
(Pump, Compressor, Accumulator, etc.).
This symbol may be used to represent a fluid power source which may be a pump, compressor, or another associated system.

Hydraulic

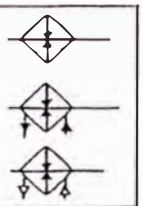
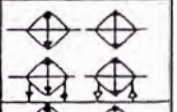
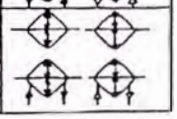
Pneumatic

Example: Simplified Symbol



5. FLUID CONDITIONERS
Devices which control the physical characteristics of the fluid.

5.1 Heat Exchanger

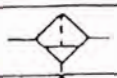
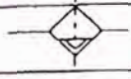
5.1.1 Heater Inside triangles indicate the introduction of heat. Outside triangles show the heating media is liquid. Outside triangles show the heating media is gaseous.	
5.1.2 Cooler Inside triangles indicate heat dissipation.	
5.1.3 Temperature Controller (The temperature is to be maintained between two predetermined limits).	

5.2 Filter - Strainer

5.3 Separator

5.3.1 With Manual Drain	
5.3.2 With Automatic Drain	

5.4 Filter - Separator

5.4.1 With Manual Drain	
5.4.2 With Automatic Drain	

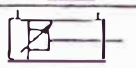
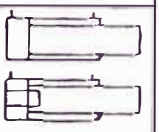
5.5 Desiccator (Chemical Dryer)

5.6 Lubricator

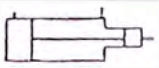
5.6.1 Less Drain	
5.6.2 With Manual Drain	
5.6.3 With Automatic Drain	

6. LINEAR DEVICES

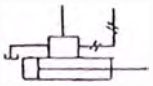
6.1 Cylinders. Hydraulic & Pneumatic

6.1.1 Single Acting.	
6.1.2 Double Acting 6.1.2.1 Single End Rod	
6.1.2.2 Double End Rod	
6.1.2.3. Fixed Cushion Advance & Retract	
6.1.2.4 Adjustable Cushion, Advance Only	
6.1.2.5 Use these symbols when diameter of rod compared to diameter of bore is significant to circuit function.	

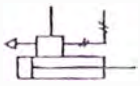
6.2 Pressure Intensifier



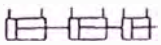
6.3 Servo Positioner (Simplified)
Hydraulic



Pneumatic



6.4 Discrete Positioner
Combine two or more basic cylinder symbols.



7. CONTROLS

7.1 Spring

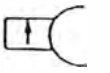
7.2 Manual
(Use as general symbol without indication of specific type: i.e., foot, hand, leg, arm).

7.2.1 Push Button	
7.2.2 Push-Pull Lever	
7.2.3 Pedal or Treadle	

7.3 Mechanical

7.4 Detent
(Show a notch for each detent in the actual component being symbolized. A short line indicates which detent is in use).

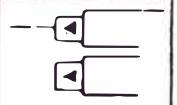
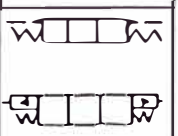
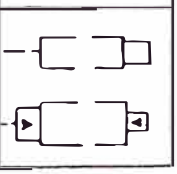
7.5 Pressure compensated



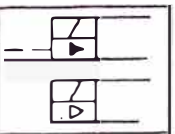
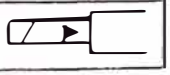
7.6. Electrical

7.6.1 Solenoid (Single Winding).	
7.6.2 Reversing Motor (or torque motor)	

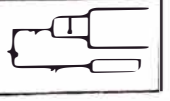
7.7 Pilot Pressure

7.7.1 Remote Supply (simplified symbol)	
7.7.2 Internal Supply	
7.7.3 Control from Released Pressure Remote Exhaust Internal Return	
7.7.4 Pilot Controlled, Spring Centered Simplified Symbol Complete Symbol	
7.7.5 Pilot Differential Simplified Symbol Complete Symbol	

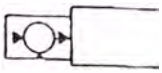
7.8 Solenoid Pilot

7.8.1 Solenoid or Pilot External Pilot Supply Internal Pilot Supply & Exhaust	
7.8.2 Solenoid and Pilot	

7.9 Thermal
A mechanical device responding to thermal change.

7.9.1 Local Sensing	
7.9.2 With Bulb for Remote Sensing	

7.10 Servo

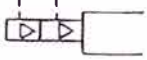


(This symbol contains representation for energy input, command input, and resultant output).

7.11 Composite Control Operators (and, or, and/or).

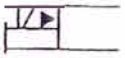
Basic One signal only causes the device to operate.

And One signal and a second signal both cause the device to operate.



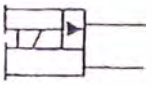
Or One signal or the other signal causes the device to operate.

And/Or The solenoid and the pilot or the manual override alone causes the device to operate.



The solenoid and the pilot or the manual override and the pilot

The solenoid and the pilot
or
a manual override and the pilot
or
a manual override alone.

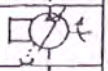
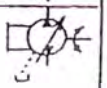


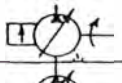
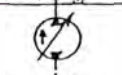
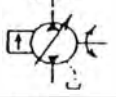
8. ROTARY DEVICES

8.1 Basic Symbol

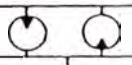
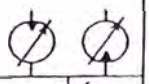
8.1.1. With Ports	
8.1.2 With Rotating Shaft, with control and with Drain.	

8.2 Hydraulic Pump

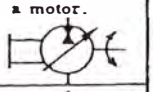
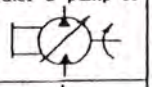
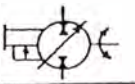
8.2.1 Fixed Displacement.		
8.2.1.1 Unidirectional		
8.2.1.2 Bidirectional		
8.2.2 Variable Displacement, Non-Compensated		
8.2.2.1 Unidirectional	Simplified	
	Complete	
8.2.2.2 Bidirectional	Simplified	
	Complete	

8.2.3 Variable Displacement, Pressure Compensated		
8.2.3.1 Unidirectional	Simplified	
	Complete	
8.2.3.2 Bidirectional	Simplified	
	Complete	

8.3 Hydraulic Motor

8.3.1 Fixed Displacement	
8.3.1.2 Bidirectional	
8.3.2 Variable Displacement	
8.3.2.1 Unidirectional	
8.3.2.2 Bidirectional	

8.4 Pump-Motor, Hydraulic

8.4.1 Operating in one direction as a pump. Operating in the other direction as a motor.	
8.4.1.1 Composite Symbol	
8.4.1.2 Simplified Symbol	
8.4.2 Operating one direction of flow as either a pump or as a motor.	
8.4.2.1 Composite Symbol	
8.4.2.2 Simplified Symbol	
8.4.3 Operating in both directions of flow either as a pump or as a motor. (Variable Displacement, pressure compensated shown).	
8.4.3.1 Composite Symbol	
8.4.3.2 Simplified Symbol	

8.5 Pump, Pneumatic

8.5.1 Compressor, Fixed Displacement	
8.5.2 Vacuum Pump, Fixed Displacement	

8.6 Motor, Pneumatic

8.6.1 Unidirectional	
8.6.2 Bidirectional	

8.7 Oscillator

8.7.1 Hydraulic	
8.7.2 Pneumatic	

8.8 Motors, Engines

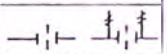
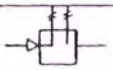
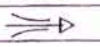
8.8.1 Electric Motor	
8.8.2 Heat Engine (Internal Combustion) Engine)	

9. INSTRUMENTS & ACCESSORIES

9.1 Indicating and Recording

9.1.1 Pressure	
9.1.2 Temperature	
9.1.3 Flow Meter	
9.1.3.1 Flow Rate	
9.1.3.2 Totalizing	

9.2 Sensing

9.2.1 Venturi	
9.2.2 Orifice Plate	
9.2.3 Pitot Tube	
9.2.4 Nozzle Hydraulic	
Pneumatic	

9.3 Accessories

9.3.1 Pressure Switch	
9.3.2 Float Switch	
9.3.3 Muffler	

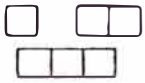
10. VALVES

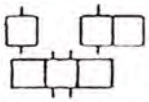
A basic valve symbol is composed of one or more envelopes with lines inside the envelope to represent flow paths and flow conditions between ports. Three symbol systems are used to represent valve types: single envelope, multiple envelope, finite position; and multiple envelope, infinite position.

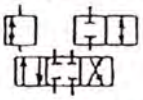
10.1 In single envelope valves, the envelope is imagined to move to illustrate how pressure or flow conditions are controlled as the valve is actuated.

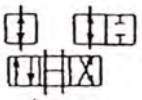
10.2 Multiple envelopes symbolize valves providing more than one finite flow path option for the fluid. The multiple envelope moves to represent how flow paths change when the valving element within the component is shifted to its finite positions.

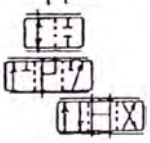
10.3 Valves capable of infinite positioning between certain limits are symbolized as in 10.1 and 10.2 above with the addition of horizontal bars which are drawn parallel to the envelope. The horizontal bars are the clues to the infinite positioning function possessed by the valve represented.

10.4 Envelopes 

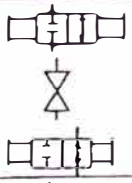
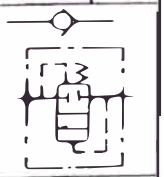
10.5 Ports 

10.6 Ports, Internally Blocked (Symbol System 10.1 & 10.2). 

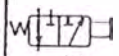
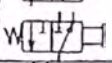
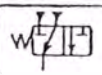
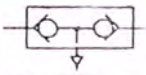
10.7 Flow Paths, Internally Open (Symbol System 10.1 & 10.2). 

10.8 Flow Paths, Internally Open (Symbol System 10.3). 

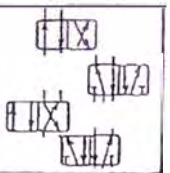
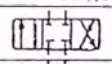
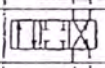
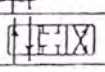
10.9 Two-Way Valves (2 Ported Valves)

10.9.1 On-Off (Manual Shut-off)	Off Simplified On	
10.9.2 Check Flow to the right is blocked Flow to the left is permitted.	Simplified Composite	
10.9.3 Check, Pilot-Operated to Open		
10.9.4 Check, Pilot-Operated to Close		
10.9.5 Two-Way Valves		
10.9.5.1 Normally Closed	Infinite Position	
	2 Position	
10.9.5.2 Normally Open	Infinite Position	
	2 Position	

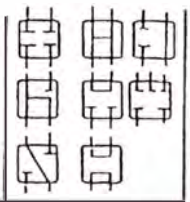
10.10 Three-Way Valves

10.10.1.1 Two Position		
10.1.1 Normally Open	Normal	
	Actuated	
10.10.1.2 Normally Closed		
10.10.1.3 Distributor (Pressure is distributed first to one port, then the other).		
10.10.1.4 Two Pressure		
10.10.2 Double Check Valve Double check valves can be built with and without "cross bleed." Such valves with two poppets do not usually allow pressure to momentarily "cross bleed" to return during transition. Valves with one poppet may allow "cross bleed" as these symbols illustrate.		
10.10.2.1 Without Cross Bleed (One Way Flow)		
10.10.2.2 With Cross Bleed (Reverse Flow Permitted)		

10.11 Four-Way Valves

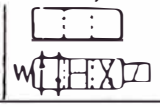
10.11.1 Two Position Normal		
Actuated		
10.11.2 Three Position (a) Normal		
(b) Actuated Left		
(c) Actuated Right		

10.11.3 Typical Flow Paths for Center Condition of Three-Position Valves



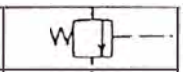
10.11.4 Two-Position, Snap Action with Transition.
As the valve element shifts from one position to theother; it passes through an intermediate position. If it is essential to circuit function to symbolize this "in transit" condition, it can be shown in the center position, enclosed by dashed lines.

Typical Transition Symbol

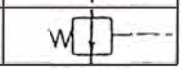


10.12 Infinite Positioning (Between Open & Closed)

10.12.1 Normally Closed



10.12.2 Normally Open



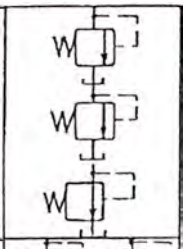
10.13 Pressure Control Valves

10.13.1 Pressure Relief Simplified Symbol

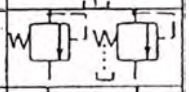
Denotes

Normal

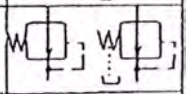
Actuated (Relieving)



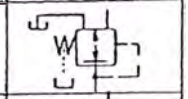
10.13.2 Sequence



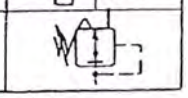
10.13.3 Pressure Reducing



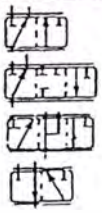
10.13.4 Pressure Reducing and Relieving



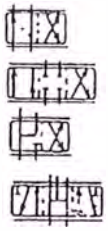
10.13.5 Airline Pressure Regulator (Adjustable, Relieving)



10.14. Infinite Positioning Three-Way Valves

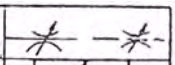


10.15 Infinite Positioning Four-Way



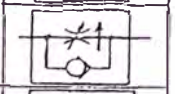
10.16 Flow Control Valves (See 3.7)

10.16.1 Adjustable, Non-Compensated (Flow control in each direction)

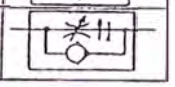


10.16.2 Adjustable with Bypass. Flow is controlled to the right Flow to the left bypasses control

10.16.3 Adjustable and Pressure Compensated With Bypass



10.16.4 Adjustable, Temperature & Pressure Compensated with bypass.



11. REPRESENTATIVE COMPOSITE SYMBOLS

11.1 Component Enclosure

Component enclosure may surround a complete symbol or a group of symbols to represent an assembly. It is used to convey more information about component connections and functions. Enclosure indicates extremity of component or assembly. External ports are assumed to be on enclosure line and indicate connections to component.

Flow lines shall cross enclosure line without loops or dots.

SEEV0529
9/86

Reprinted 11/86 Dupl 5000

Reprinted with permission of Oil Gear Company

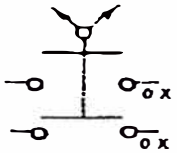
ANEXO E

SÍMBOLOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

INGERSOLL-RAND
CONSTRUCTION & MINING

CUSTOMER SUPPORT TEAM
PERFORADORAS DM-M2 & DML

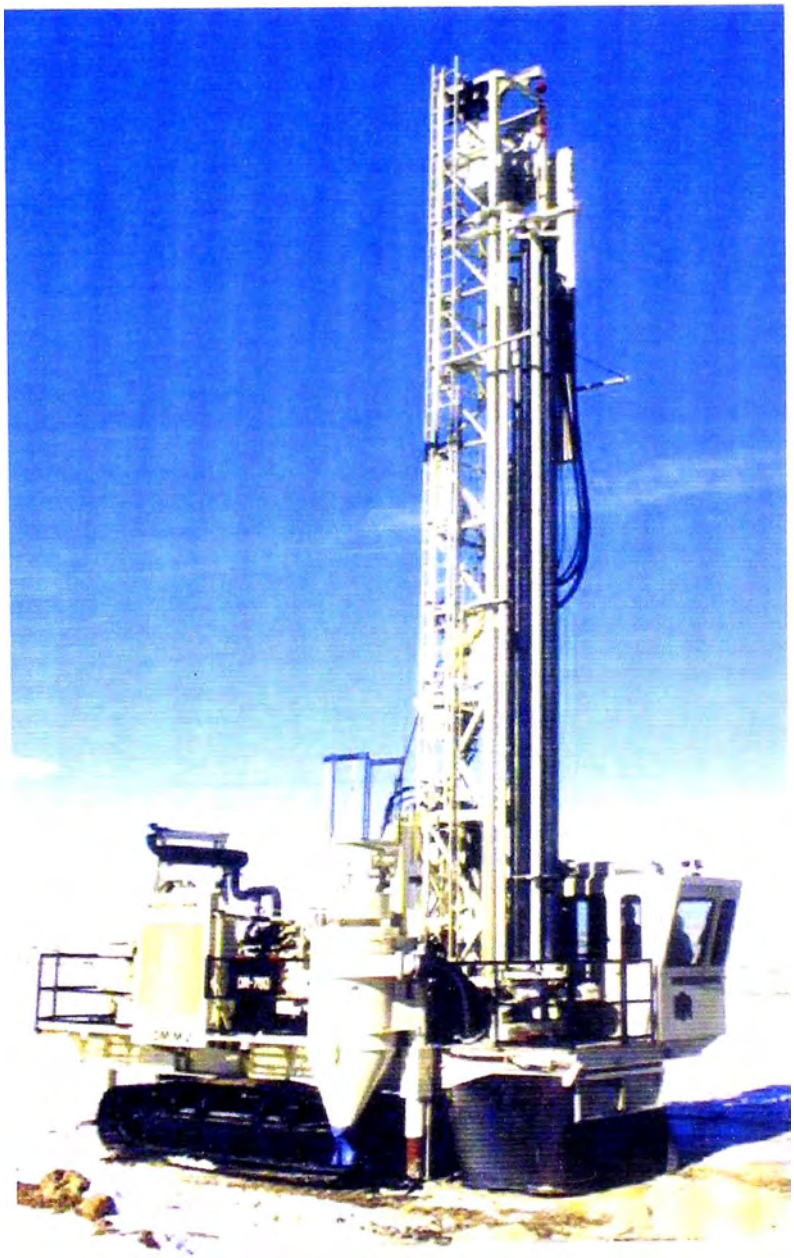
SIMBOLOS ELECTRICOS BASICOS

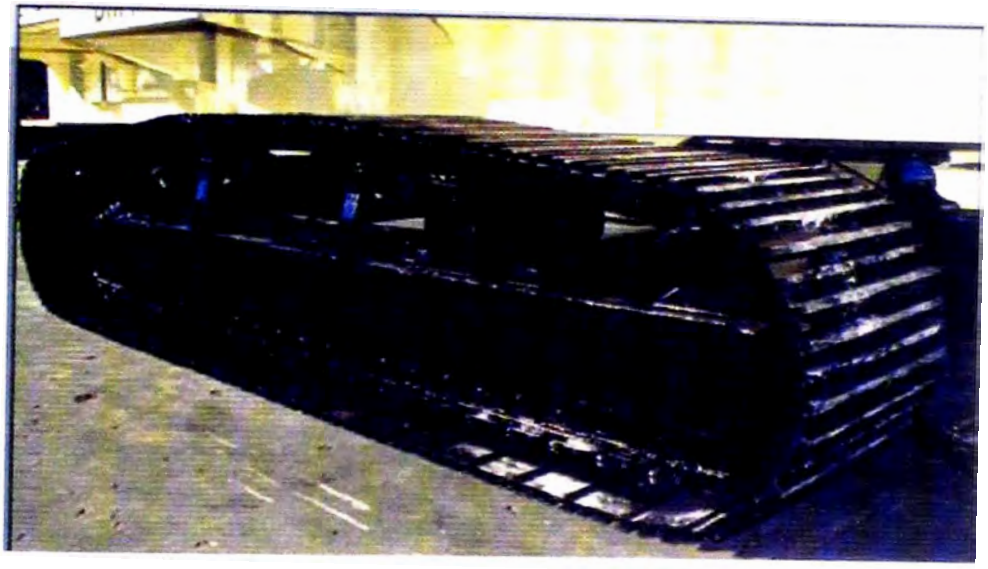
	Selector tipo interruptor. "O" representa contactos abiertos, mientras "X" representa contactos cerrados, el interruptor se mantiene en posición.
	Disyuntor
	Fusible de linea. Cable de color azul de 9" de longitud localizado entre el motor de partida y el cable de color rojo. También hay otro para el alternador. Ambos estan conectados al cable de de color rojo
	Baterias. 12 volt, usualmente del tipo 8D. Dos en serie para hacer 24 volt.
	Amperímetro, Conectado para las baterias y esta todo el tiempo energizado.
	Conección a tierra de la máquina .
	Interruptor activado por presión, contactos normalmente cerrados.
	Interruptor pulsador de botón, normalmente abierto al presionarlo cierra.
	Interruptor desviador, normalmente cerrado, al presionarlo abre
	Botón de parada de emergencia. al presionarlo desenergiza el solenoide de la válvula combustible cerrando el paso de combustible al motor.

	Relé
	Contactos de un relé normalmente abierto. Ellos cerrarán cuando la bobina del relé es energizada.
	Contactos de un relé normalmente cerrados. Ellos abrirán cuando la bobina del relé es energizada.
	Interruptor actuado mecánicamente, tal como un interruptor de limite, normalmente abierto.
	Interruptor actuado por temperatura, normalmente abierto.
	Interruptor actuado por nivel de fluido, tal como uno del tipo flotador.
	Motor (carga)
	Luz. Puede contener indicación escrita o un bulbo de color.
	Interruptor, polaridad única, una vía, tal como un interruptor de volquete.
	Resistencia, mostrada como una de salida variable
	Diodo. Permite que la corriente circule en una sola dirección, en la dirección de la flecha.

ANEXO F

VISTAS DE LA MÁQUINA





Carrilería

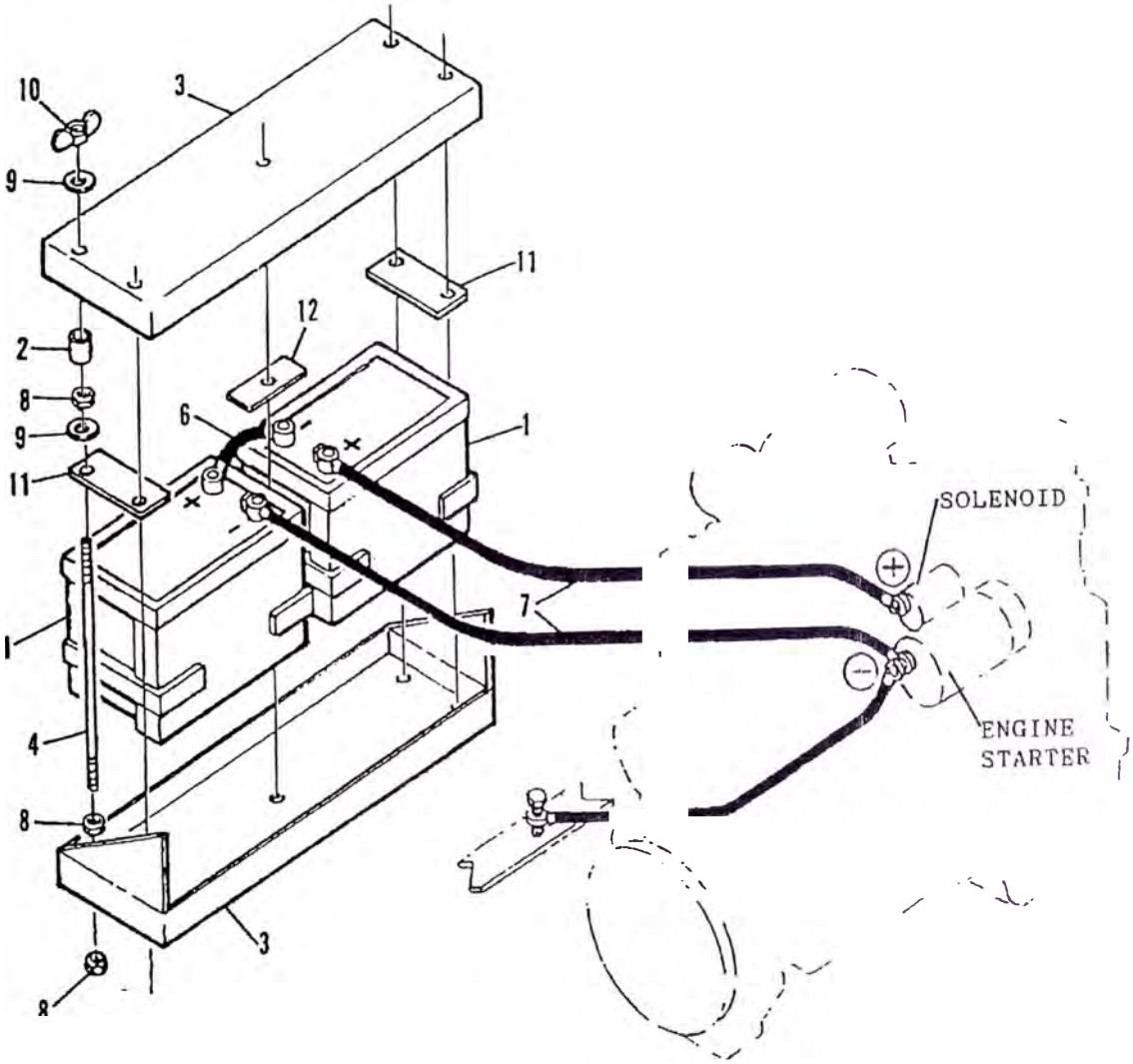
Cabezal Rotativo

Torre

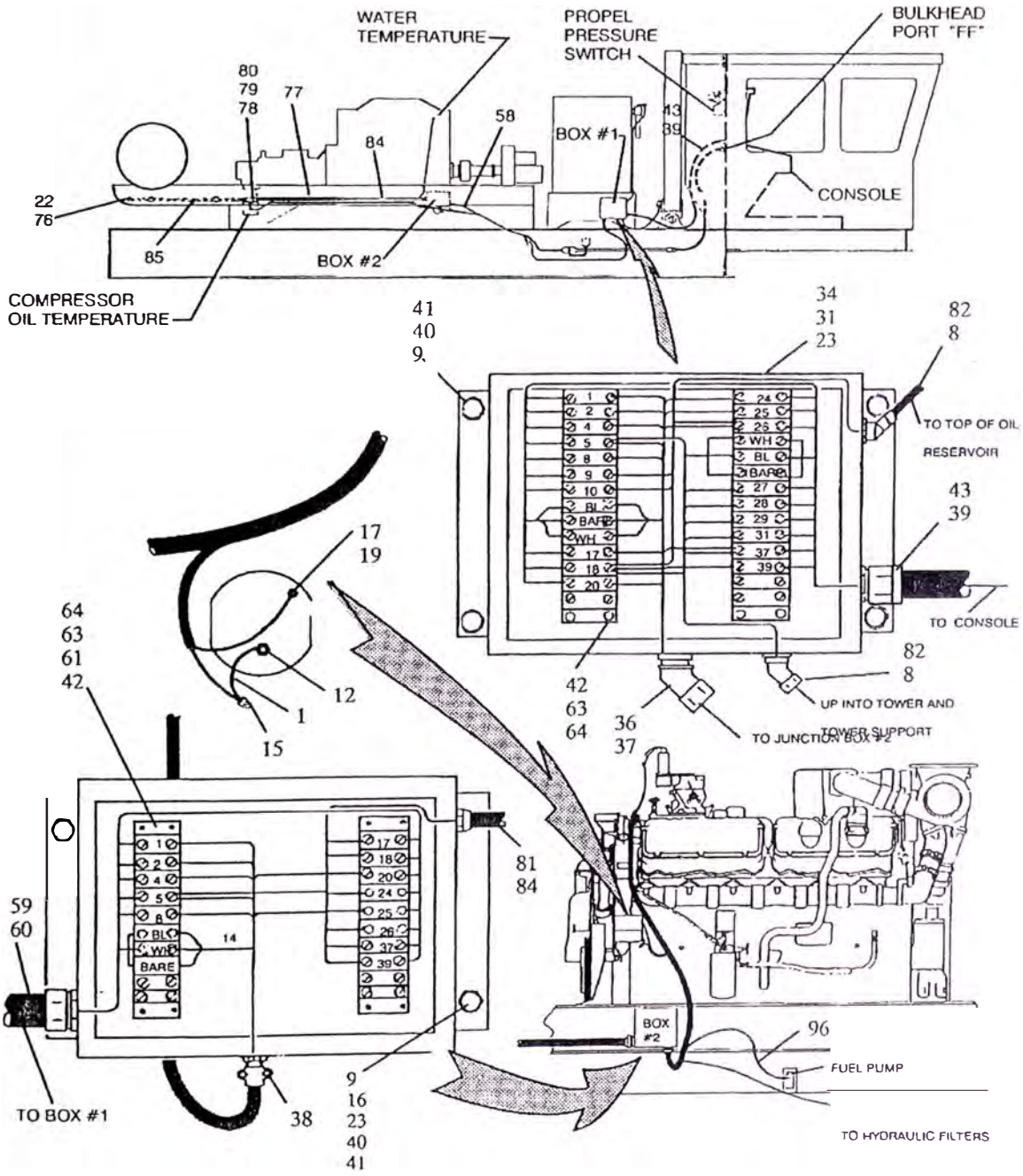
Filtros de Compresor y Motor

Vista de Compresor y Motor

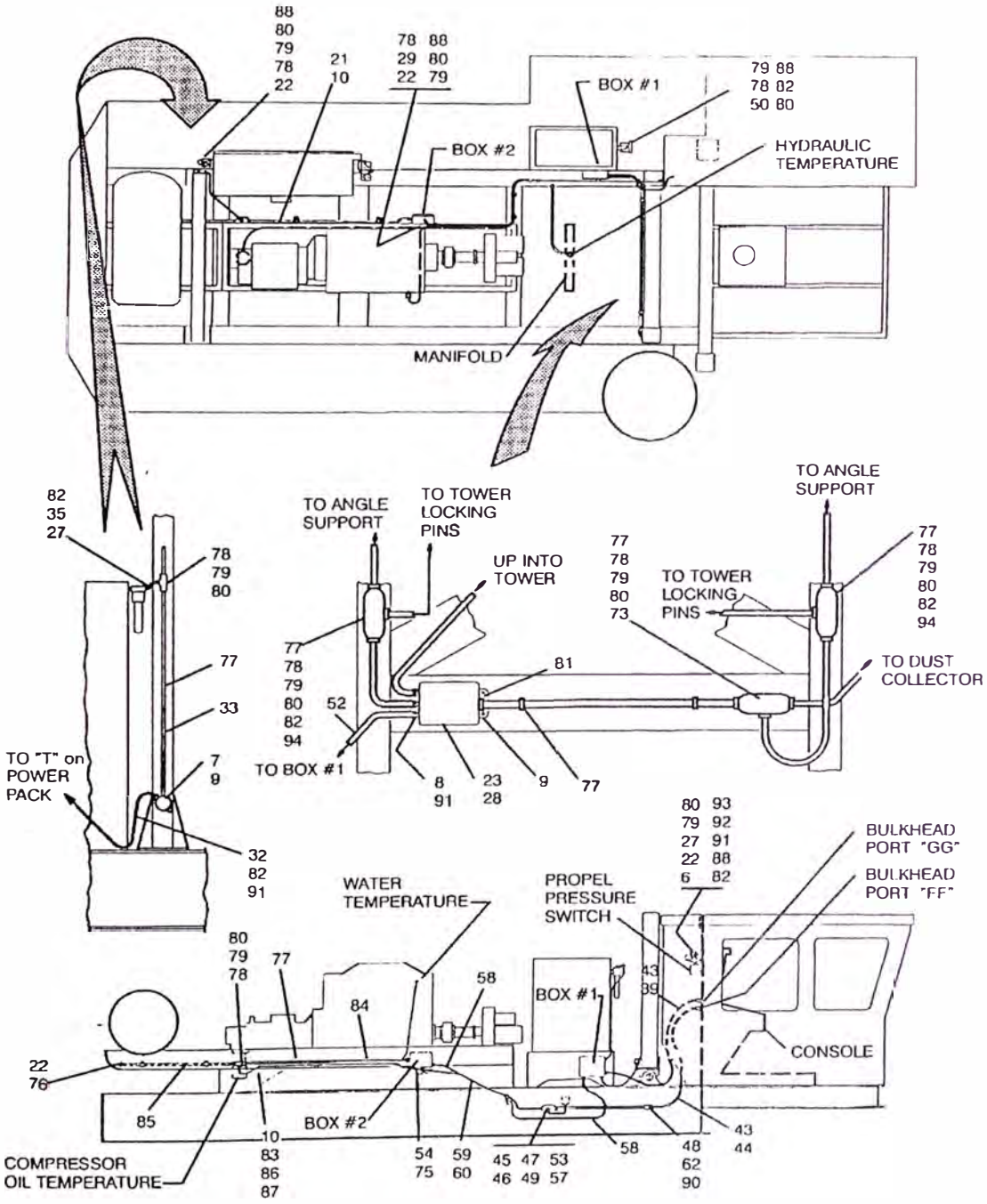
Tablero de Control



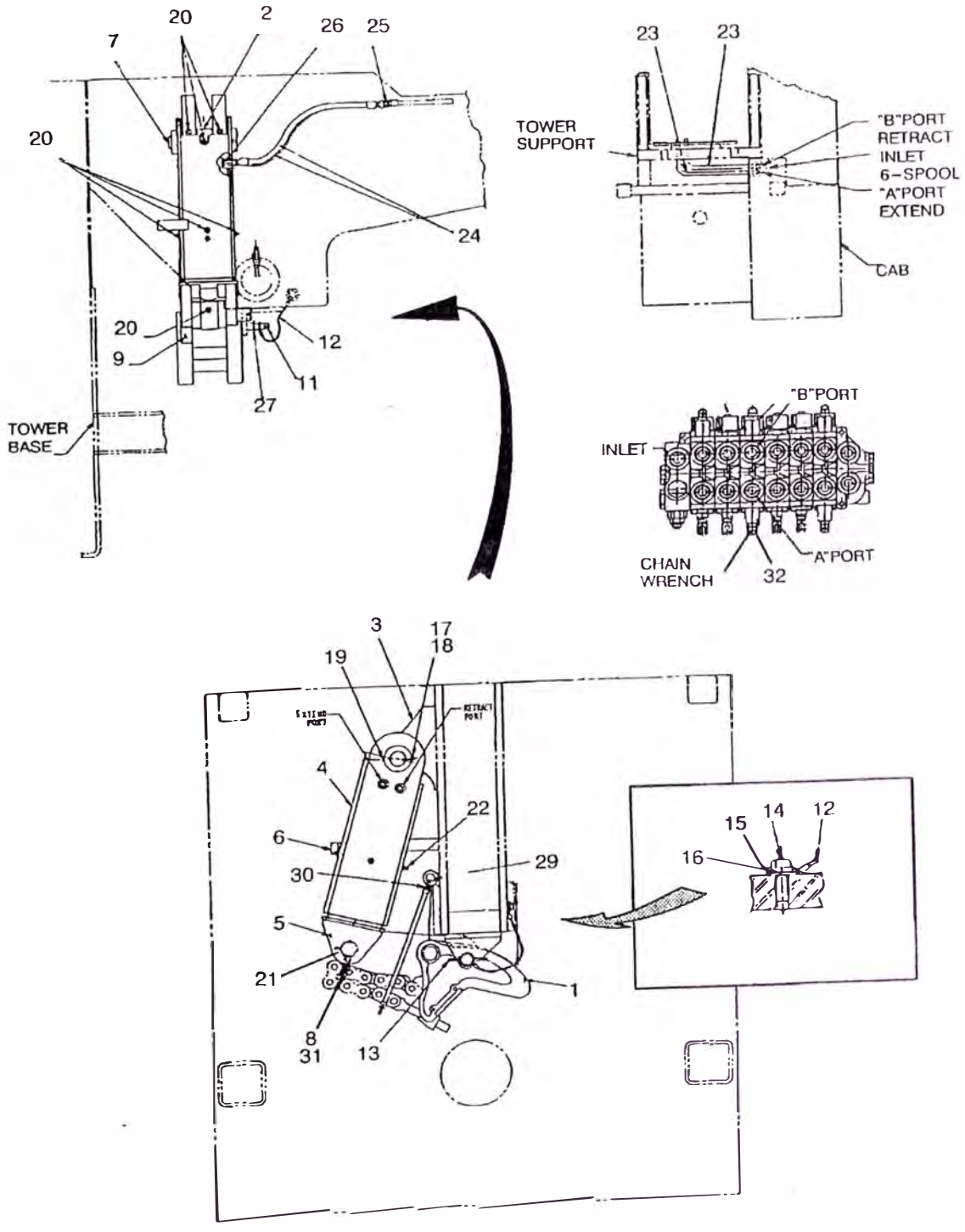
Baterias de Motor


WATER TEMPERATURE
PROPEL PRESSURE SWITCH
BULKHEAD PORT "FF"
80
79
78
77
84
58
BOX #1
13
39
CONSOLE
22
76
85
BOX #2
COMPRESSOR OIL TEMPERATURE
41
40
9
34
31
23
82
8
TO TOP OF OIL RESERVOIR
43
39
TO CONSOLE
17
19
64
63
61
42
12
1
15
42
63
64
36
37
TO JUNCTION BOX #2
UP INTO TOWER AND TOWER SUPPORT
82
8
81
84
59
60
14
BARE
TO BOX #1
38
9
16
23
40
41
BOX #2
96
FUEL PUMP
TO HYDRAULIC FILTERS

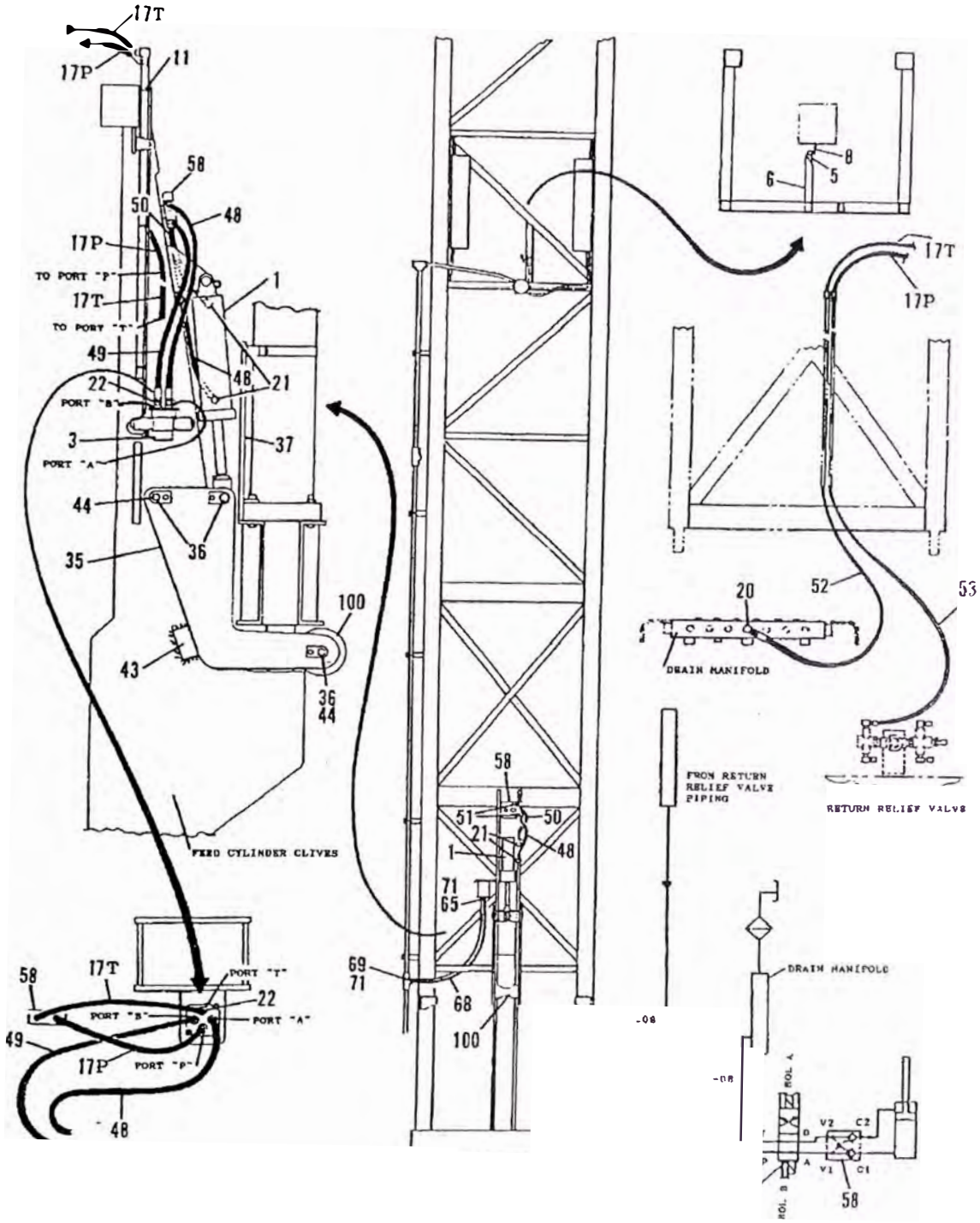
Fusibles



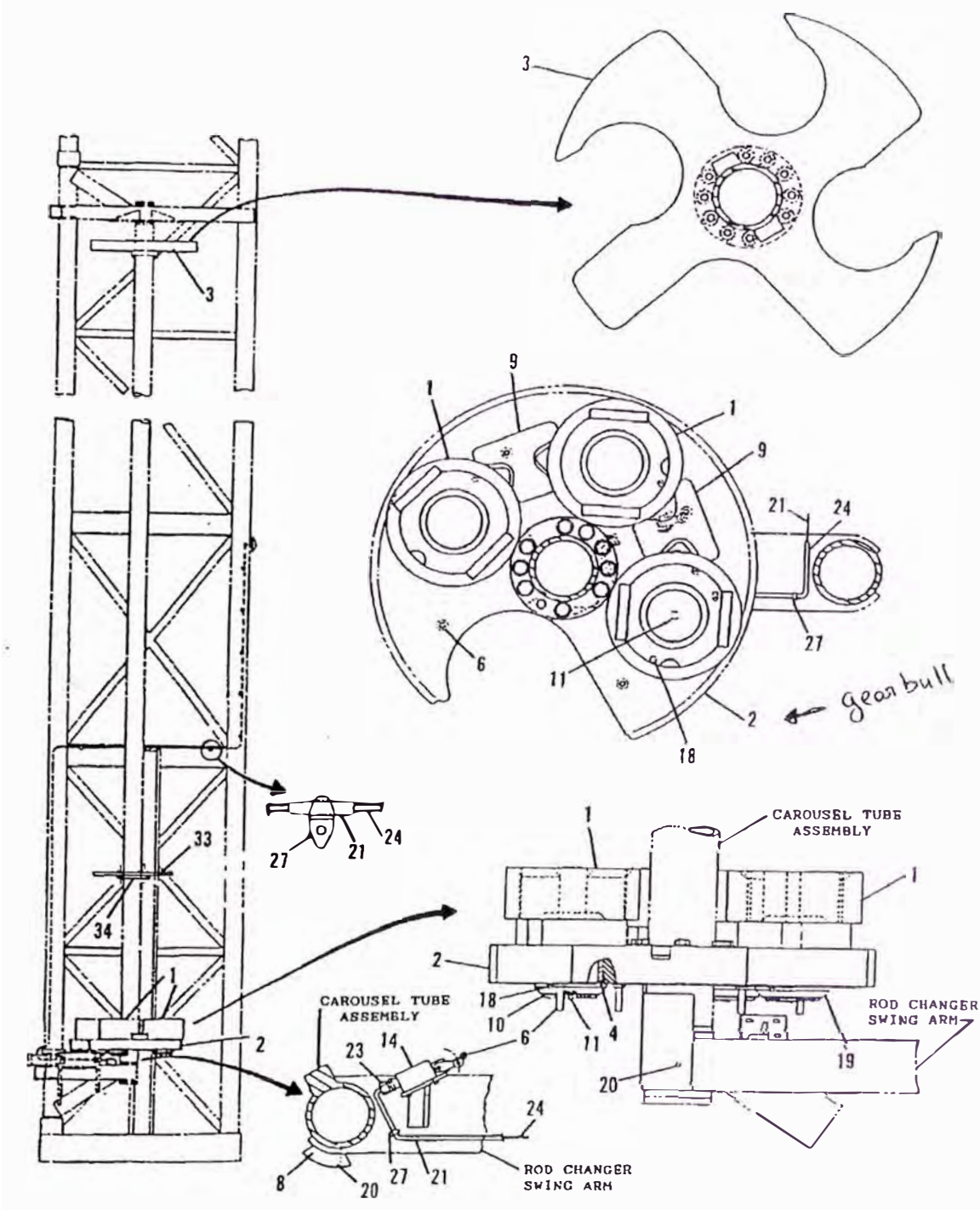
Lineas Eléctricas



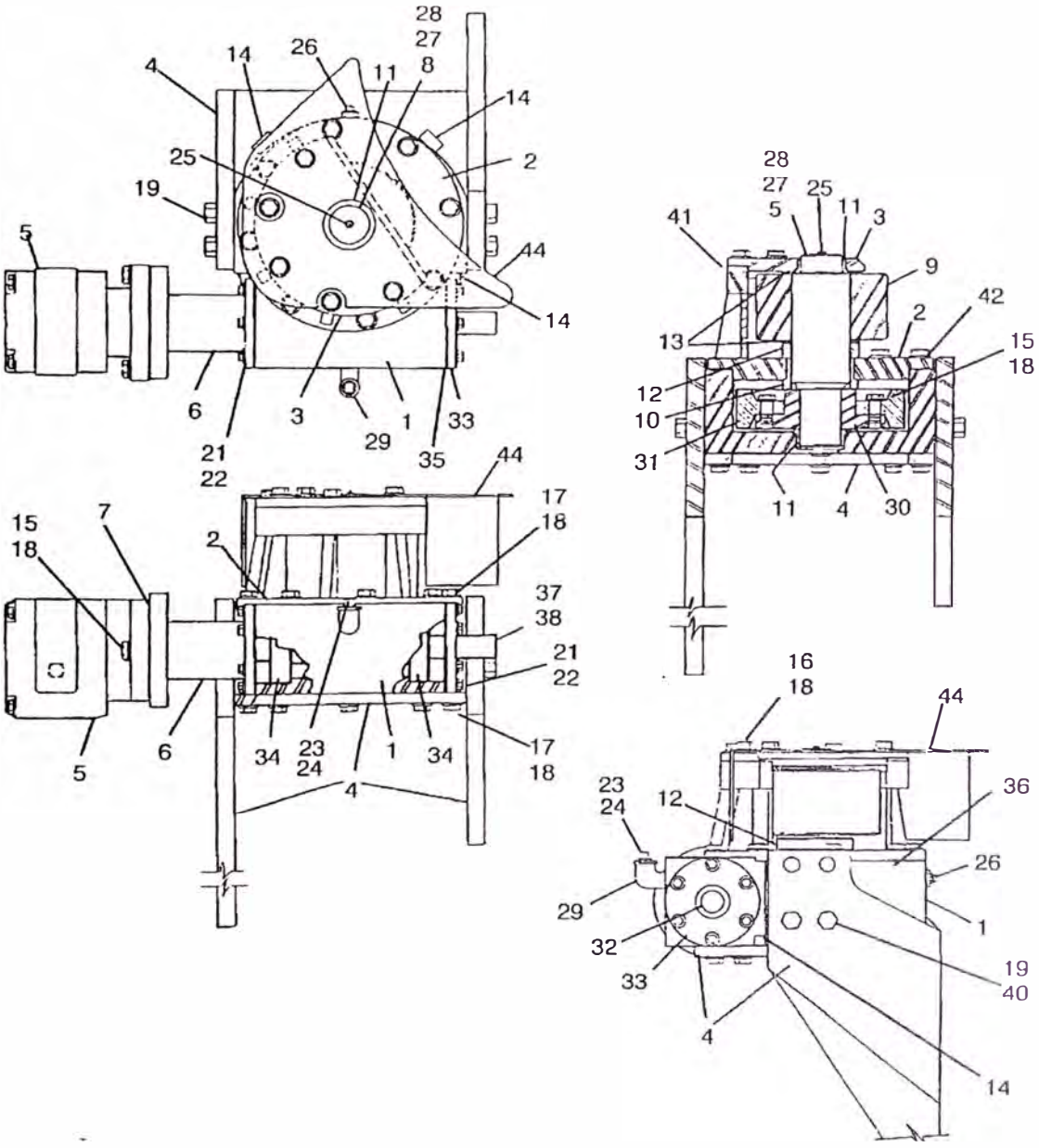
Llave de cadena para desacoplar barras



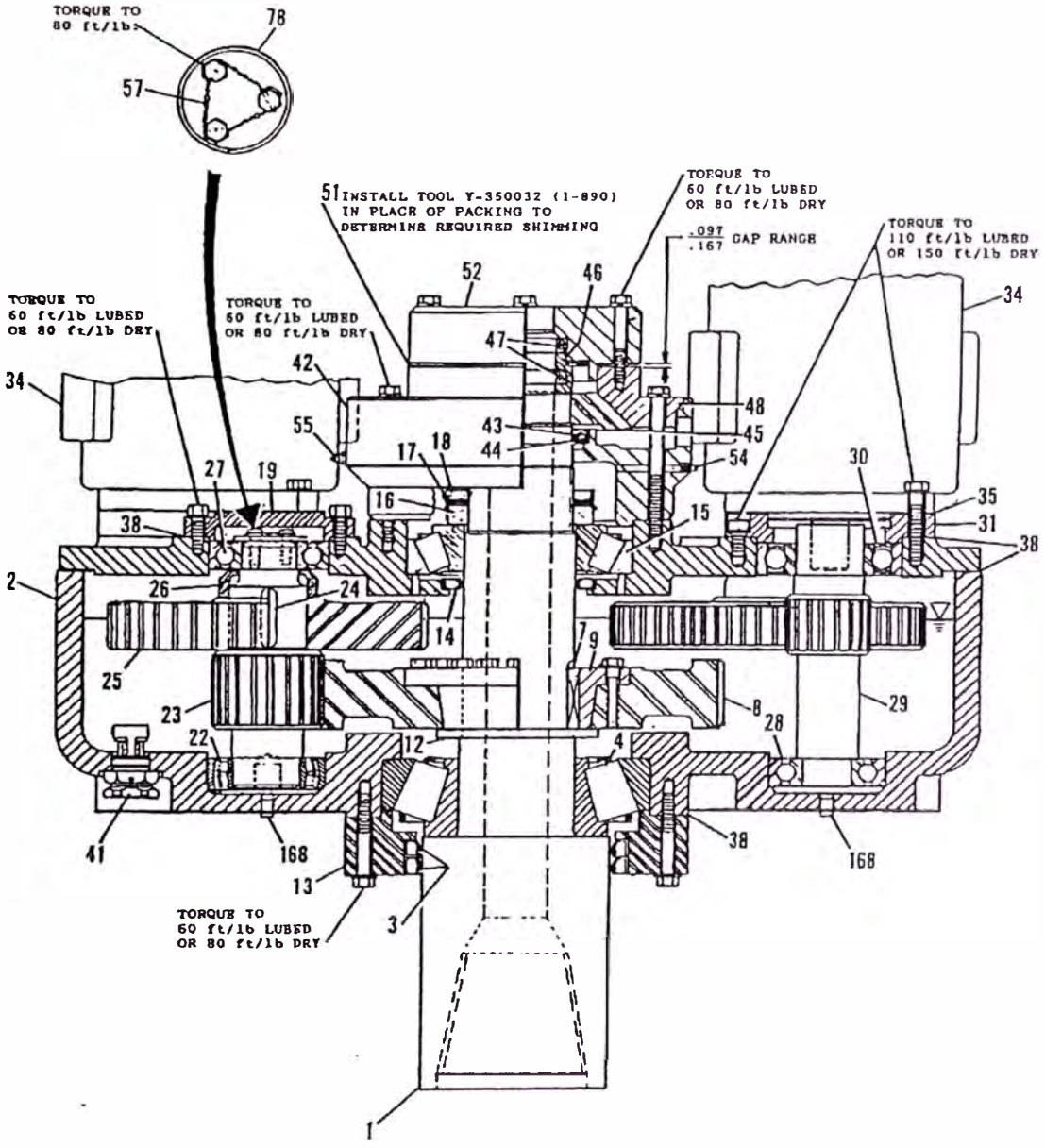
Centrador de Barras



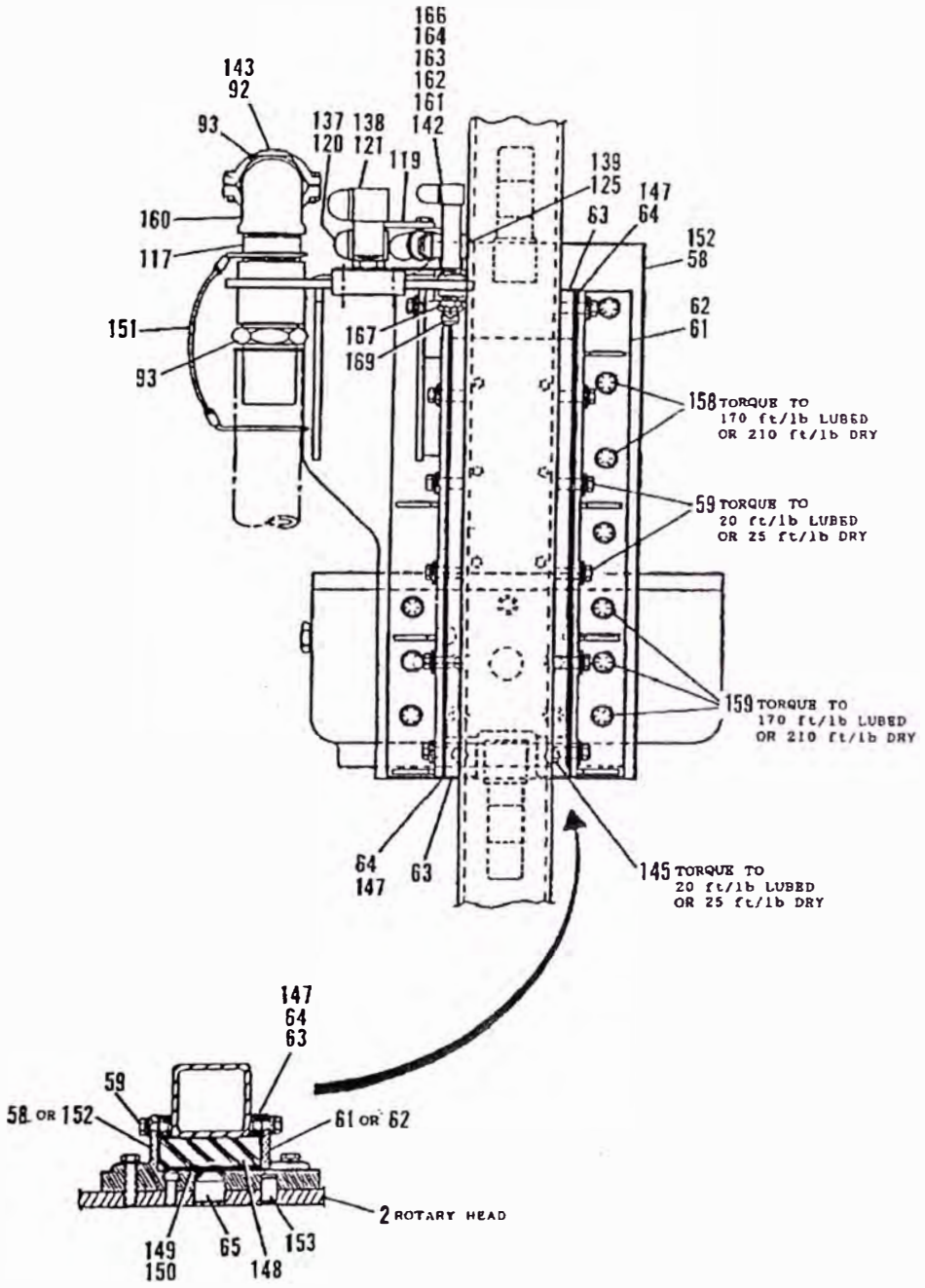
Cambiador de Barras



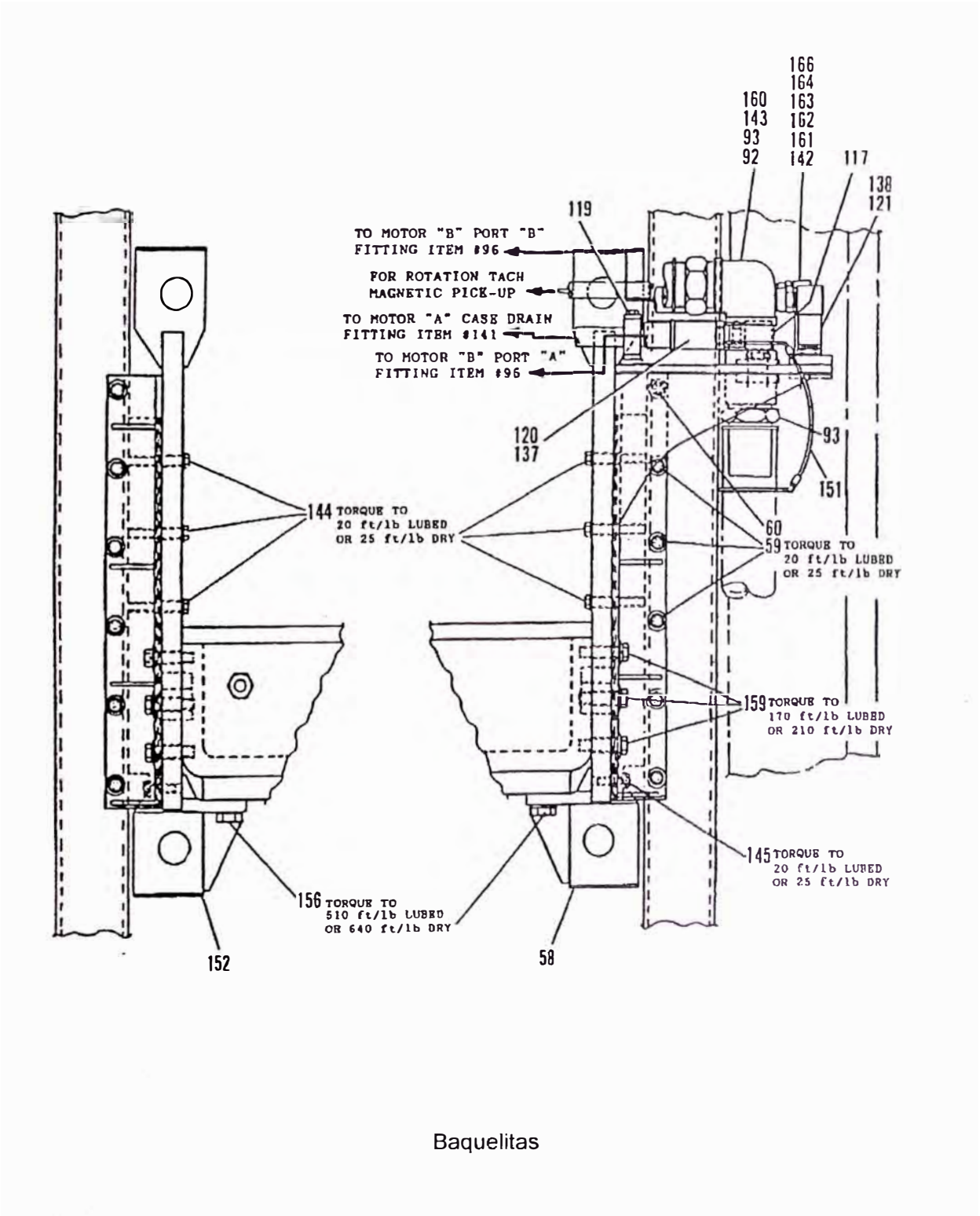
Motor de Rotación de Tornamesa



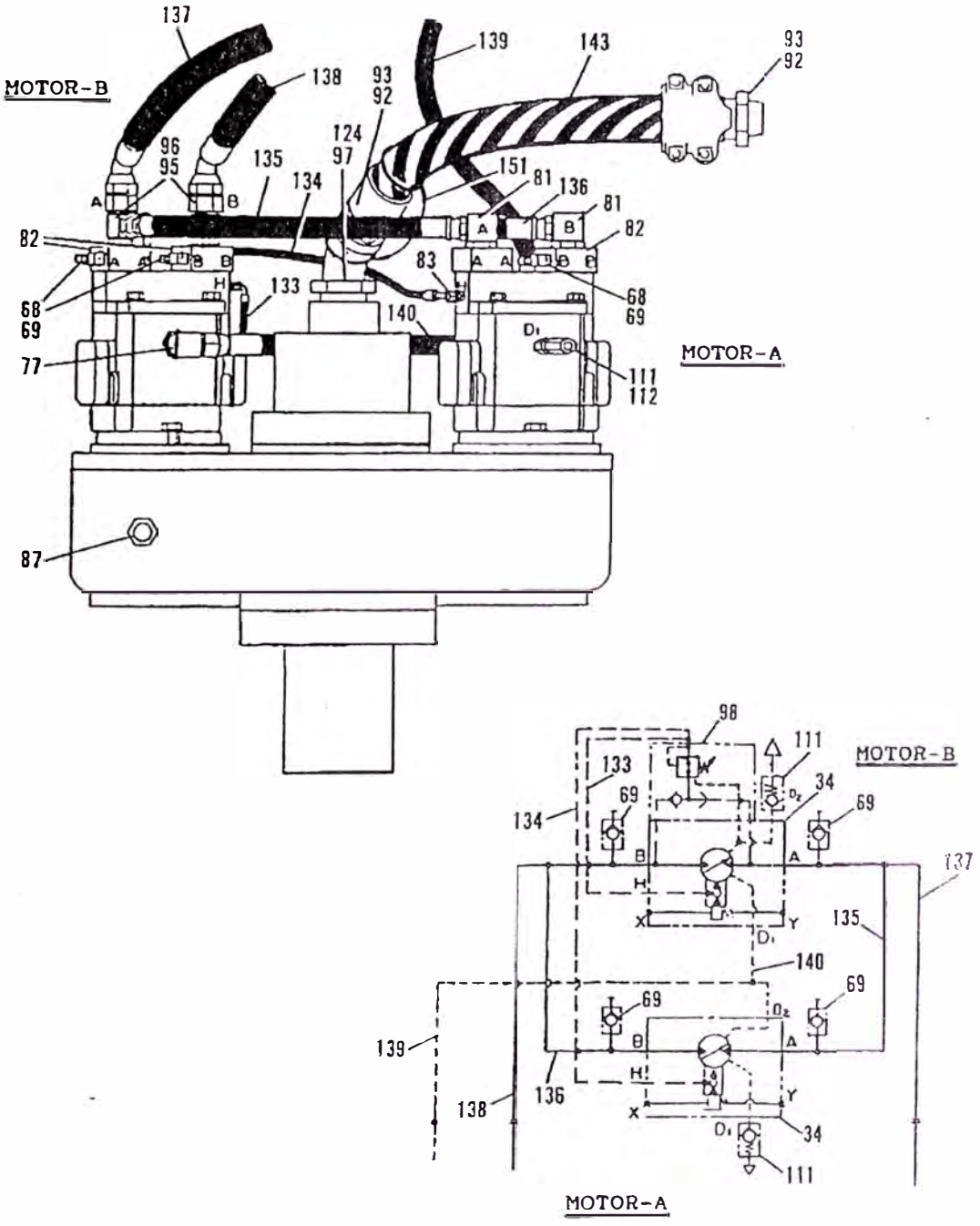
Cabezal Rotativo



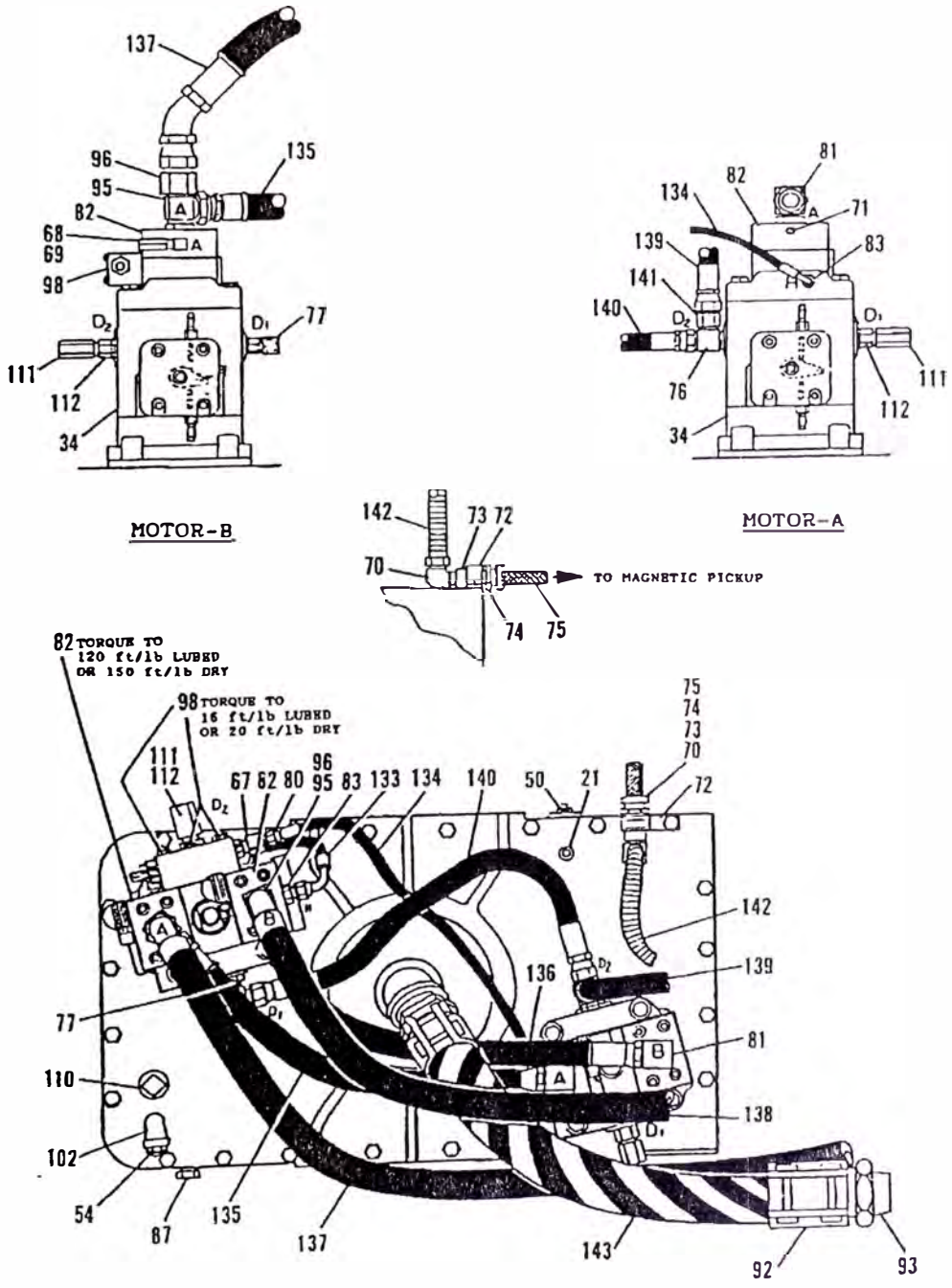
Vista Lateral de Cabezal Rotativo


166
164
160
163
143
162
93
161
92
142
117
138
121
119
TO MOTOR "B" PORT "B"
FITTING ITEM #96
FOR ROTATION TACH
MAGNETIC PICK-UP
TO MOTOR "A" CASE DRAIN
FITTING ITEM #141
TO MOTOR "B" PORT "A"
FITTING ITEM #96
120
137
93
151
144 TORQUE TO
20 ft/lb LUBED
OR 25 ft/lb DRY
60
59 TORQUE TO
20 ft/lb LUBED
OR 25 ft/lb DRY
159 TORQUE TO
170 ft/lb LUBED
OR 210 ft/lb DRY
145 TORQUE TO
20 ft/lb LUBED
OR 25 ft/lb DRY
156 TORQUE TO
510 ft/lb LUBED
OR 640 ft/lb DRY
152
58

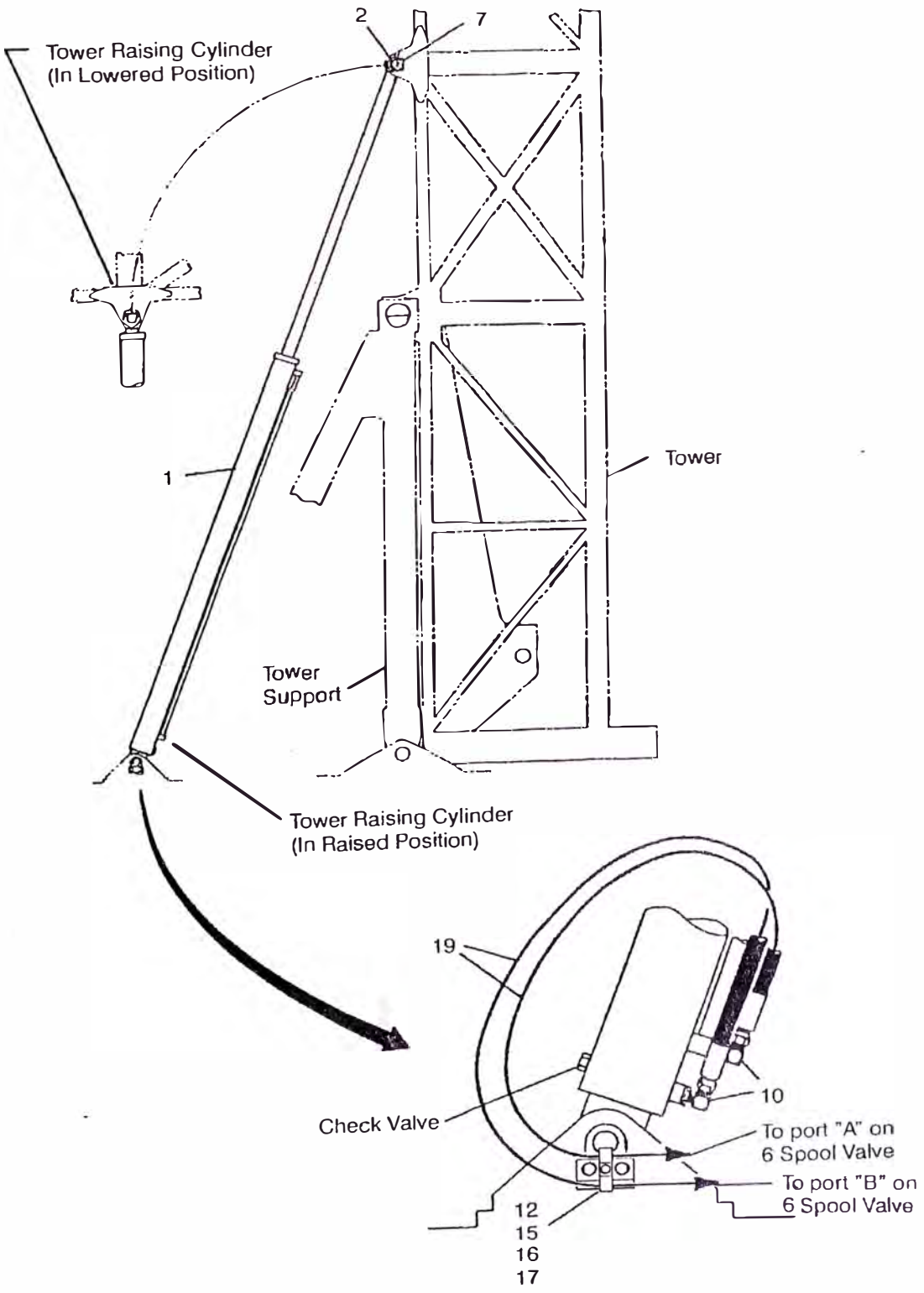
Baquelitas



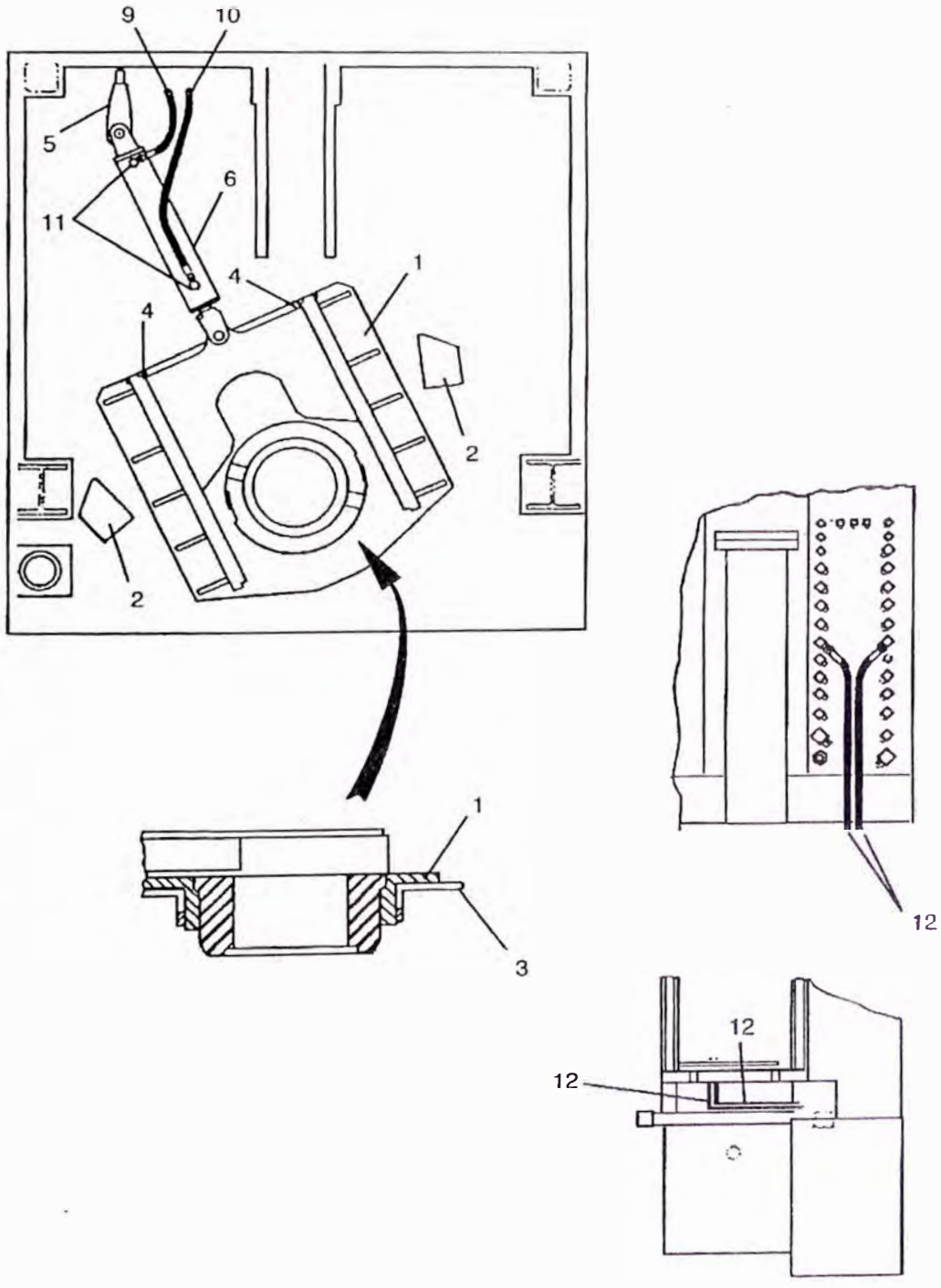
Líneas Hidráulicas de Cabezal rotativo



Otras vistas de Líneas Hidráulicas de Cabezal Rotativo



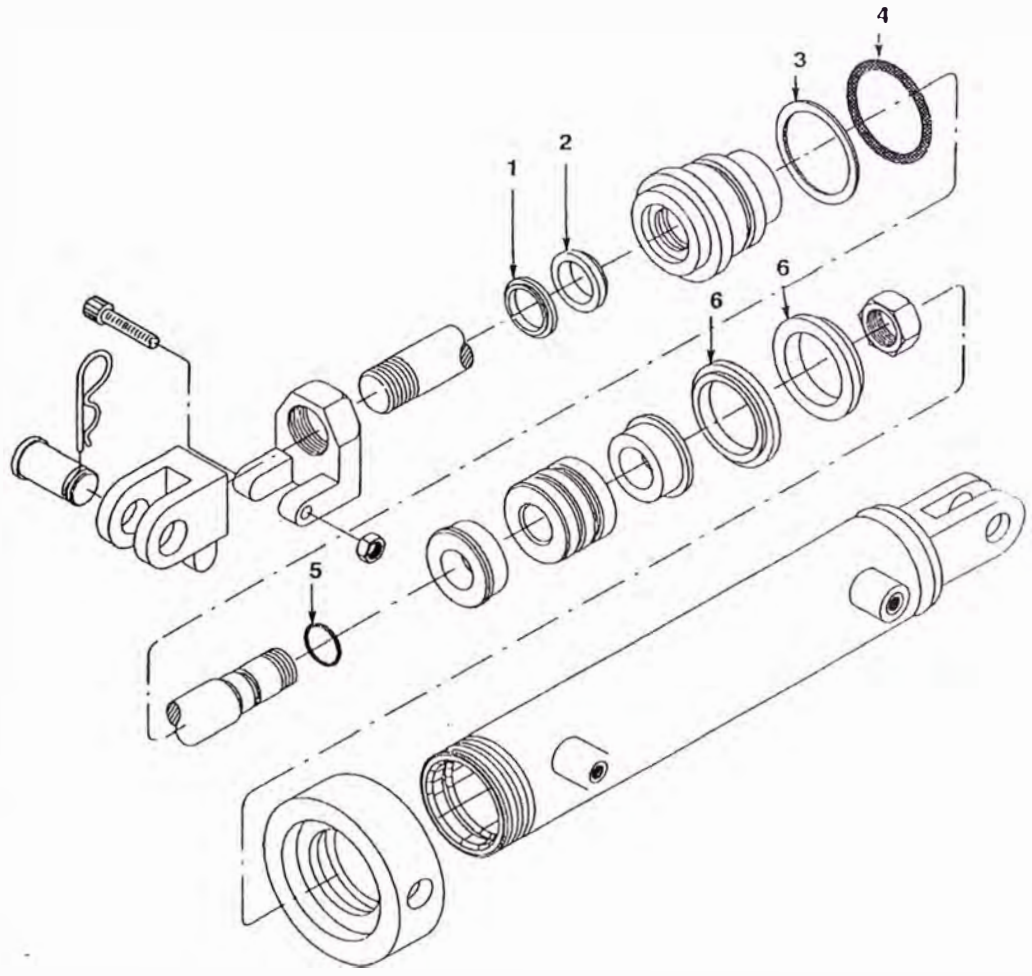
Cilindro de Levante de Torre



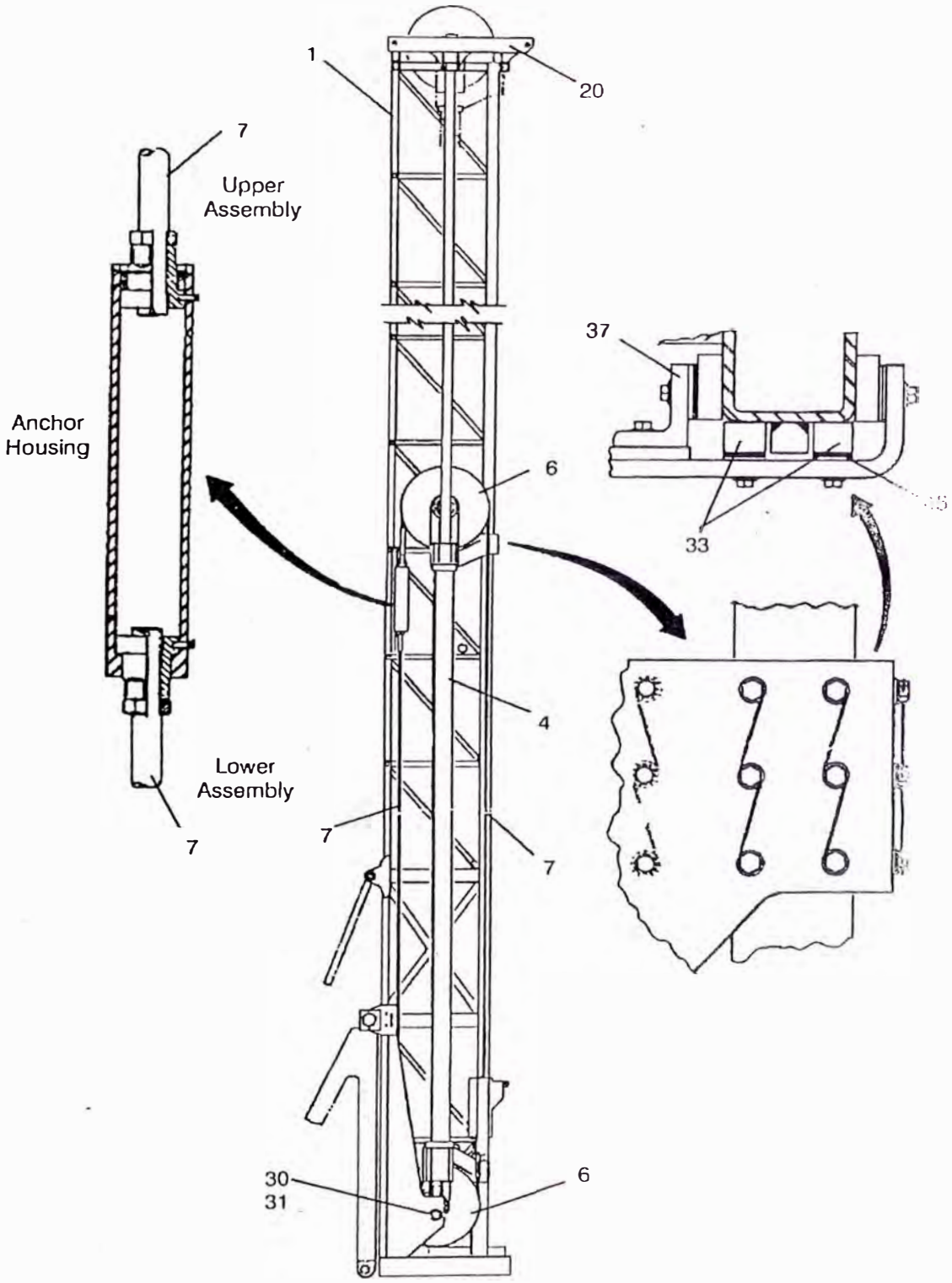
AUTOMATIC BREAKOUT

Llave de Quiebre

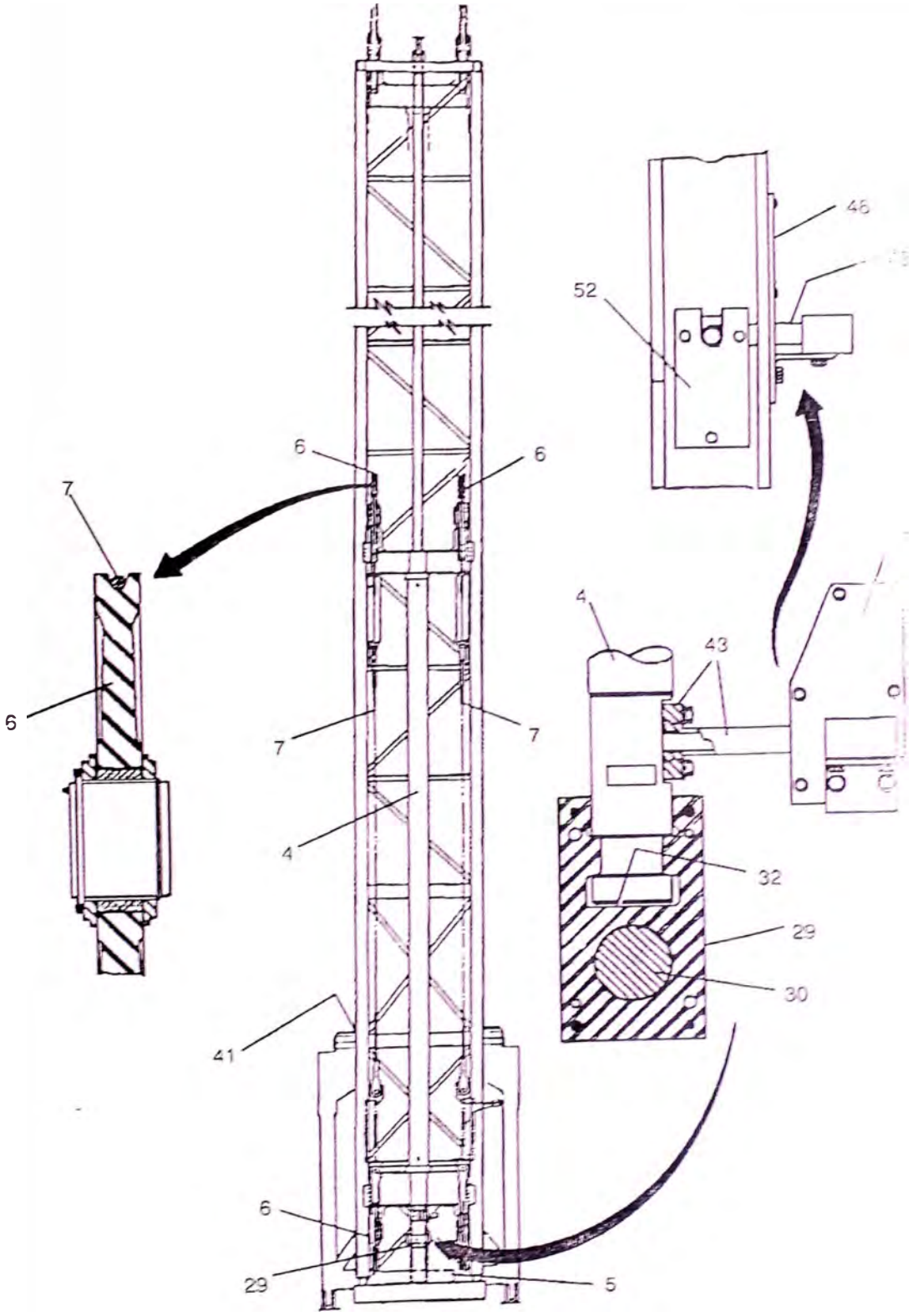
Ref.	Part No.	Qty.	Description
	57265480		CYLINDER
	57070633	1	SEAL KIT
1	*	1	WIPER
2	*	1	U-CUP
3	*	1	BACK-UP RING
4	*	1	O-RING
5	*	1	O-RING
6	*	2	U-CUP



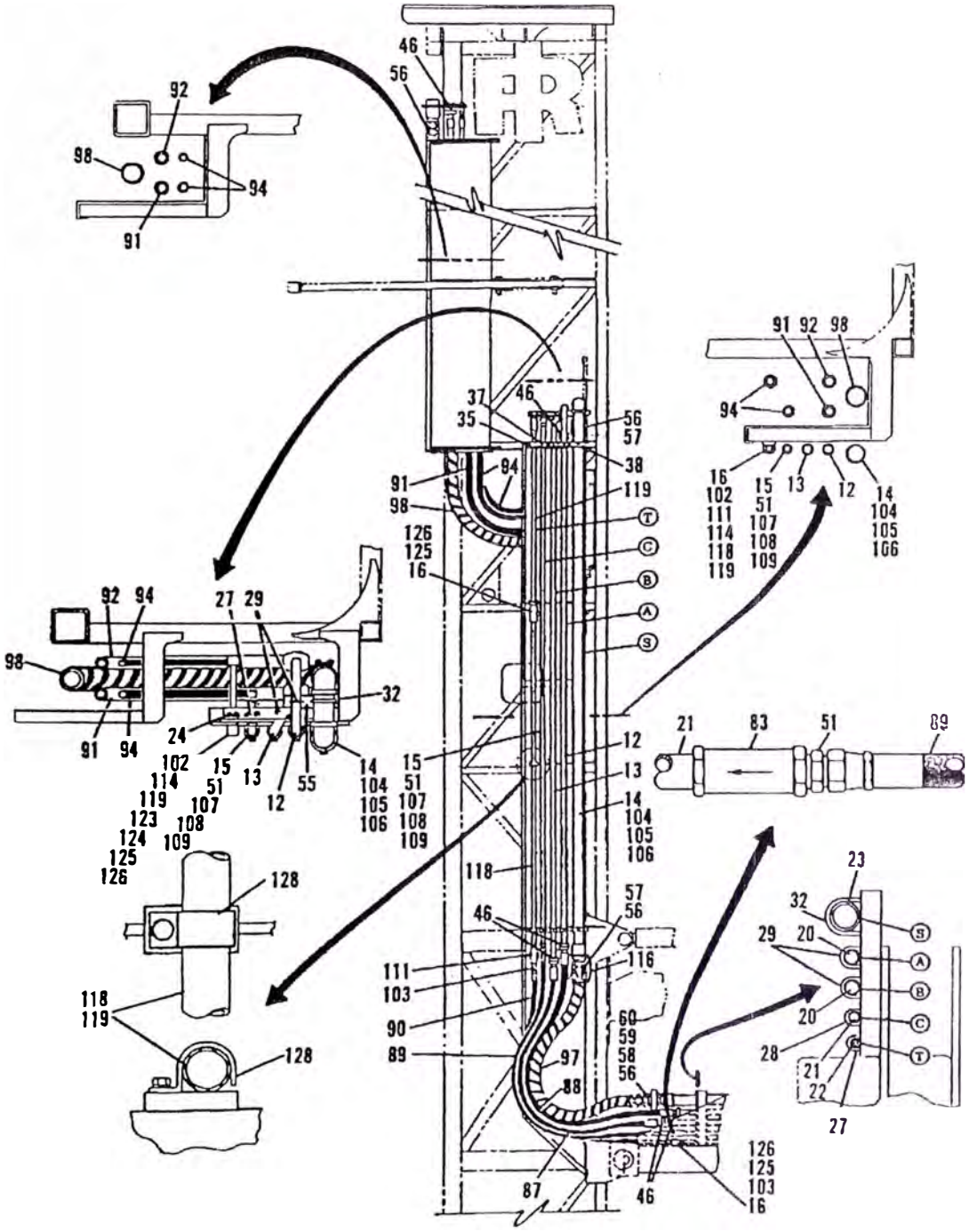
Despiece de Cilindro



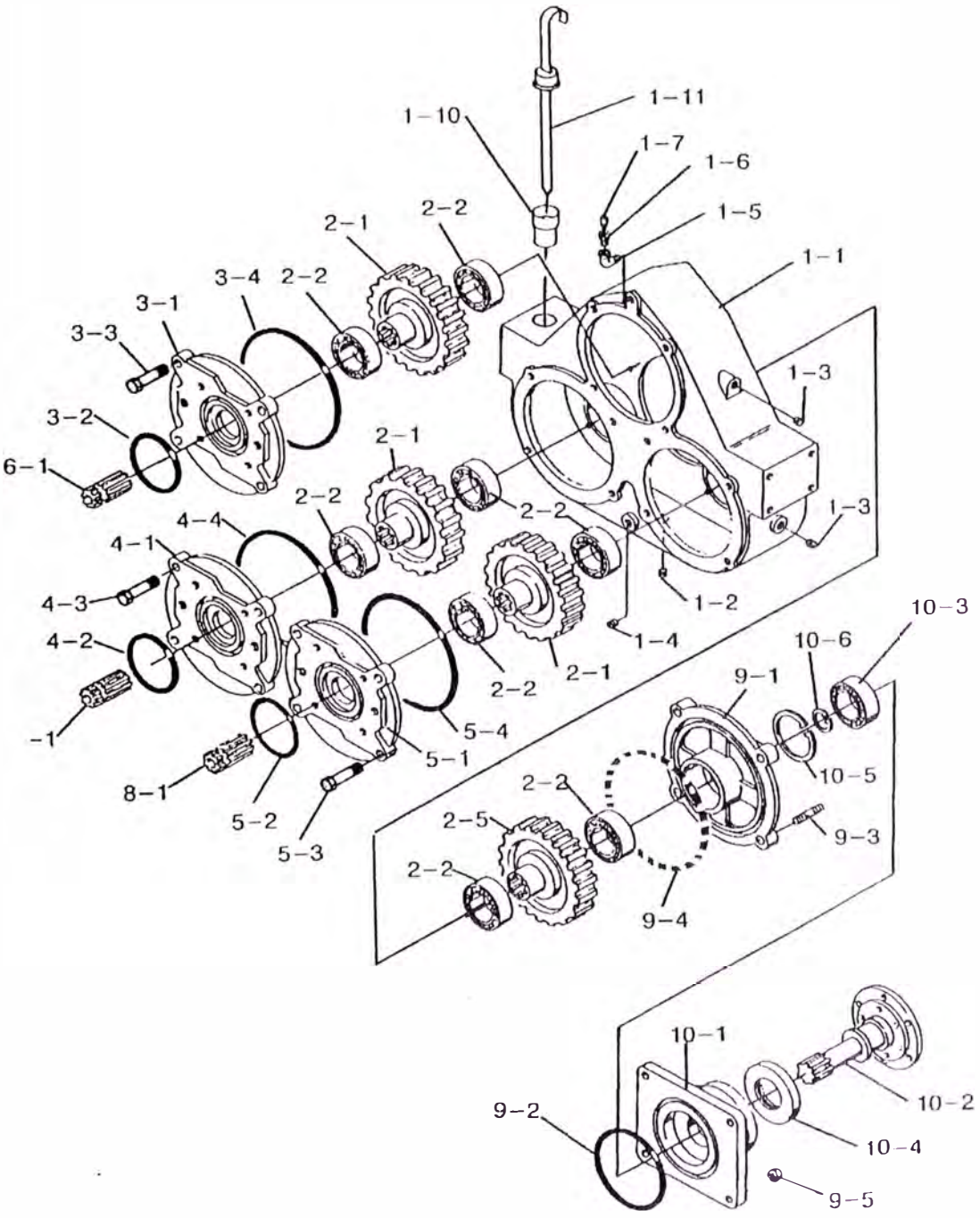
Tensador de Cable



P leas

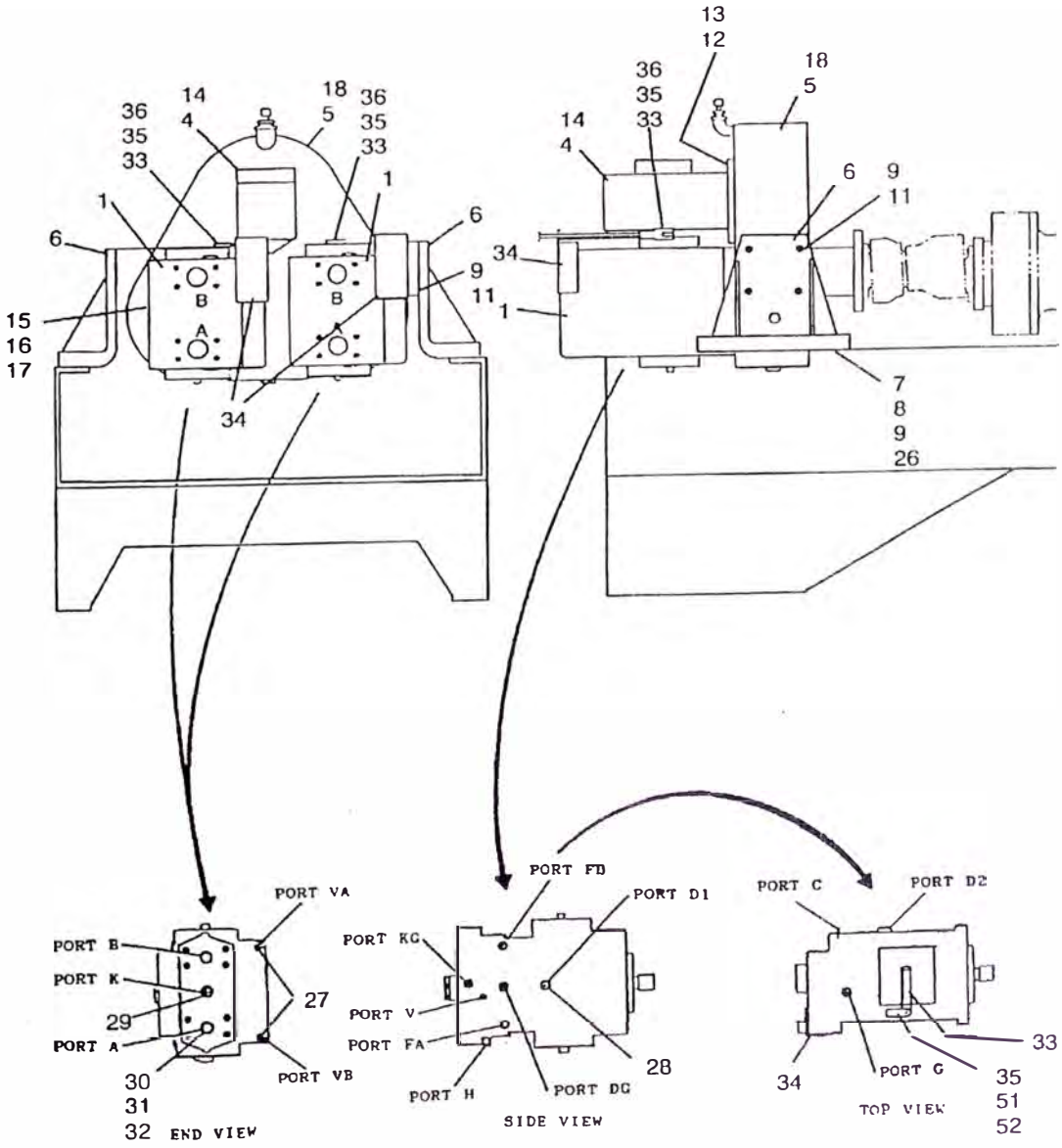


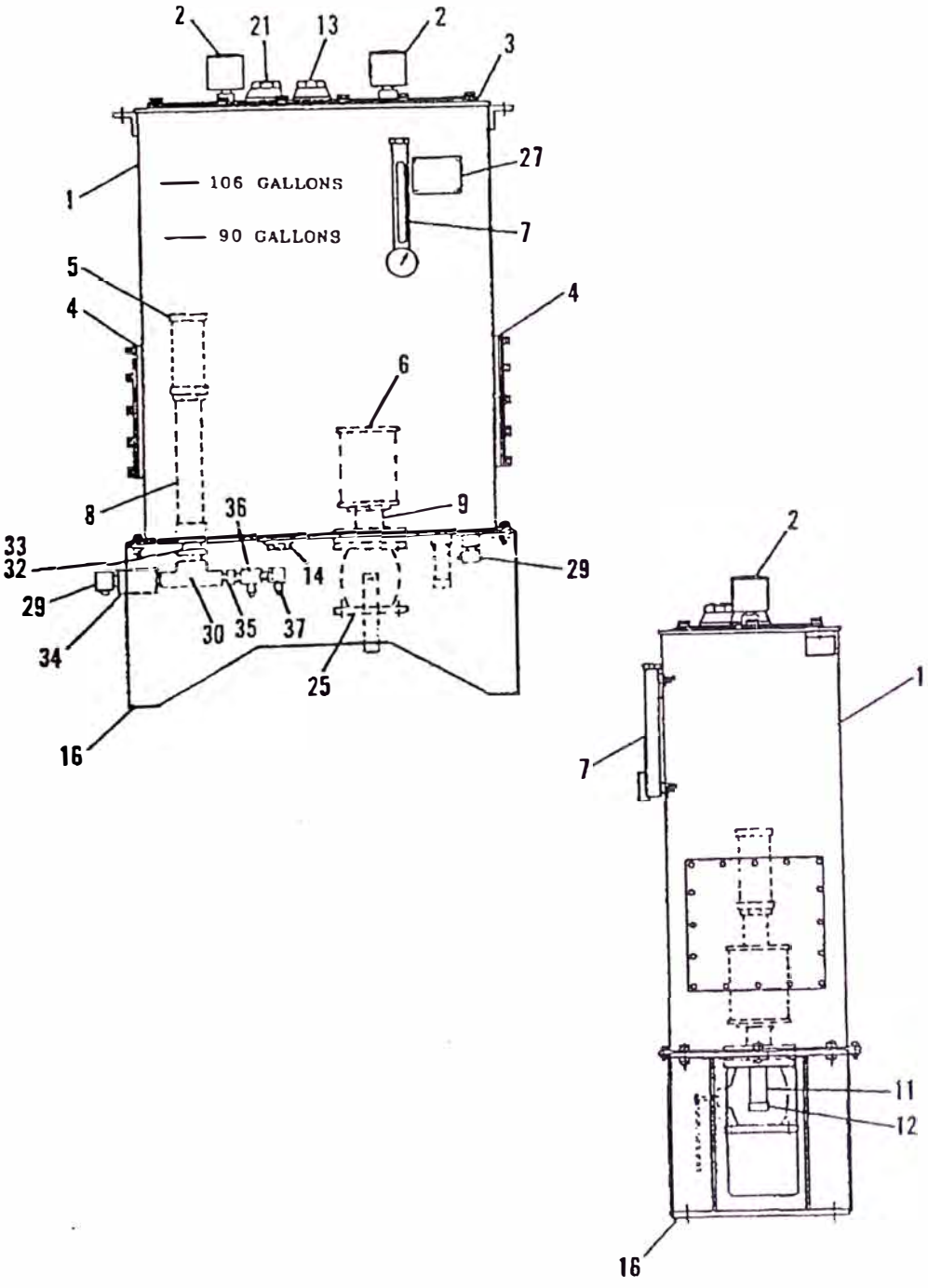
Ubicación de Línea de Torre



3–HOLE PUMP DRIVE GEARBOX

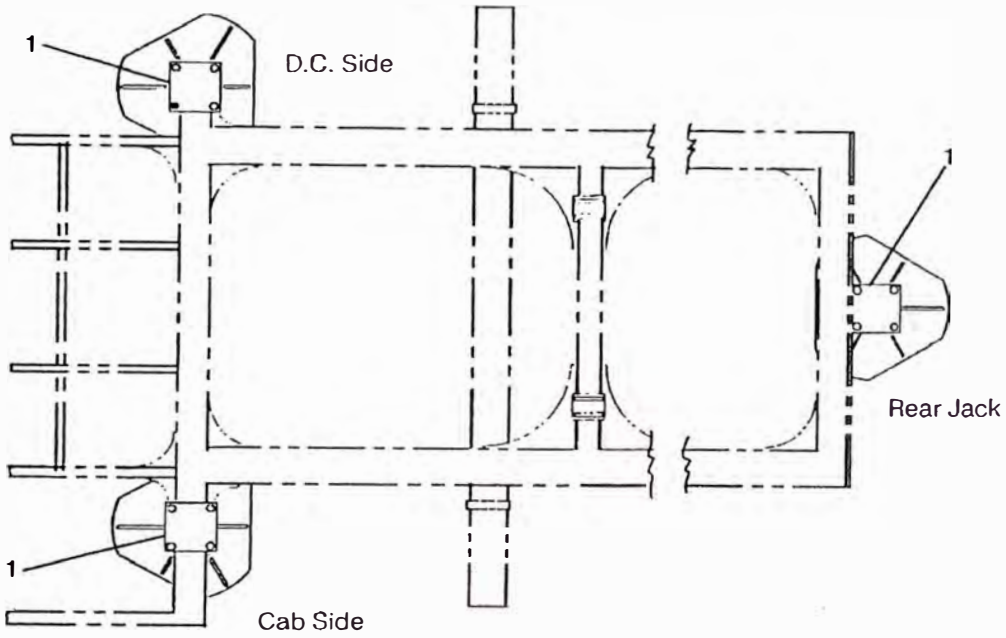
Mando de Bombas

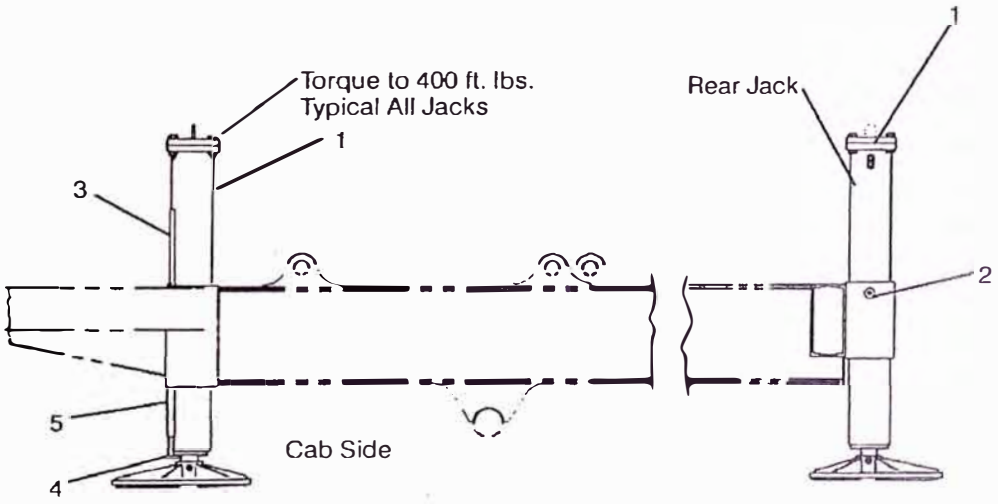

13
12
36
35
33
18
5
14
4
6
9
11
34
1
7
8
9
26
36
35
33
14
4
18
5
36
35
33
1
6
9
11
15
16
17
34
B
A
PORT VA
PORT B
PORT K
29
PORT A
27
30
31
32
PORT VB
END VIEW
PORT FD
PORT D1
PORT KC
PORT V
PORT FA
PORT H
PORT DC
28
SIDE VIEW
PORT C
PORT D2
33
34
PORT G
35
51
52
TOP VIEW

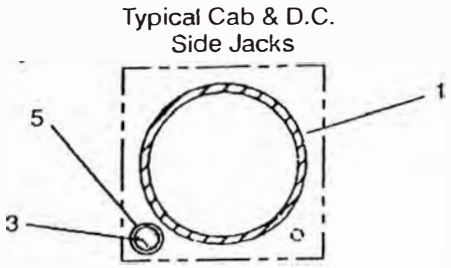


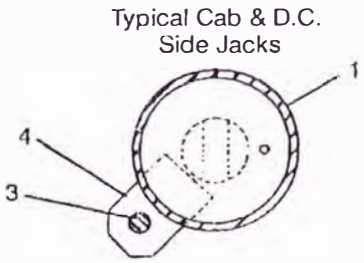
HYDRAULIC TANK ASSEMBLY

Tanque Hidráulico

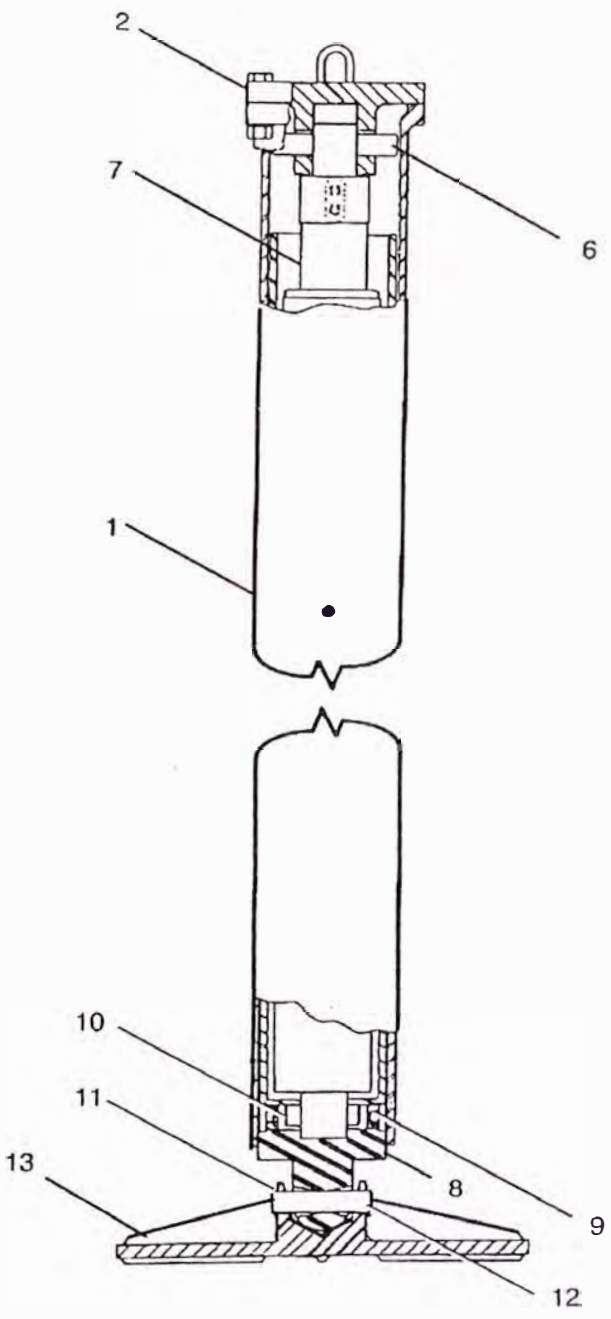




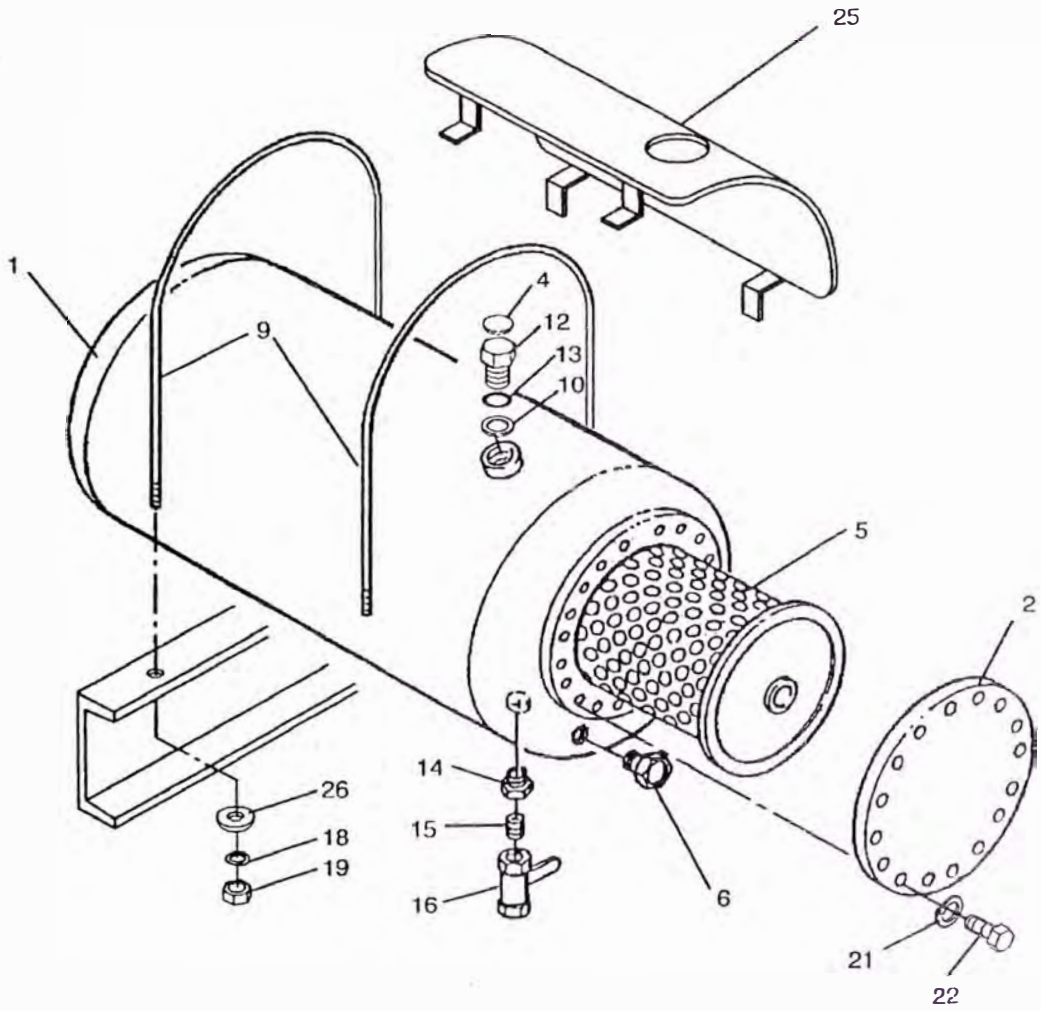




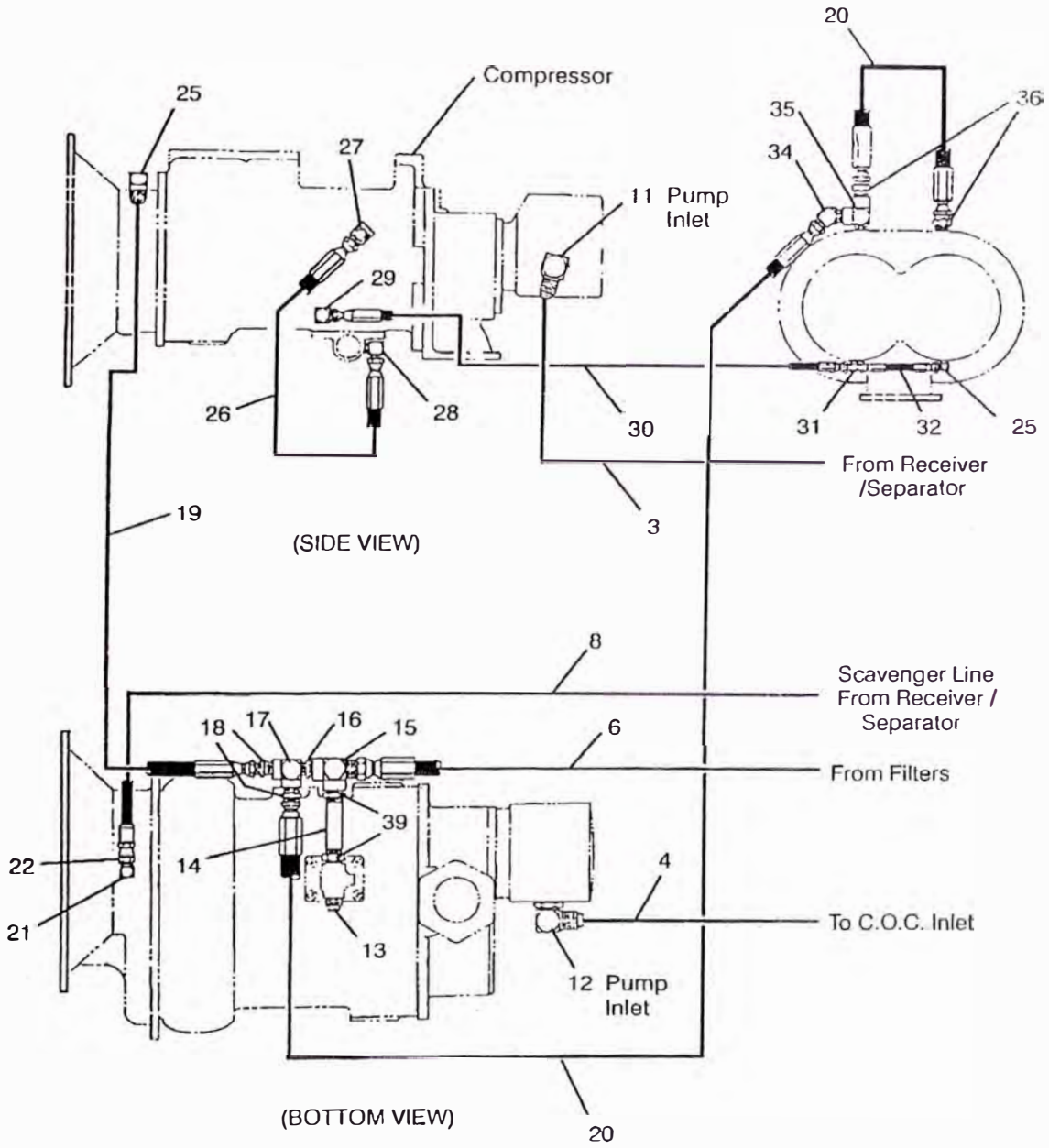
Gatos de Nivelación



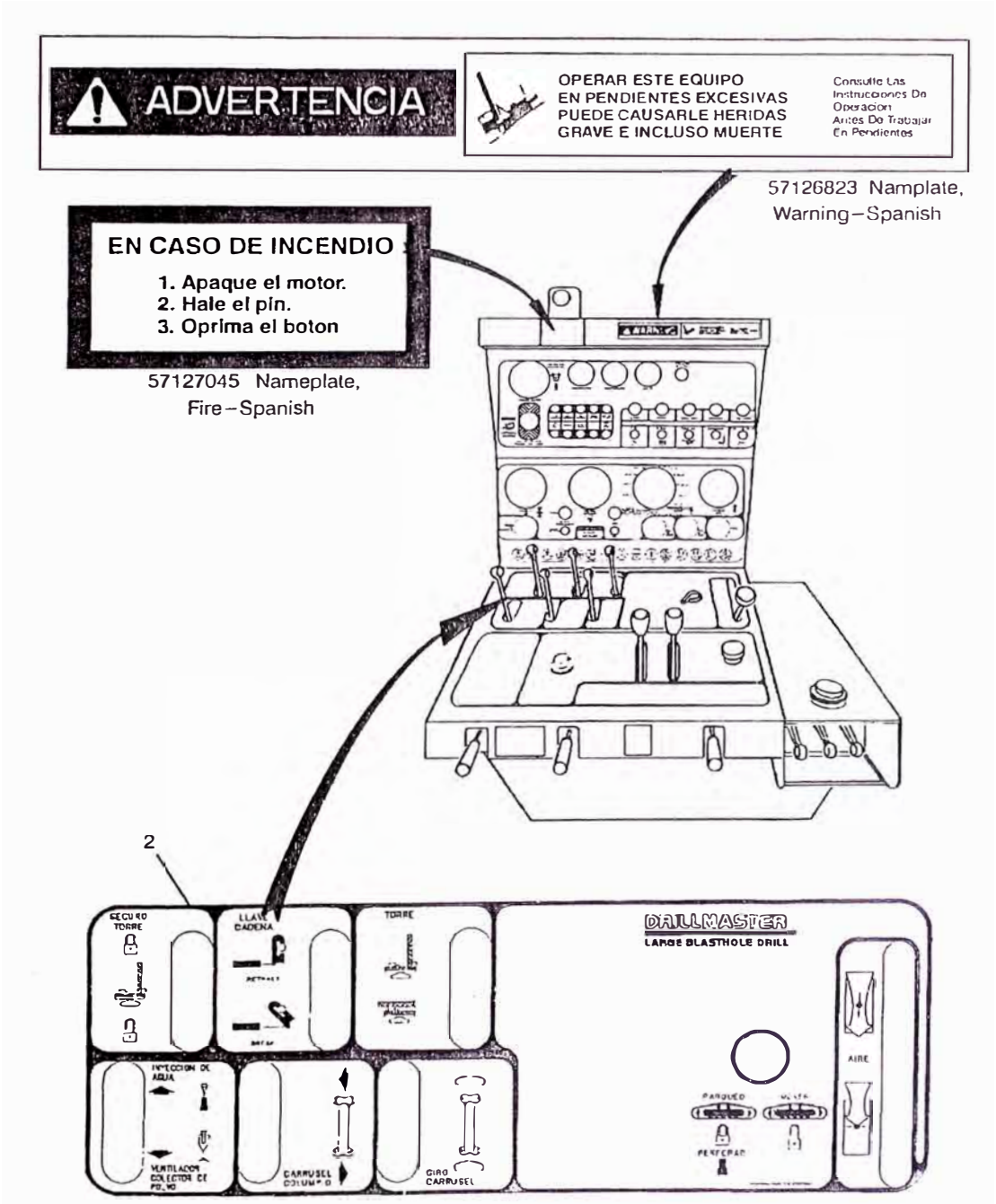
Cilindro de Nivelación



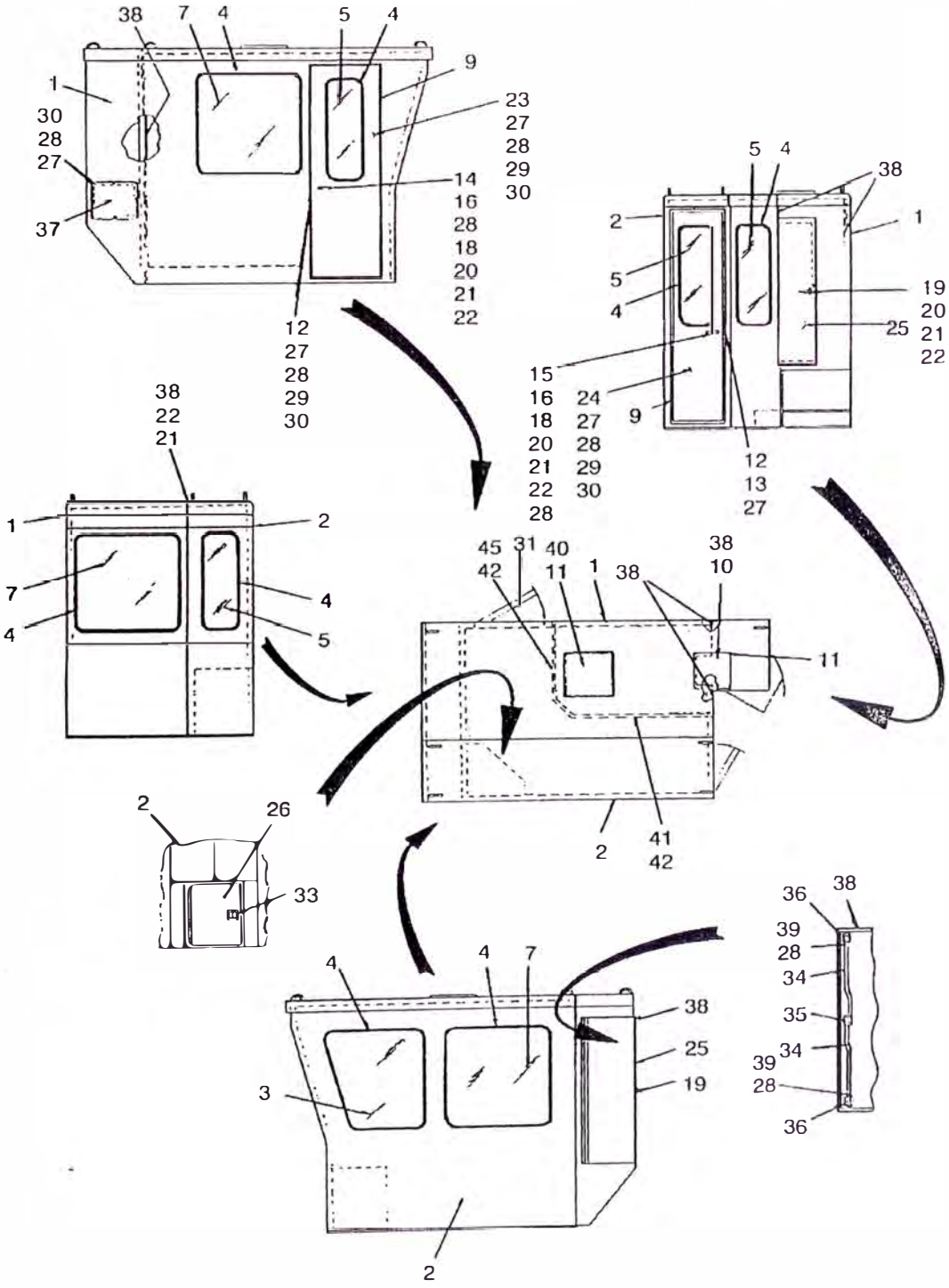
Tanque Separador de Aire



Línea de aceite de compresor

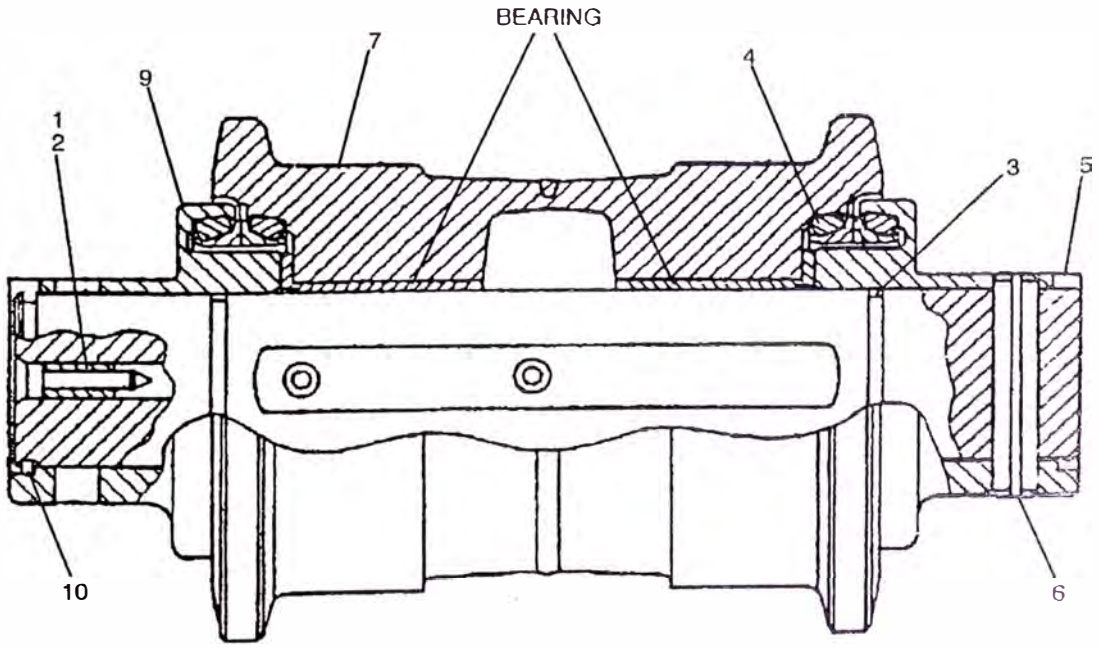


Tablero de Control


38 7 4 5 4
1
30
28
27
37
9
23
27
28
29
30
14
16
28
18
20
21
22
12
27
28
29
30
5 4
38
2
1
5
4
19
20
21
22
25
15
16
18
20
21
22
28
24
27
28
29
30
9
12
13
27
38
22
21
1
2
7
4
4
5
45
42
31
40
11
1
38
38
10
11
2
41
42
2
26
33
4
4
7
38
25
19
3
2
36
38
39
28
34
35
34
39
28
36

Cabina

Ref	Part No.	Qty.	Description
	57457574		**TRACK ROLLER GROUP**
			NOTE: QTY. SHOWN ARE FOR ONE TRACK ROLLER
1	57356883	1	STOPPER
2	57356891	1	PLUG
3	57027310	2	SEAL
4	57457616	2	SEAL GROUP
5	57457624	1	SHAFT
6	57457632	1	PIN
7	57457640	1	ROLLER & BEARINGASSEMBLY
	NSS	2	• BEARING, TRACK ROLLER
9	57457657	2	COLLAR
10	57457665	1	RING

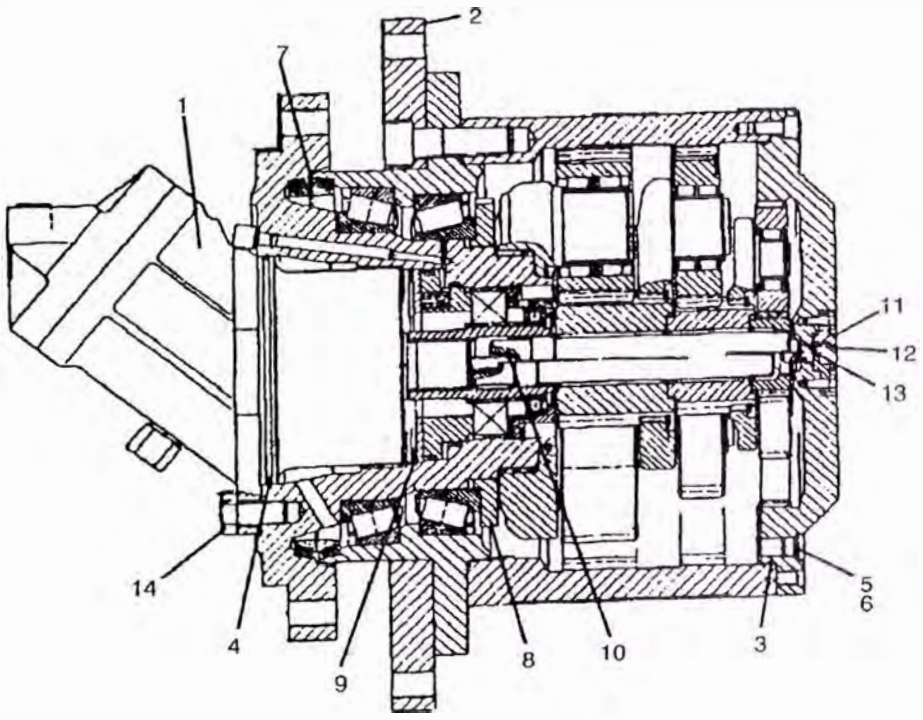


Rodillo de Carrileria

Ref.	Part No.	Qty.	Description
	57457178		**DRIVE GROUP**
1	57416927	1	HYDRAULIC MOTOR
2	57457194	1	FINAL DRIVE GROUP
3	57457202	1	• SEAL
4	57457210	1	• SEAL
5	57456261	2	• PLUG
6	57456279	2	• SEAL
7	57457228	1	• SEAL
8	57457236	1	• NUT
9	57457244	1	• RING
10	57457251	1	• SPRING
11	57457269	1	• COVER
12	57457277	1	• BUTTON
13	57457285	1	• SEAL
14	57357683	2	• BOLT

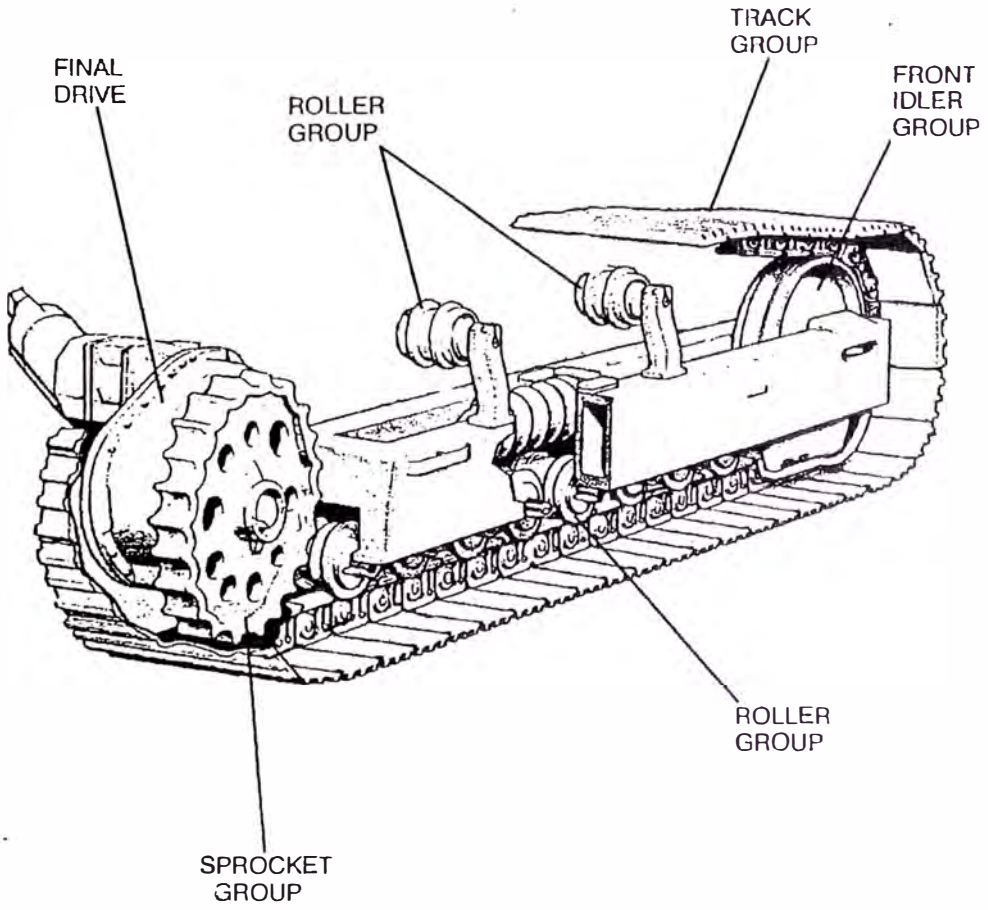
THE FOLLOWING REPAIR KITS ARE AVAILABLE:

REF. IR	PART NO.	QTY.	DESCRIPTION
	57457293	1	KIT–DISC (BRAKE)
	57457301	1	KIT–SEAL (BRAKE)

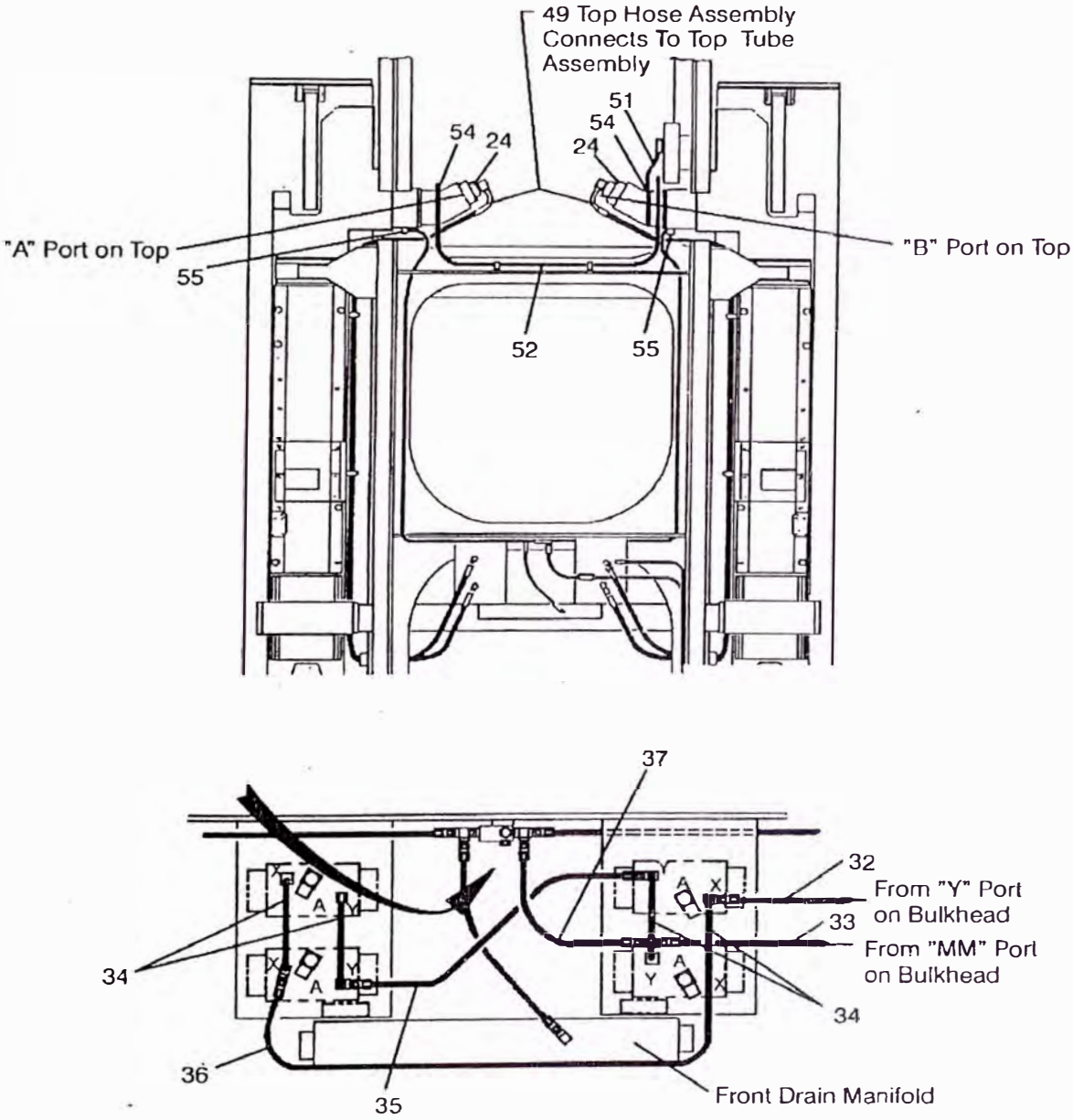


Motor de Tracción de Carrilería

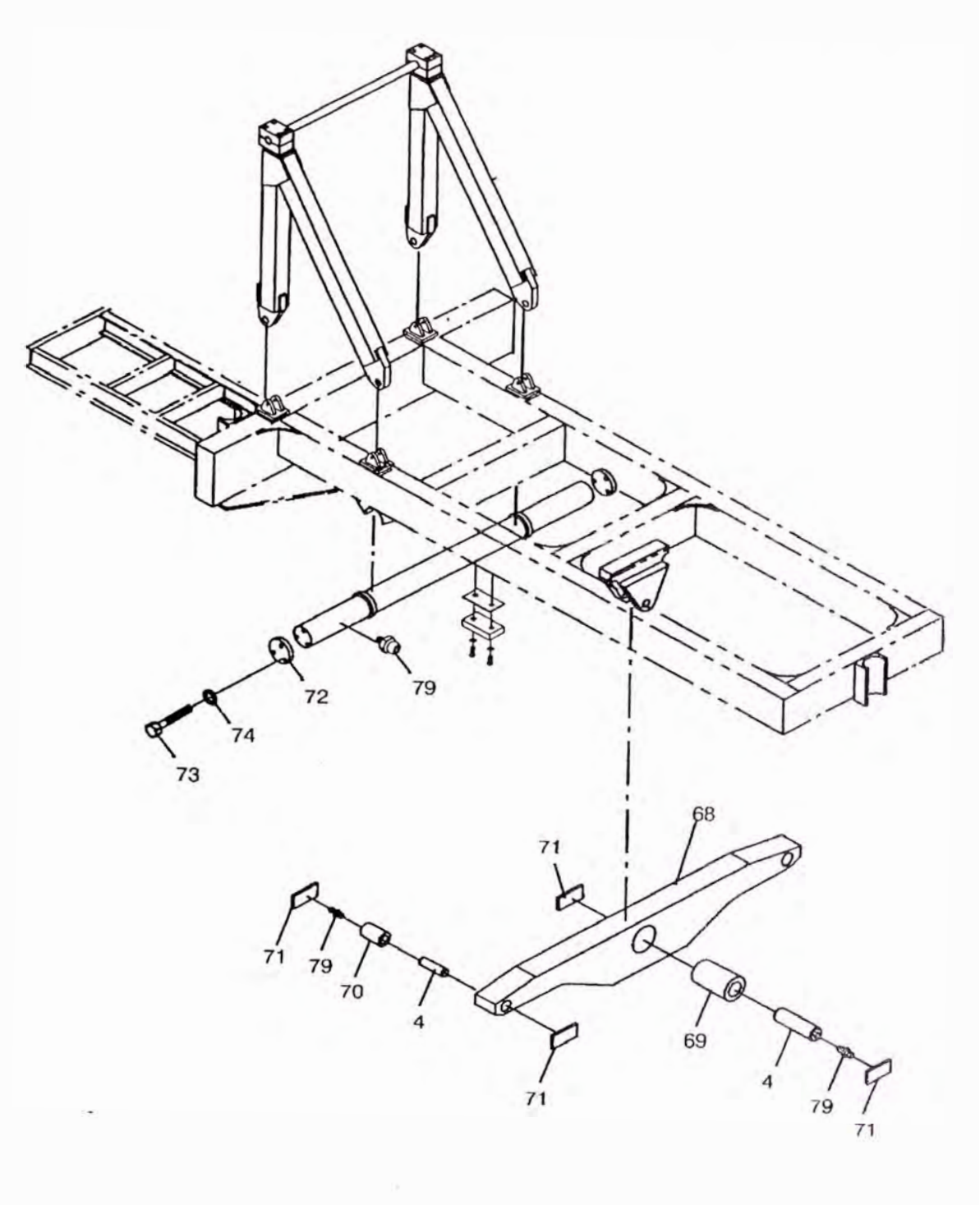
Ref	Part No.	Qty.	Description
	57403784		**UNDERCARRIAGE (330EL)**
1		2	SPROCKET GROUP – SEE PAGE 6
2		2	FINAL DRIVE – SEE PAGE 6
3		2	FRONT IDLER GROUP – SEE PAGE 8
4		2	ROLLER GROUP – SEE PAGE 12
5		2	TRACK GROUP – SEE PAGE 15
6		2	GUARD GROUP, TRACK MOTOR–SEE PAGE 16
7		2	GUARD GROUP, TRACK GUIDE–SEE PAGE 16



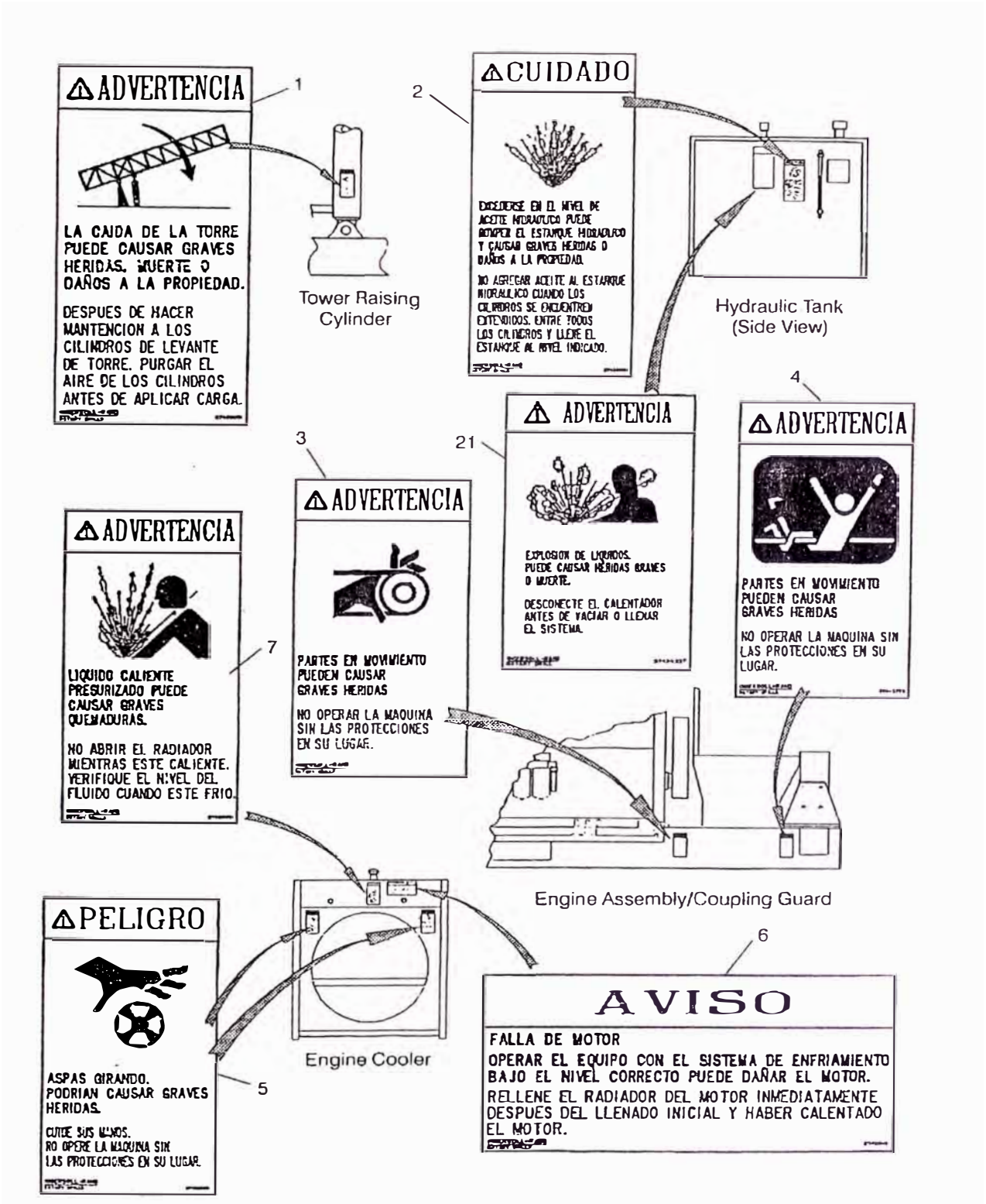
Carrilería



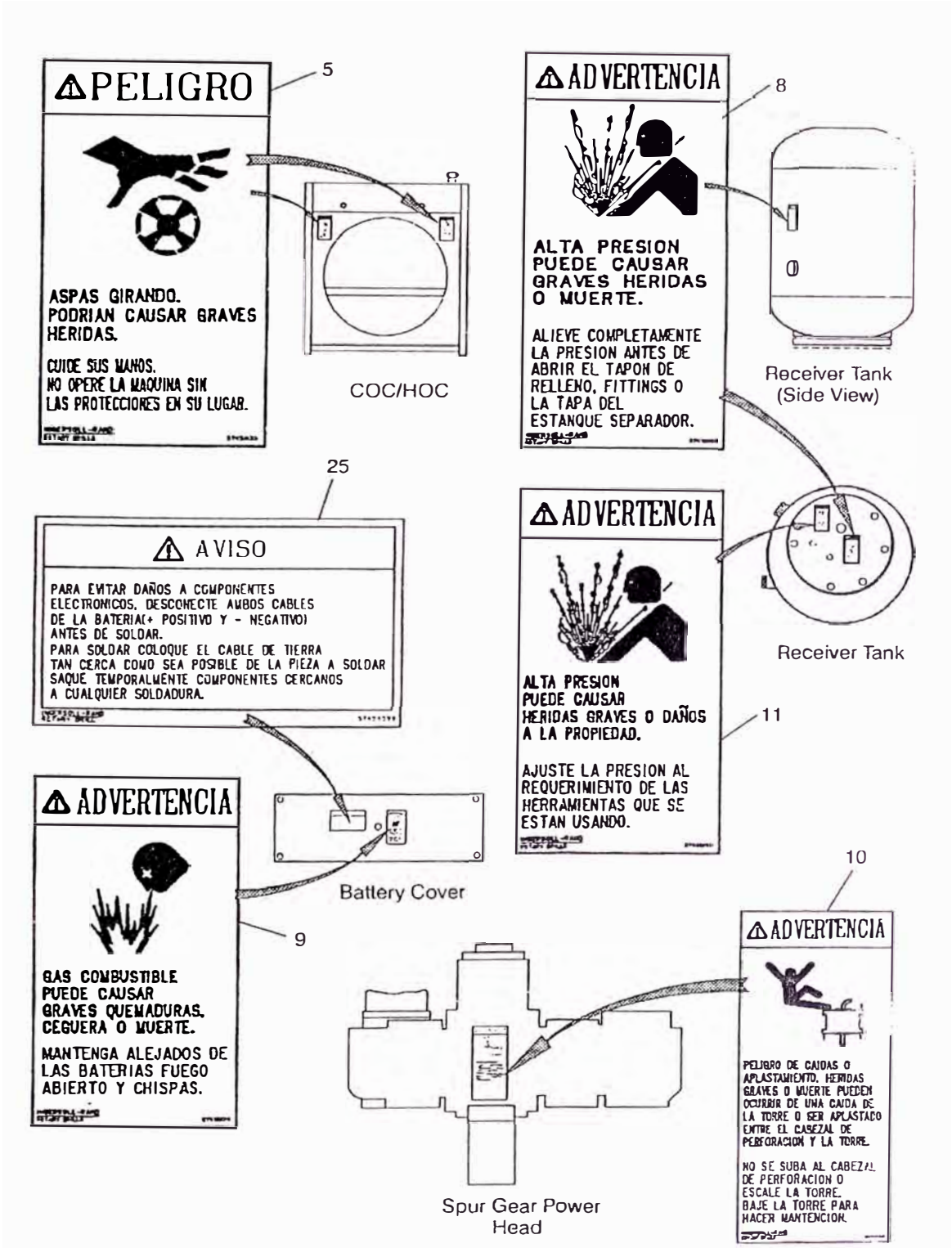
Líneas Hidráulicas del Sistema de Propulsión



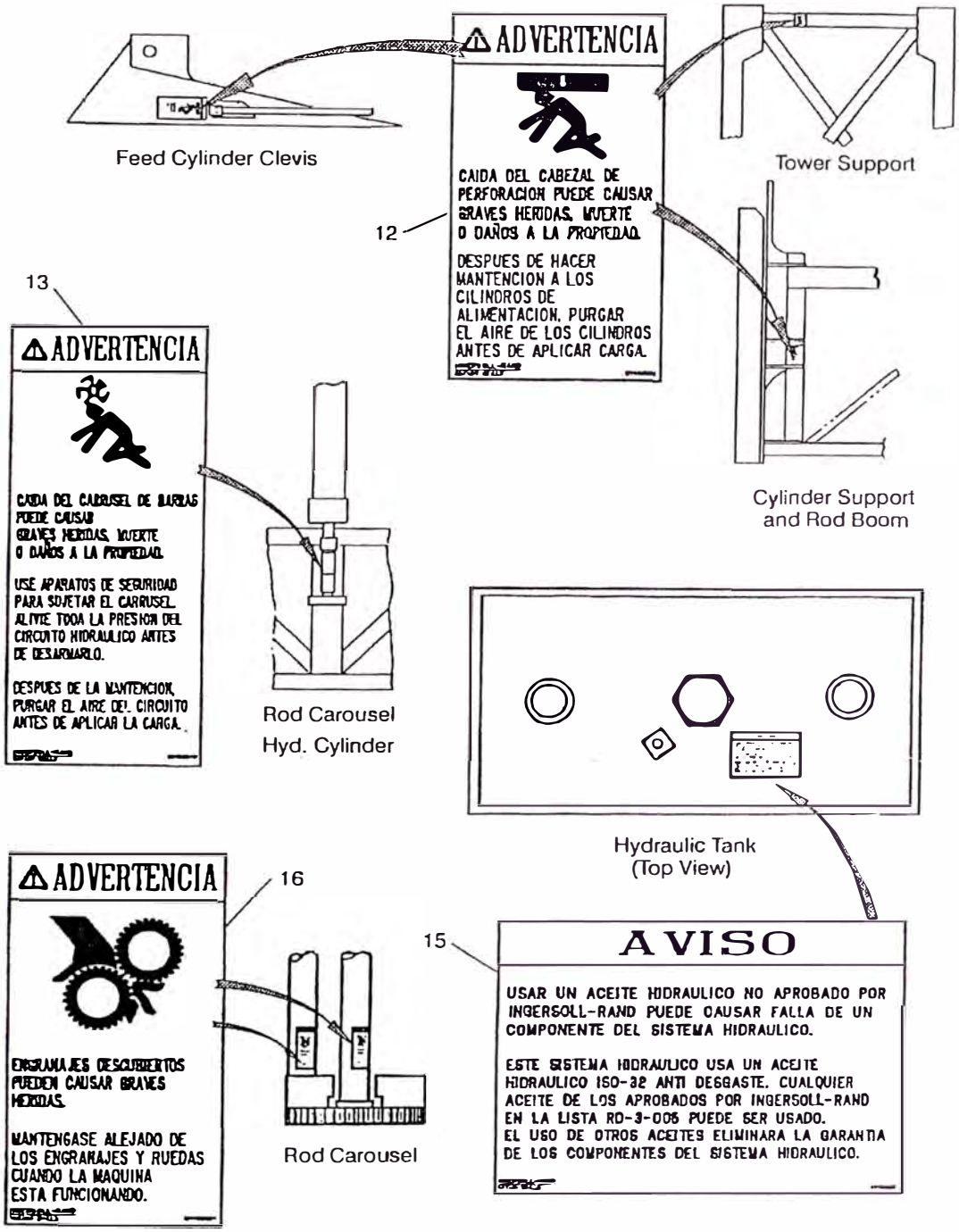
Bastidor y Eje Oscilante



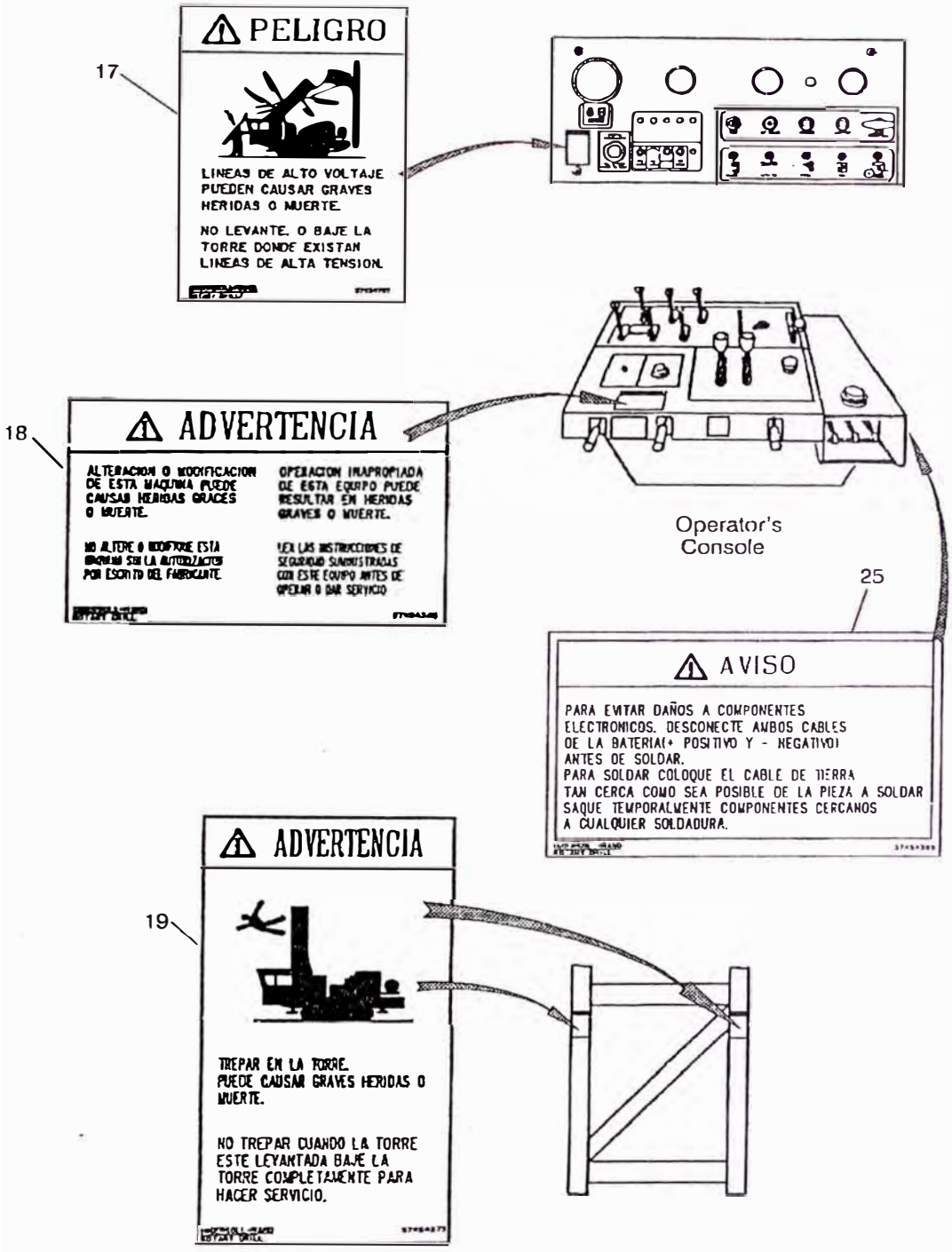
Señales de Advertencia



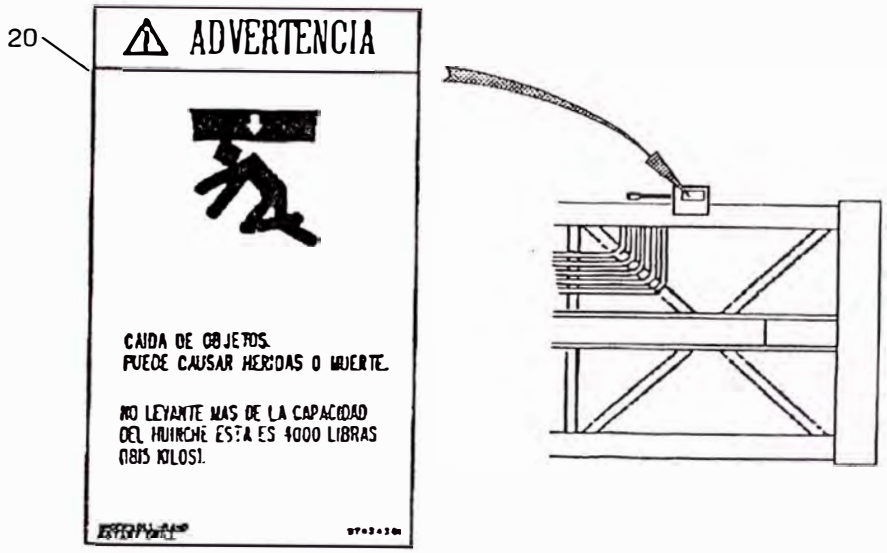
Señales de Advertencia

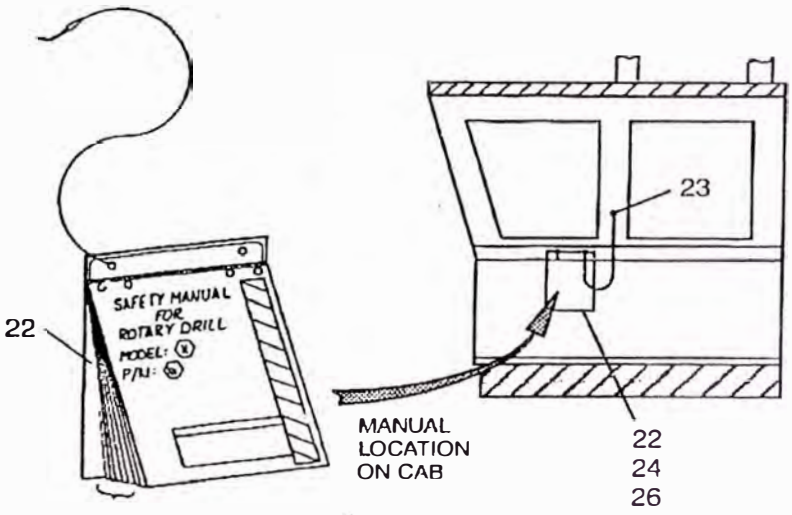


Señales de Advertencia

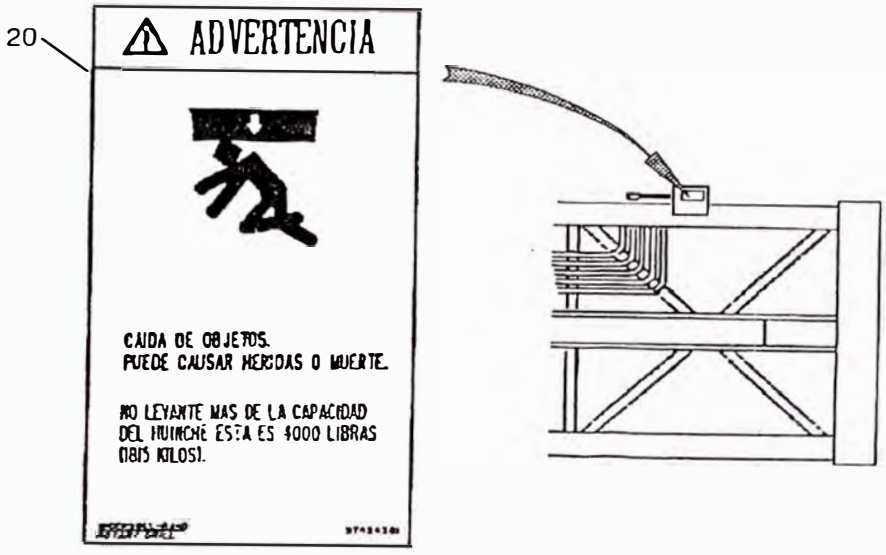


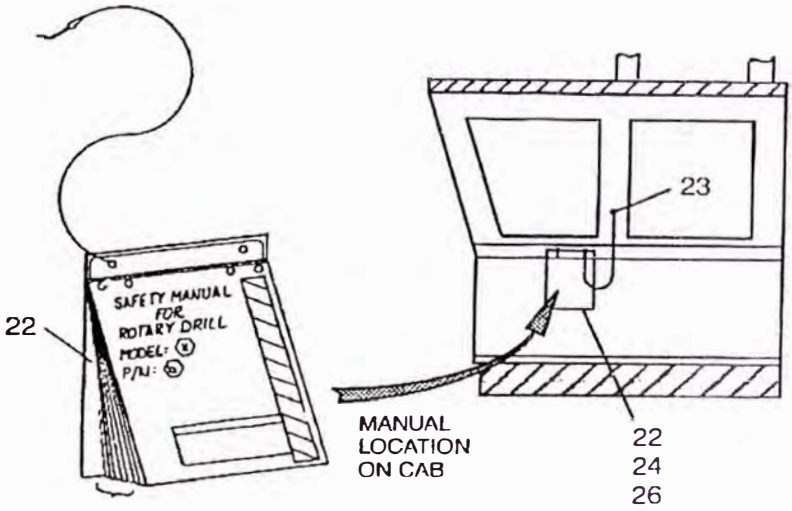
Señales de Advertencia





Señales de Advertencia





Señales de Advertencia

ANEXO G

ESQUEMA HIDRÁULICO

JACK CYLINDERS
(57111973)
6 DIA.48.4.5 ROD
WHIT DBL. HOLDING VLVS.
SET 4500-5000 PSI

(CS) (REAR) (DCS)

ROTATION CYL
(57231599)
5.5 DIA.3.88.2 ROD

52202102
SET AT 2600 PSI
SET AT 300 PSI
MINI CHECK (59713438)
(59713438)

CLAMP. CYL
(57231607)
4 DIA.2.63.2 ROD

CHAIN WRENCH CYLINDER
(57195091)
4.5 DIA.7.76.2.0.ROD

VALVE. DBL. PILOT CHECK
(50482944)

ROD CHA CYLINDERS
(57039646)
3.5 DIA.10.1.75 ROD

VALVE DBL PILOT CHECK
(50462944)

DRN - 25

VALVE. 2-WAY
(57194979)
(NO BUMP OPTION)

VALVE. 2-WAY
(57089385)

WATER INJ. MOTOR
5 GPM — (52233186) 4.2 CU.IN/REV.
8 GPM — (50820935) 3 CU.IN/REV.

RET - 3
TOWER PINNING CYLS.
(58231101)
1.5 DIA,8,.75 ROD

RET - 5

D.C. MOTOR
TOPTON (57003782)
METROPLEX (570077695)
1.5 CU.IN/REV.

DRN - 17
RESTRICTOR VALVE
(50518984)

VALVE. CHECK
(52158110)
3 PSI

HOIST MOTOR
(52221405)
4.5 CU.IN/REV.

VALVE. 2-WAY
(57089385)

ANGL LEG
PINNING CYL.
(57089518)
1.5 DIA,10,1 ROD

VALVE MOTOR CONTROL
(57167298)
500 PSI

REG

FEED CYLINCER
(57069064)
7.5 DIA,232,4 ROD

PULLBACK

VELVE OVER CENTER
(50459155)
SET AT 500 PSI
PULLDOWN PRESURE GAGE READING

PULLDOWN

MINI CHECK
(59713438)

2750 PSI

3-SPOOL VALVE
(57120016)

TOWER RAISING CYLINDERS
(57199748)
5.5 DIA,78.25,3 ROD

INDEX MOTOR
(57154916)
1.54CU.IN / REV

VALVE FLOW CONTROL
(57257610)
SET FOR 3 RPM INDEX GEAR SPEED

MINI CHECKS
(59713438)

ROTATION MOTORS
(57110157)
6 CU.IN / REV.

VALVE RELIEF
(57110074)
140 PSI

DRN - 24

MINI CHECK
(59713438)

2000 PSI

2750 PSI

VALVE. FLOW CONTROL
(57257610)
SET FOR 50 FPM LINE SPEED WHEN LOWERING

SET FOR 70 FPM LINE SPEED WHEN RAISING

LOWERING

RAISING

DRN - 30

1-SPOOL VALVE.
(57200347)

GAUGE. PULLDOWN
(57014789)

VALVE. CHECK
(57109241)
25 PSI

DRN - 26

FORWARD

REVERSE

8-SPOOL VALVE.
(57194151)
7-SPOOL VALVE
(57194169)

DRN - 11

DRN - 9

(DCS) PROPEL MOTORS
6.53 CU.IN / REV - INT
9.76 CU.IN / REV - CAT

(DOS) PROPEL MOTOR
6.53 CU.IN / REV-INT
9.76 CU.IN / REV-CAT

MINI CHECK
(59713438)

MINI CHECK
(59713438)

DIVERTER VALVES
(57106460)

SWITCH.
TRAM. ALARM.
(56927478)

VALVE.
DRILL/PROP.
(57169989)

DRN - 1

DRN - 13

FAN MOTORS
(57172020)
2.84 CU.IN/REV.
1000 RPM

FAN MOTORS
(57155376)
2.13 CU.IN/REV

DRN -13

DRN - 29

RET - 4

CHECK VALVE
(52158128)
3 PSI

CHECK VALVE
(52158128)
3 PSI

BOTTOM

LOW PRESSURE COOLER
(52250529)

25 PSI
DIFERENTIAL
PRESURE

RET- 8

DRN - 12

DRN - 12

IN

OUT

HIGH PRESS COOLER
(57187585)
OR
LOW PRESS COOLER
(37192684)

CHECK VALVE
(50261825)
65 PSI

RET- 8

HOT OIL SHUTTLE
(57034852)

DRN - 20

DRN - 18

150 PSI

150 PSI

VALVES PILOT CHECK
(57168031)

VALVE. RELIEF (PULLBACK)
(57047821)
1900 PSI

VALVE. RELIEF (PULLDOWN)
(52236932)
100-4500 PSI

VALVE. RELIEF
(52236932)
700 PSI

DRN - 7

DRN - 6

DRN - 3

DRAIN

DRAIN

MANIFOLD
(57009144)

PRESS

PRESS

DUST CURTAIN CYLINDERS
(57039646)
3.5 DIA,10,1.75 ROD

AUTO B OUT CYLINDER
(57265480)
3.0 DIA,10,1.25 ROD

ROD SUPPORT CILINDER
(57265480)
3.0 DIA,10,1.25 ROD

VALVE. 4 - WAY
(57047987)

VALVE. 4 - WAY
(57108532)

VALVE. DBL. PILOT CHECK
(50462944)

VALVE. 4 - WAY
(57219750)

RET - 2

DRN - 37

RET - 7

DRN - 25

GAUGE ROTATION
(57104789)

ATM -3

SUP -2

(DCS) 4500 PSI

(CS) 4500 PSI

135-447 SERVO PSI

135-447 SERVO PSI

200 PSI

200 PSI

MAIN PUMPS
(56992217)
7.25 CU.IN / REV.
2100x1.043: 2200RPM
69.0 GPMT

DRN - 28

SUP - 1

ATM - 2

DRN -23

VALVE. 2-WAY
(50429356)

DRN- 21

DRN- 16

2.73 CU/REV.
26.0 GPMT

4.23 CU.IN/REV.
40.28 GPMT

DOUBLE PUMP
(57089476)
2100x1.048=2200RPM

ATM- 1

VALVE. 2-WAY
(57194961)
(NO BUMP OPTION)

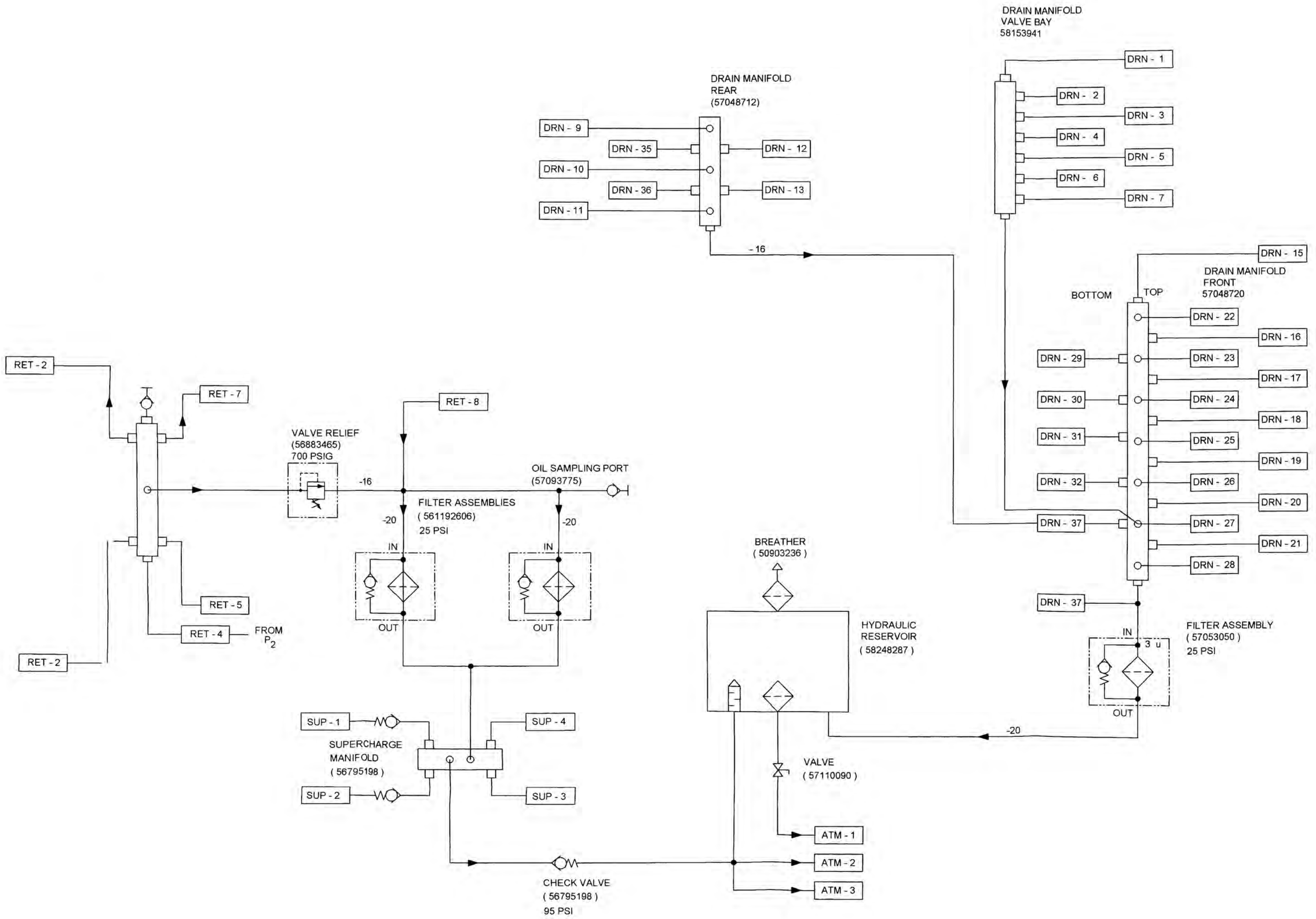
VALVE. RELIEF
(52236932)
700 PSI
(NO BUMP OPTION)

DRN- 5

DIBUJADO:	MANUEL POLO CASTILLO			DM-M2	
REVISO:	MANUEL POLO CASTILLO			HYDRAULIC SCHEMATIC	
FECHA	18/06/2004	ESCALA:	S/E	PLANO Nº:	01

ANEXO H

ESQUEMA DE DRENAJE



DIBUJADO:	POLO CASTILLO			DM-M2	
REVISO:	MANUEL FERNANDO			HYDRAULIC SCHEMATIC	
FECHA	11/4/2003	ESCALA:	1'	PLANO Nº:	01