



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN  
PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO.**

**Edgar Adolfo Fuentes Godínez**  
Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN  
PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**EDGAR ADOLFO FUENTES GODÍNEZ**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL  
CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Herbert Rene Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Zarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha de 23 de Septiembre de 2008.



EDGAR ADOLFO FUENTES GODÍNEZ

Guatemala, 08 de Octubre de 2009.

Ingeniero  
Julio César Campos Paiz  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado: "**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN LA PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO**" presentado por el estudiante **Edgar Adolfo Fuentes Godínez**, y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que en mi opinión el mencionado trabajo reúne los requisitos necesarios para la aprobación final.

Sin otro particular, me suscribo de usted

Atentamente,



---

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera  
Colegiado No. 6,965  
Asesor

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO** del estudiante **Edgar Adolfo Fuentes Godínez**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
**Coordinador de Área**

Guatemala, octubre de 2009.

/behdei

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO, del estudiante Edgar Adolfo Fuentes Godínez, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, noviembre de 2009

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.532.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO MODELO HB7000 UBICADO EN PLANTA SAN MIGUEL, CEMENTOS PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Adolfo Fuentes Godínez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read 'Murphy Olympo Paiz Recinos', written over a horizontal line.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, noviembre de 2009

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Ser supremo, a quien le debo todo.

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Por ser mi casa de estudios, por enseñarme y guiarme.

### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Con respeto y aprecio.

### **INSTITUTO TÉCNICO VOCACIONAL “DR. IMRICH FISHCMANN”**

Por ser la cuna de mi formación.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mi padre ( D.E.P.)**

Herman Efraín Fuentes Hernández

Porque mis logros y metas alcanzadas serán reflejo de su gran ejemplo, de su dedicación y su incondicional amor por la familia.

### **Mi madre**

Olivia Lucila Godínez Ramírez de Fuentes

Por su comprensión, cariño, fortaleza y esfuerzo en todo momento.

### **Mi esposa**

Evelyn Shivonee

Por ser mi gran amor, apoyo e inspiración.

### **Mis hijas**

Laura Regina y Diana Rocío, a quienes amo incondicionalmente.

### **Mis hermanos**

Marvin, Jorge, Elio y Jami

Por el apoyo y cariño que me han dado.

Y a mis familiares, amigos y compañeros de trabajo y estudio.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO</b>	1
1.1 Necesidad de un rompedor hidráulico en el sector de minería y construcción de carreteras.	1
1.2 Componentes principales de un rompedor hidráulico, también conocido como “martillo hidráulico”.	3
1.2.1 Conjunto de pistón y cilindro.	4
1.2.2 Cámara superior de gas nitrógeno.	5
1.2.3 Amortiguadores de presión de tipo diafragma.	6
1.2.4 Punta de desgaste para ataque o corte de material.	6
1.2.5 Sistema de auto lubricación.	7
1.2.6 Caja de montaje o conjunto protector.	8
1.2.7 Conjunto de mangueras con articulación.	8
1.2.8 Conjunto protector de polvo.	9

1.2.9	Placa de montaje para conexión a la excavadora.	9
1.3	Capacidad de producción de un rompedor hidráulico.	10
<b>2.</b>	<b>PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO</b>	<b>13</b>
2.1	Propiedades del aceite que se utiliza en el rompedor.	14
2.1.1	Incompresibilidad.	14
2.1.2	Viscosidad.	15
2.1.3	Refrigerante o disipador de calor.	15
2.1.4	Inhibidor de oxidación y corrosión.	16
2.1.5	Limpieza y filtrado.	16
2.2	Propiedades del gas nitrógeno que se utiliza en el rompedor.	17
2.2.1	Gas inerte, no inflamable.	17
2.2.2	Presurizado de cámaras de amortiguación.	18
2.2.3	Protector de piezas internas del rompedor.	19
2.3	Flujo de aceite en el interior del rompedor.	21
2.4	Cámara de gas nitrógeno como amortiguador.	23
2.5	Principios de funcionamiento del lubricador automático.	23
2.5.1	Funcionamiento de la válvula auto lubricadora.	24
2.5.2	Graduación de la cantidad de grasa suministrada.	25

2.5.3	Tipo de grasa especial utilizada.	25
<b>3.</b>	<b>PRINCIPALES REQUERIMIENTOS EN LA EXCAVADORA PARA UTILIZAR UN ROMPEDOR APROPIADAMENTE.</b>	<b>27</b>
3.1	Sistema óleo hidráulico adicional necesario para utilización de martillo.	27
3.1.1	Válvula de cierre de flujo de aceite.	28
3.1.2	Pedal o mando adicional de accionamiento.	29
3.1.3	Filtro adicional para el sistema del rompedor.	29
3.1.4	Válvula de distribución de flujo del rompedor.	30
3.2	Método de montaje apropiado del rompedor en la excavadora.	32
3.3	Operación del rompedor en conjunto con la excavadora o pala hidráulica.	34
3.3.1	Uso correcto del rompedor.	34
3.3.2	Trabajos prohibidos cuando se utiliza el rompedor.	37
<b>4.</b>	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO</b>	<b>41</b>
4.1	Rutinas de mantenimiento.	41
4.1.1	Rutina de mantenimiento diaria.	42
4.1.2	Rutina de mantenimiento semanal.	48
4.1.3	Servicio de mantenimiento de 200 horas de operación.	50

4.1.4	Servicio de mantenimiento de 1000 horas de operación.	54
4.2	Materiales y lubricantes requeridos en las rutinas de mantenimiento.	57
4.3	Herramientas y equipo necesarios para ejecutar los servicios de mantenimiento.	57
4.4	Repuestos sugeridos para mantenimiento.	58
4.5	Capacitación necesaria para el técnico de mantenimiento.	58

<b>5.</b>	<b>CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA EL MANTENIMIENTO APROPIADO DEL ROMPEDOR HB7000 EN PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS PROGRESO</b>	<b>61</b>
5.1	Tamaño y capacidad del rompedor hidráulico modelo HB7000.	61
5.2	Características de la excavadora modelo 385C Caterpillar en la cual se opera el rompedor.	62
5.3	Tiempos estimados de entrega de repuestos, herramienta y materiales para la optima ejecución de los programas de mantenimiento.	64
5.4	Entrega de equipo de trabajo en cada cambio de jornada.	66

5.5	Condiciones del taller para ejecución de trabajos de mantenimiento.	67
	<b>CONCLUSIONES</b>	71
	<b>RECOMENDACIONES</b>	73
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	75



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Esquema de un martillo óleo hidráulico.	4
2	Esquema de un pistón.	5
3	Tipos de puntas o punteros	7
4	Posibilidades de accionamiento de un rompedor	13
5	Equipo para carga de nitrógeno de acumuladores de diafragma	19
6	Sección de un amortiguador de diafragma	20
7	Flujo de aceite cuando el pistón tiene movimiento ascendente	22
8	Flujo de aceite cuando el pistón tiene movimiento descendente	23
9	Interior de válvula de auto lubricación	24
10	Esquema de un sistema óleo hidráulico adicional en la excavadora	31
11	Flujo de información sobre estado del rompedor	49
12	Fotografía de taller automotriz, planta San Miguel	69

### TABLAS

I	Especificaciones de los rompedores Atlas Copco	62
II	Especificaciones de la excavadora modelo 385C	63
III	Tiempos estimados de entrega de repuestos o herramienta	66



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Hp</b>	Caballo de fuerza.
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>kW</b>	Kilowatts
<b>lb/pulg<sup>2</sup></b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>Ton</b>	Tonelada
<b>mm</b>	Milímetro



## **GLOSARIO**

### **ATAQUE DE MATERIAL**

Es la acción de golpear repetidamente la roca o material de origen mineral de cierta dureza con la intención de llegar a romperlo o fracturarlo.

### **CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN**

Es la cantidad de roca o material de origen mineral que el rompedor puede llegar a romper y dejar en condiciones apropiadas de procesamiento en una cantidad de tiempo. Para grandes rompedores que puede medirse por toneladas / hora.

### **FRECUENCIA DE GOLPES**

Es la cantidad de golpes que el rompedor es capaz de hacer sobre el material en una cantidad de tiempo. Normalmente se mide en golpes / minuto.

## JORNADA DE TRABAJO

Tiempo u horario en que un operador utiliza la máquina durante el día. En ciertos casos hay varias jornadas de trabajo en un solo día, lo que implica que hay varios operadores que utilizan la máquina en un día.

## MÁQUINA PORTADORA

Es la máquina donde será montado e instalado el rompedor. Esta puede ser una excavadora de bandas o de ruedas, también puede ser una retroexcavadora.

## ÓLEO HIDRÁULICO

El término hidráulico implica que el principio de funcionamiento se basa en el flujo o caudal de un fluido. Óleo Hidráulico significa que este fluido es aceite lubricante derivado del petróleo.

## RECIPROCANTE

Se emplea para describir un ciclo constante de movimiento entre dos puntos.

## PESO DE SERVICIO.

Básicamente es el peso del rompedor incluyendo la herramienta de ataque.

## SELLO

Se emplea este término para comprender todo tipo de empaquetaduras. Hay sellos que pueden ser fabricados de materiales polímeros (sellos O, retenedores de aceite) o hechos asbesto o cartón.



## **RESUMEN**

Al ser este un trabajo que intenta demostrar que los rompedores óleo hidráulicos no pueden cumplir con su tiempo de vida útil, debido a la falta de información para su operación, funcionamiento y mantenimiento, inicia con información básica de utilización y aplicación. Después se muestran los principios básicos de funcionamiento en el interior del rompedor y como el flujo del aceite es el que crea el movimiento recíprocante y de golpeteo.

También se resumen procedimientos de montaje de los rompedores, los trabajos prohibidos de operación y las recomendaciones de seguridad. Por último, se propone un programa de mantenimiento preventivo y se toman en consideración algunas variantes que puedan presentarse como la capacidad de producción, jornadas de trabajo, personal operativo y de mantenimiento. Se considera como ejemplo el rompedor óleo hidráulico que se encuentra en las instalaciones de Cementos Progreso, S.A. Este rompedor tiene dimensiones y capacidad bastante grandes, por lo que se considera como una buena referencia para aplicar las variantes que puedan presentarse.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Desarrollar el mejor plan de mantenimiento preventivo para un rompedor óleo hidráulico, considerando los aspectos que influyen directamente en la implementación del mismo.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Dar a conocer los principios de funcionamiento del rompedor.
2. Darle a conocer a los encargados de mantenimiento y a los de producción que la operación del rompedor influye determinadamente en la vida útil del equipo.
3. Proponer un plan de mantenimiento preventivo de fácil implementación.
4. Mostrar un ejemplo práctico de implementación de un programa de mantenimiento considerando las variantes e inconvenientes que pueden presentarse.



## **INTRODUCCIÓN**

El rompedor óleo hidráulico se utiliza principalmente en los sectores de construcción y minería para romper material o roca. En nuestro medio hay muy poca información sobre los principios de operación, funcionamiento y mantenimiento. El rompedor sólo puede utilizarse montado en otra máquina, por lo general es una excavadora o pala hidráulica, por lo que muchas veces se utiliza como parte de esta misma máquina. Por estas razones, los rompedores son utilizados normalmente como equipos de composición sencilla y bajo condiciones de operación exigentes. En realidad es una máquina que necesita mucha atención en su mantenimiento y operación.

En equipos como el rompedor óleo hidráulico, el estudio de los principios de funcionamiento y seguir las recomendaciones de operación apropiada, ayudan a alargar su vida útil considerablemente. Si a este estudio le añadimos implementar un plan de mantenimiento apropiado, se llegará al objetivo de obtener los mejores resultados al menor costo posible.



## **1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO.**

El rompedor óleo hidráulico es una máquina compuesta que transforma la potencia hidráulica en impactos mecánicos. Normalmente, el rompedor se acopla al brazo de una excavadora hidráulica de bandas o ruedas. Se ha generalizado que el rompedor se utiliza para romper roca, aunque tiene otras aplicaciones y formas de uso. En nuestro medio, es común llamar “martillo hidráulico” al rompedor óleo hidráulico.

### **1.1 Necesidad de un rompedor hidráulico en el sector de minería y construcción de carreteras.**

El suelo es un sistema complejo que se forma en la capa más superficial de la Tierra. Hay gran variedad de materiales de distinta composición y dureza en el suelo. Cuando el material está compuesto por roca o material muy duro y no es posible removerlo con herramienta de corte, entonces es necesario utilizar herramienta de impacto.

La función del rompedor, el cual está instalado en una excavadora o pala hidráulica, es atacar el material del suelo por medio de golpes secos y de esta forma romperlo. Cuando se reduce el tamaño de este material duro o rocoso, es posible transportarlo y procesarlo de una mejor manera.

En el sector de minería, hay métodos alternativos para la sustracción de los minerales con cierta dureza, por ejemplo el uso de los explosivos, pero los martillos hidráulicos permiten conseguir una mejor calidad de las materias primas y el aprovechamiento completo del yacimiento.

También influyen limitaciones y condiciones relativas al medio ambiente que han provocado que en muchas explotaciones de canteras se haya planteado un método de extracción alternativo y se han tenido experiencias muy positivas al utilizar martillos o rompedores hidráulicos para la extracción de roca consolidada sin explosivos.

Existen varias aplicaciones de martillos hidráulicos en las explotaciones a cielo abierto, las cuales se describen a continuación.

Retrituración con el martillo hidráulico: La retrituración es necesaria cuando quedan rocas sueltas tras las voladuras, que debido a su tamaño no pueden ser recogidas por la máquina de carga o bien que excederían la abertura de la máquina quebrantadora a donde será procesada inicialmente. Debido a que ni siquiera en la moderna tecnología con explosivos se pueden evitar los bloques de roca, es necesaria la eliminación de dichos bloques con el uso del rompedor.

Extracción selectiva: La extracción selectiva permite la explotación separada de distintos niveles de calidad de un yacimiento con material no homogéneo. Empleando un martillo hidráulico se obtiene una capacidad de ajuste a las condiciones de explotación considerablemente superior que al romper con una excavadora hidráulica y una oruga de fragmentación. Al utilizar un rompedor se producen menos partes finas que al realizar las voladuras.

Eliminación de escombros: Antes de la extracción, en las explotaciones a cielo abierto se desescombra la capa pendiente de gran parte del material terroso o arcilloso. El aprovechamiento de un yacimiento puede aumentarse, ya que con un martillo que trabaje de forma selectiva ahora también pueden

explotarse partes que en la extracción con aparatos convencionales formarían parte de los escombros.

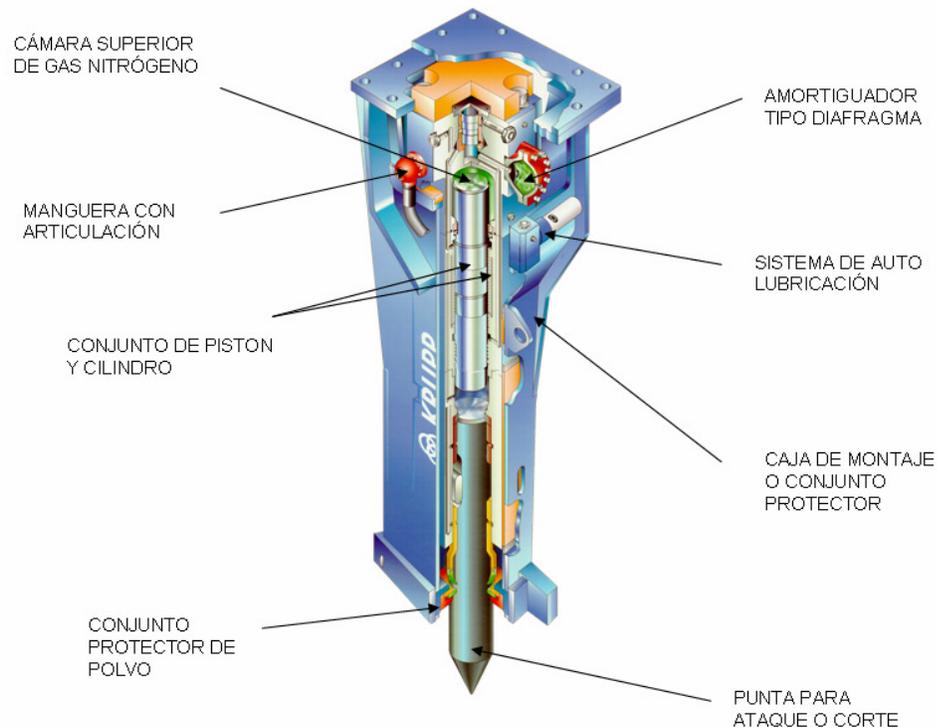
En el sector de construcción es importante la aplicación del martillo hidráulico principalmente en la elaboración de carreteras. Con un poco de suerte, la roca o el material a remover puede ser materia prima de buena calidad, pero de otra forma la sustracción del material no tiene mayor fin comercial, entonces es requerido elegir el método más económico y ajustable que se acople a la disposición del material que debe ser removido y entre estos métodos, el de mayor versatilidad resulta al utilizar el martillo hidráulico.

Hay otras aplicaciones para el rompedor óleo hidráulico, pero no son muy comunes en el medio, por ejemplo aplicación en demolición o minería especializada de materiales como diamante.

## **1.2 Componentes principales de un rompedor hidráulico, también conocido como “martillo hidráulico”.**

La figura número 1 ilustra un rompedor óleo hidráulico que muestra sus componentes internos.

Figura 1. Esquema de un martillo óleo hidráulico.



Fuente: Composición HB 7000, Atlas Copco.

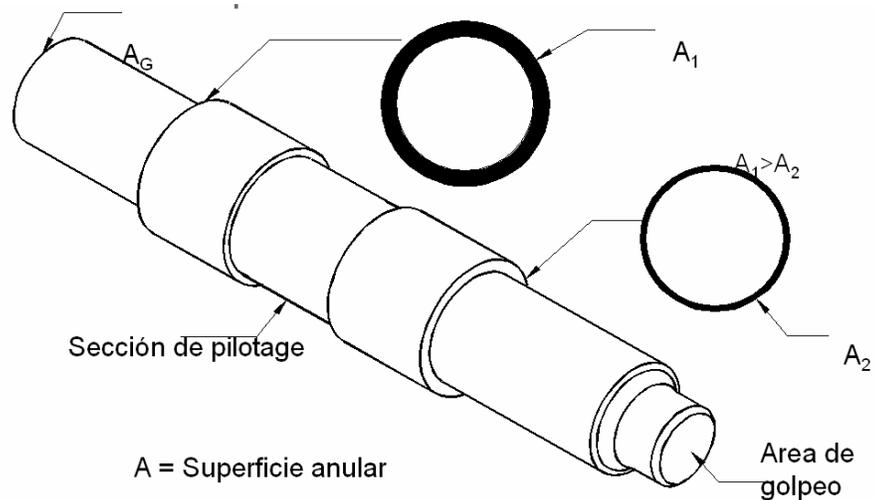
### 1.2.1 Conjunto de pistón y cilindro.

El pistón tiene un movimiento recíproco en el interior del cilindro, por lo que es importante mencionar que debe existir un ajuste muy preciso entre estos dos componentes. El pistón tiene un diseño particular el cual se muestra en la figura 2.

Existe una variación de diámetros entre el extremo que golpea la punta de ataque (inferior) y el extremo que está en contacto con la cámara de gas nitrógeno (superior). El extremo inferior tiene un diámetro mayor que el extremo superior, esto genera que la superficie anular inferior sea menor que la superficie anular superior. Como no son iguales las superficies se genera un

mayor empuje al aplicar presión hidráulica en la parte superior. Esta parte se explicará con mejor detalle en el principio básico de funcionamiento.

Figura 2. Esquema de un pistón.



Fuente: Principio de funcionamiento HB7000, Atlas Copco.

### 1.2.2 Cámara superior de gas nitrógeno.

Esta cámara se encuentra ubicada en la parte superior del conjunto del pistón y cilindro. El extremo superior del pistón se mantiene en contacto con el gas. Sellos especiales que están montados en la parte superior del cilindro, impiden que se escape el gas nitrógeno. Su función es la de mantener una presión de amortiguación sobre el pistón, parecido a la presión que haría un resorte helicoidal, forzándolo a desplazarse hacia abajo.

### **1.2.3 Amortiguadores de presión de tipo diafragma.**

Estos amortiguadores se conforman de una cámara de gas nitrógeno que es mantenido en su interior por medio de un resistente diafragma. La presión del nitrógeno de los amortiguadores de diafragma es mucho mayor que la presión del nitrógeno de la cámara superior del pistón.

La función de estos amortiguadores de diafragma es parecido a la de un acumulador de energía. En un extremo del diafragma está la cámara de gas y en el otro un conducto que está en contacto con el aceite que fluye en el sistema hidráulico del rompedor.

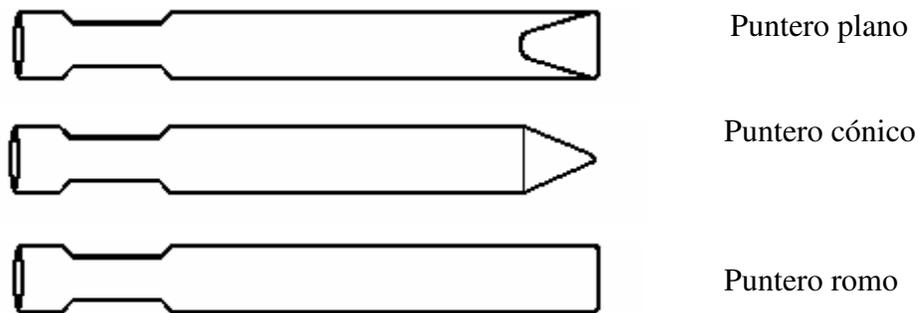
Cuando se incrementa la presión del aceite, la presión es absorbida por la cámara de nitrógeno. La presión del aceite desplaza al diafragma al extremo del gas y comprime entonces al nitrógeno. Cuando se reduce la presión del aceite entonces se libera la presión acumulada en el nitrógeno y regresa el diafragma al extremo del conducto de aceite del sistema hidráulico.

### **1.2.4 Punta de desgaste para ataque o corte de material.**

Uno de los componentes más sencillos en estructura pero de los más importantes en el martillo es la punta de desgaste. Conocida también como puntero, pica o herramienta de ataque, la punta es de vital importancia pues el componente que golpea el material a trabajar, sobre este componente se genera gran concentración de esfuerzos y es muy importante seleccionar adecuadamente cada tipo de punta que debe utilizarse según el material que se esté trabajando.

Los tres tipos más comunes de punta se muestran en la figura número 3.

**Figura 3. Tipos de puntas o punteros.**



### **1.2.5 Sistema de auto lubricación.**

Los rompedores actuales utilizan un lubricador automático, esto para facilitar la operación y reducir los tiempos de paro que se necesitan para lubricarlo manualmente. Las partes del martillo que deben mantenerse lubricadas con grasa son la punta y los bujes que alojan en su interior a la punta.

Alojado en la parte externa del martillo, el mecanismo de auto lubricación se alimenta con un bote de grasa que se cambia una vez esté vacío. La grasa del bote es bombeada por el sistema hidráulico del martillo cuando está trabajando y llevada por unos conductos a los bujes y la punta. De esta manera,

la actividad de cambiar el bote es la única que el personal de mantenimiento o el operador realizará para cumplir con los requerimientos de mantenimiento en cuanto a la lubricación se refiere.

### **1.2.6 Caja de montaje o conjunto protector.**

La caja de montaje es una caja hueca que en su interior alojará y protegerá a los componentes anteriormente descritos. Solamente la punta será el componente que podrá verse en la parte inferior, lógicamente no hay que protegerla pues es la que atacará el material. Todos los demás serán montados en la caja y se colocan unos aislantes plásticos para amortiguar los golpes y vibraciones entre los componentes internos y la caja de montaje.

### **1.2.7 Conjunto de mangueras con articulación.**

Hay dos mangueras que deben conectarse al rompedor o martillo. La manguera donde se llevará el aceite de la excavadora al martillo (entrada), que normalmente es la de menor diámetro. La manguera de mayor diámetro es la de aceite de retorno a la excavadora y va en el extremo contrario a la manguera de entrada.

Por la misma naturaleza de los movimientos que el martillo puede tener en el brazo de la excavadora, estas mangueras deben tener libertad de giro en cierta cantidad de grados. Por esta razón es que están acoplados en articulaciones que incluso permiten la articulación rotacional completa (360 grados) pero únicamente giraría una parte de la variación de ángulo que hay cuando se da inclinación al martillo durante la operación, que pueden llegar a

ser hasta 45 grados. O cuando se le dará reposo al martillo y éste se dejará en posición horizontal, las mangueras pueden requerir girar hasta 90 grados.

### **1.2.8 Conjunto protector de polvo.**

Como se refirió anteriormente, la punta es la única parte del martillo que sale de la caja de montaje. También al ser la parte que ataca la roca o material, puede soltar mucho polvo y material abrasivo que puede llegar a filtrarse al interior del martillo por la parte inferior, justo donde se expone la punta.

Por esta razón se instala un conjunto protector de polvo, que debe ubicarse entre la caja de montaje y la punta. Este conjunto permitirá los dos movimientos que pueda tener la punta con respecto a la caja de montaje: el reciprocante y el axial, al mismo tiempo que sellará e impedirá la entrada de polvo que pueda mezclarse con la grasa y dañar el contacto entre la punta y sus bujes.

### **1.2.9 Placa de montaje para conexión a la excavadora.**

Ubicada en la parte superior del martillo, es el componente que permitirá acoplar la caja de montaje del martillo al brazo de la excavadora. En la parte superior debe tener los dos pasadores o pines que originalmente utiliza el cucharón convencional. En la parte inferior debe poseer los agujeros para poder atornillar la caja de montaje.

Como puede intuirse, este componente debe cumplir con las especificaciones de diseño tanto del brazo de la excavadora como con la base

de la caja de montaje, normalmente es proporcionado por el fabricante del martillo.

### **1.3 Capacidad de producción de un rompedor hidráulico.**

Para medir la capacidad de producción de un rompedor hidráulico es importante considerar los aspectos que hacen variar la cantidad de material que el martillo puede romper o remover.

Un primer aspecto es el material a trabajar. Hay distintas clases de materiales que forman el suelo y que poseen distinta dureza o condiciones ambientales. Hay materiales hechos de roca maciza muy dura y compactada, hasta roca muy agrietada que sería fácil de romper. El segundo aspecto es el tamaño del martillo, pues los fabrican de distintos tamaños para aplicarse en diferentes tamaños de excavadoras. Entre más grande es el martillo aumenta su capacidad de producción, aunque también así debe aumentar el tamaño de la máquina portadora.

Se muestran a continuación algunos ejemplos prácticos

#### Ejemplo número 1

Descripción:

Clase de roca:	caliza
Estructura geológica:	principalmente homogénea.
Características específicas	se prohíben las explosiones en algunas Zonas del yacimiento.

Solución:

Máquina portadora:	de 44 toneladas y 224 kW
--------------------	--------------------------

Tamaño de martillo: de 2.5 toneladas.  
Datos de producción: 180 Toneladas por hora en promedio.

#### Ejemplo número 2

Descripción:

Clase de roca: granito  
Estructura geológica: yacimientos homogéneos  
Características específicas: ninguna

Solución:

Máquina portadora: de 71 toneladas y 294 kW  
Tamaño de martillo: 4 toneladas  
Datos de producción: 120 toneladas por hora en promedio.

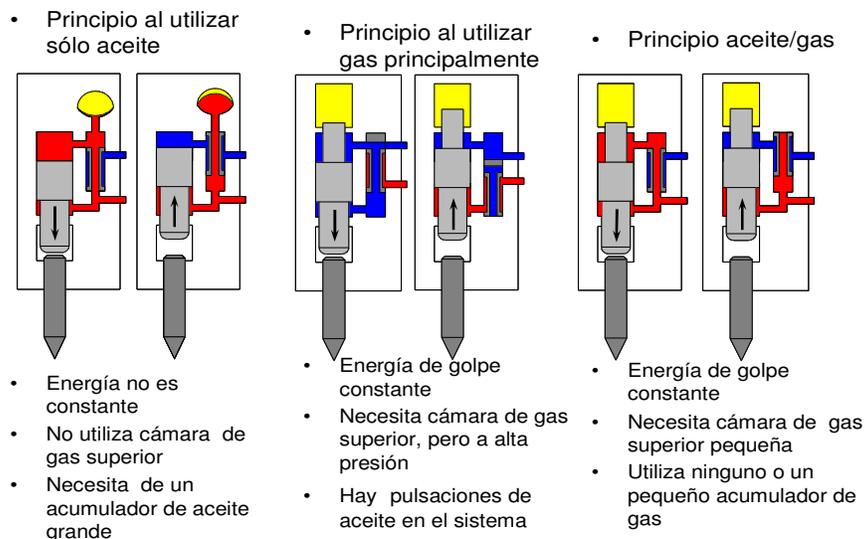


## 2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN ROMPEDOR ÓLEO HIDRÁULICO

Las partes físicas del martillo se han visto en el capítulo anterior. Sin embargo los componentes internos no trabajarían sin la acción del aceite y del gas nitrógeno.

Debido a que el flujo del aceite es lo que hace funcionar las partes internas, se denomina al rompedor “óleo hidráulico”. La acción de rebote en el sistema hidráulico es absorbida por los acumuladores, por lo tanto es importante considerar las propiedades del aceite y del nitrógeno. El principio de funcionamiento se comprende al ver las posibilidades de accionamiento de un martillo que se muestran en la figura número 4.

**Figura 4. Posibilidades de accionamiento de un rompedor.**



Fuente: principios de funcionamiento, HB7000. Atlas Copco.

La figura anterior muestra que el principio de utilizar aceite con cámara superior y acumuladores de gas nitrógeno es la mejor opción para un rompedor. Mantiene constante la energía de golpe, pues no hay interrupción durante la operación. Necesita una cámara superior de gas pero no a tanta presión como cuando se utilizaría la cámara como principal fuente de energía para el impacto. Y por último, utiliza acumuladores de diafragma pequeños o incluso si el rompedor es pequeño puede no requerir los acumuladores.

## **2.1 Propiedades del aceite que se utiliza en el rompedor.**

El aceite que utiliza el martillo hidráulico es el mismo que utiliza la excavadora, de tal forma que debe estar diseñado para trabajar empleando las características del aceite hidráulico, debemos considerar los siguientes aspectos.

### **2.1.1 Incompresibilidad.**

Los aceites, en teoría, no modifican su volumen cuando actúa una presión sobre ellos, es decir son incompresibles. Esta característica es muy importante para el principio de funcionamiento del martillo, debido que al ejercer presión en un punto del aceite, se transmite de la misma manera en todas direcciones. Esto mejora la velocidad de respuesta del equipo.

La presión es un factor esencial tanto para el rendimiento del fluido como para la vida del equipo, por ello es necesario que para obtener una gran precisión en los movimientos, el fluido tenga una compresibilidad la más baja posible.

### **2.1.2 Viscosidad.**

La viscosidad muestra la velocidad o resistencia que un aceite tiene para fluir. En un martillo hidráulico hay constante flujo de aceite a través de su interior. Un martillo convencional de capacidad media, puede llegar a tener un caudal de hasta 400 litros por minuto, por lo que la viscosidad debe ser apropiada para que el aceite pueda fluir normalmente y no pierda la capacidad de lubricación de los componentes interiores.

Esta es una propiedad que está relacionada con su capacidad para disminuir la fricción y el desgaste.

### **2.1.3 Refrigerante o disipador de calor.**

El aceite juega un papel muy importante para mantener a una temperatura apropiada los diversos componentes que forman el martillo hidráulico. Su propiedad de tomar, transportar y luego disipar el calor al ambiente es requerido para que no aumente de tamaño las piezas de metal, debido al calor excesivo.

Al igual que en los componentes hidráulicos de la excavadora, si los componentes del rompedor están sometidos a altas temperaturas se tendrán tolerancias mínimas que empiecen a generar roces entre componentes y por lo tanto se genere desgaste acelerado.

Normalmente, la excavadora o equipo que utilice un martillo hidráulico cuenta con un enfriador de aceite, el cual disipa el calor y ayuda a controlar la temperatura del sistema hidráulico.

Estos enfriadores trabajan con el principio de intercambio de calor al hacer pasar el aceite por conductos<sup>15</sup> de un radiador y que estén en contacto con aire o refrigerante con temperatura menor y así sustraerle la temperatura al aceite. Es importante que el aceite que retorna del martillo e ingresa nuevamente a la excavadora sea llevado al enfriador de aceite.

#### **2.1.4 Inhibidor de oxidación y corrosión.**

El aceite debe evitar la oxidación de los componentes internos del rompedor. En los metales, la corrosión presenta diferentes aspectos y puede incluso provocar otras fallas como erosión, corrosión y hasta fatiga.

La propiedad del aceite como inhibidor de oxidación y corrosión ayuda a preservar en buenas condiciones el martillo, pues en el interior de éste, se generan aumentos de temperatura, constantes impactos y elevadas presiones de trabajo.

#### **2.1.5 Limpieza y filtrado.**

Sin duda, el aceite debe fluir en el interior del martillo de una forma constante y limpia. La excavadora debe tener un filtro para su propio sistema óleo hidráulico y además debe existir un filtro exclusivamente para el retorno de aceite del sistema óleo hidráulico del martillo. De esta forma se separan las rutinas de mantenimiento entre el martillo y la excavadora. Esto se debe principalmente que tanto el martillo como la excavadora pueden tener distinta

operación. El martillo puede desmontarse y la excavadora seguir operando, por lo que la variación de horas de uso puede variar entre ambos.

La propiedad de sustraer cualquier suciedad o partícula en el sistema y llevarla al filtro es muy importante para alargar la vida de las partes internas del martillo.

## **2.2 Propiedades del gas nitrógeno que se utiliza en el rompedor.**

El nitrógeno es el componente principal de la atmósfera terrestre (78,1% en volumen). Se obtiene para usos industriales de la destilación del aire líquido. Al separarlo de los demás componentes de la atmósfera se obtiene de una forma molecular diatómica, es decir por dos átomos de nitrógeno y se comporta en forma de gas.

El uso del nitrógeno en los amortiguadores de la industria automotriz se ha expandido y cada vez se utiliza con más frecuencia para realizar la función de “amortiguación” en sistemas hidráulicos como el que utiliza el rompedor óleo hidráulico.

### **2.2.1 Gas inerte, no inflamable.**

Gas inerte significa que es un gas sin movimiento o sin vida bajo determinadas condiciones de trabajo y ambientes. Las partículas del nitrógeno tienden a mantenerse en la misma posición todo el tiempo y difícilmente reaccionan a temperatura ambiente. Por lo anterior no es inflamable y se requieren temperaturas muy altas para llegar a modificar la estructura molecular del gas nitrógeno.

Pero al ser el nitrógeno un gas, debe obedecer la ley de Boyle, la cual establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente. Esto quiere decir que si el volumen del contenedor aumenta, la presión en su interior disminuye y, viceversa, si el volumen del contenedor disminuye, la presión en su interior aumenta.

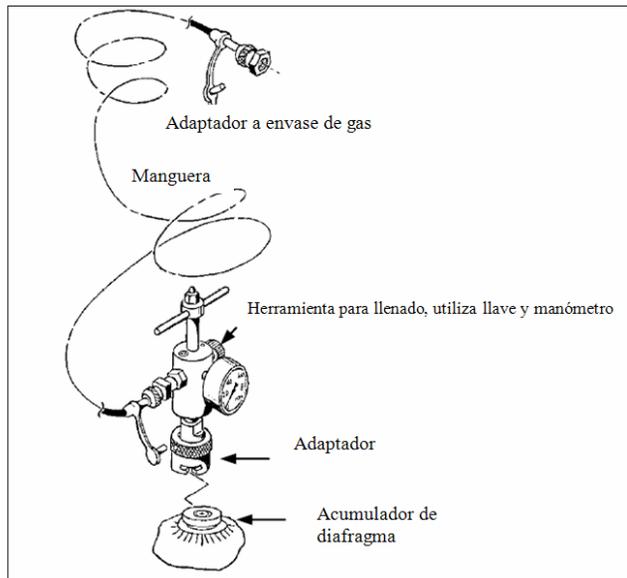
Tanto en los amortiguadores de diafragma como en la cámara superior de gas se utiliza este principio ya que en ambos casos, durante el funcionamiento del martillo, se verán reducidos los volúmenes de las cámaras que contienen el gas y se someterán a un incremento de presión.

### **2.2.2 Presurizado de cámaras de amortiguación.**

El nitrógeno que se utiliza en los martillos óleo hidráulicos no es difícil conseguir. Es distribuido comercialmente por empresas que se especializan en la distribución de gases para uso industrial, hospitalario o soldadura. Sin embargo, la herramienta que se necesita para presurizar las cámaras es proporcionada por el fabricante del martillo y no por el proveedor del gas.

La figura 4 muestra la herramienta necesaria para la recarga de los acumuladores de diafragma.

**Figura 5. Equipo para carga de nitrógeno de acumuladores de diafragma.**



**Fuente: Manual de mantenimiento, HB7000, Atlas Copco.**

Una vez la cámara de amortiguación del acumulador de diafragma esté a la presión adecuada, está listo para realizar su función de amortiguador, si se menciona el concepto de amortiguador, es un dispositivo que absorbe energía, utilizado normalmente para disminuir las oscilaciones no deseadas de un movimiento periódico o para absorber energía proveniente de golpes o impactos.

En el interior del sistema hidráulico del martillo se generan aumentos de presión que son absorbidos por los acumuladores de diafragma.

### **2.2.3 Protector de piezas internas del rompedor.**

Los acumuladores de gas nitrógeno protegen al sistema hidráulico de las presiones elevadas que se generan por los impactos sobre el material a

trabajar. El rebote del puntero genera un empuje o reacción igual de instantáneo sobre el pistón, este movimiento mecánico produce compresión en el sistema hidráulico en intervalos de tiempo muy cortos. Este aumento de presión es el que reduce el volumen de las cámaras de gas nitrógeno del acumulador y luego cuando la presión del sistema hidráulico disminuye, entonces se libera la presión que fue retenida por el gas y devuelta al sistema hidráulico.

La figura 5 muestra el acumulador en sección cuando ocurren ambos casos: cuando la presión del sistema hidráulico es mayor y cuando la presión retenida en el acumulador es devuelta al sistema para proteger de esta forma los componentes internos del rompedor, al mismo tiempo que ayuda a mantener la energía de golpe en una forma constante.

**Figura 6. Sección de un amortiguador de diafragma.**

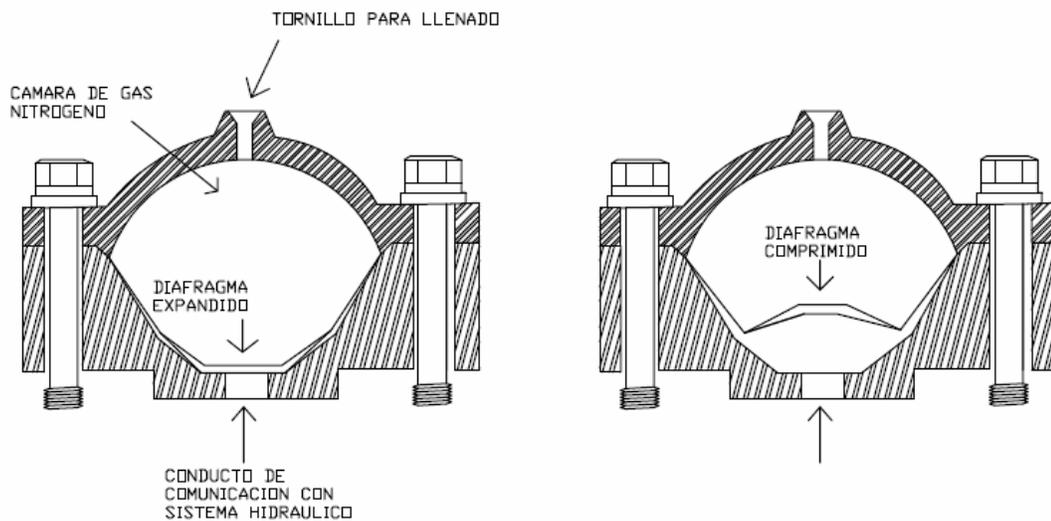


FIGURA 5 A CUANDO PRESIÓN DE CÁMARA DE GAS ES MAYOR QUE LA DEL SISTEMA HIDRAULICO

FIGURA 5 B. CUANDO PRESIÓN DEL SISTEMA HIDRAULICO ES MAYOR QUE LA DE LA CÁMARA DE GAS.

Fuente: Principios de funcionamiento, HB700. Atlas Copco

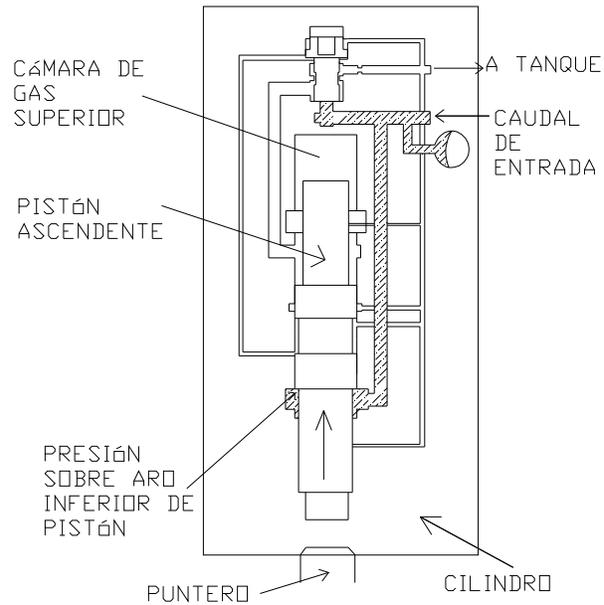
### **2.3 Flujo de aceite en el interior del rompedor.**

El rompedor es accionado por el operador de la máquina accionando un switch, pedal o palanca en el interior de la cabina. Este switch envía señal eléctrica a una válvula electro-hidráulica que abre el paso de aceite al interior del martillo.

El caudal de aceite es dirigido a la parte inferior del pistón y aumenta la presión sobre el área que el pistón tiene para recibir el aceite, de esta forma el pistón se ve forzado a elevarse. Cuando alcanza cierta altura se abre paso de caudal de aceite hacia la parte superior del martillo y como el área superior del pistón para recibir la presión es superior a la inferior el pistón se ve forzado a descender con una presión mayor que la que se empleó para ascender.

Es importante notar que la presión que se genera para bajar el pistón también se ve auxiliada por la cámara superior de gas nitrógeno que tratará de mantener al pistón en la posición inferior y además que se liberará la presión acumulada en los amortiguadores de diafragma. La figura 6 muestra como el caudal de aceite desplaza al pistón en un movimiento ascendente.

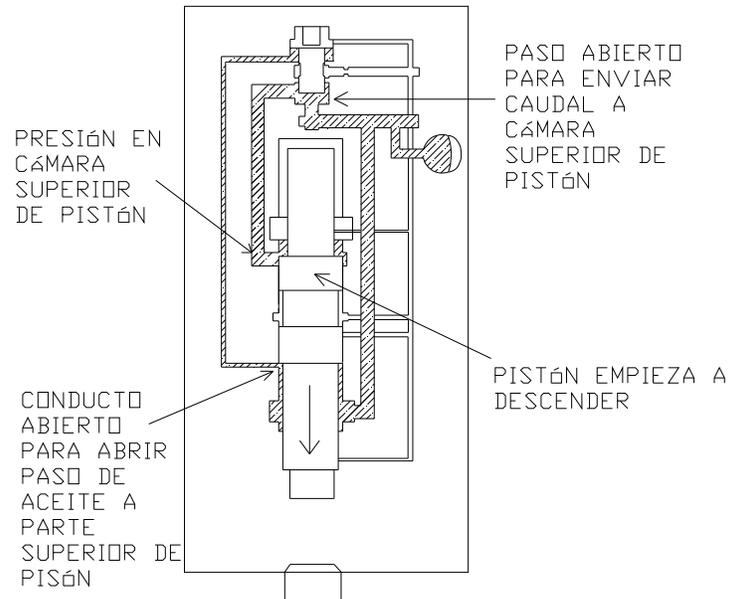
**Figura 7. Flujo de aceite cuando el pistón tiene movimiento ascendente.**



Fuente: Principios de funcionamiento, HB7000. Atlas Copco

La figura 7 muestra cuando el conducto inferior ha sido abierto conforme el movimiento ascendente del pistón y abre el paso de aceite para crear presión en la cámara superior del pistón, de esta forma se genere el movimiento descendente del pistón.

**Figura 8. Flujo de aceite cuando el pistón tiene movimiento descendente.**



Fuente: Principios de funcionamiento, HB7000. Atlas Copco

#### **2.4 Cámara de gas nitrógeno como amortiguador.**

En la figura 6 se muestra también la función de la cámara de gas superior al mantener el pistón en la parte inferior, sin embargo, la función como amortiguador y suavizar el desplazamiento del pistón debe también ser reconocido. Sin la cámara de gas superior se crearía un movimiento de rebote mecánico en el pistón que se vería reflejado en la operación. El martillo podría tener rebotes muy bruscos y una operación más ruidosa.

#### **2.5 Principios de funcionamiento del lubricador automático.**

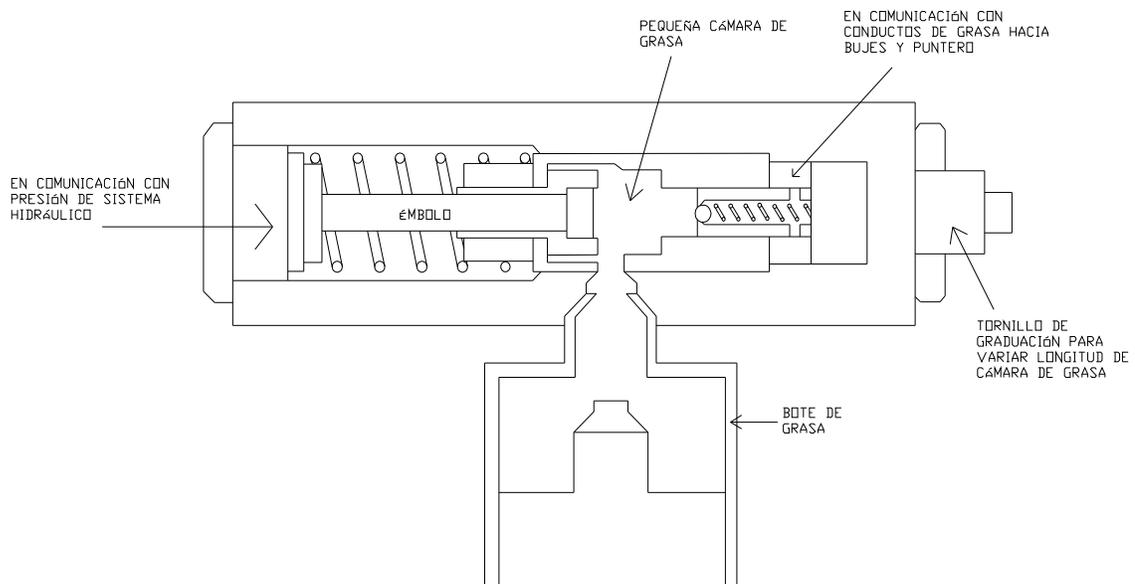
El puntero es un componente que no está expuesto al sistema hidráulico del martillo, por lo tanto, no tiene lubricación por aceite y debe ser lubricado por

grasa. Los primeros rompedores óleo hidráulicos utilizaban un sistema de engrase manual. Pero este sistema requiere demasiado tiempo de mantenimiento y reduce el tiempo efectivo de operación. Por estas razones se implementó un sistema de lubricación automática, que mantendrá la adecuada cantidad de grasa entre el puntero y los bujes que lo mantienen centrado.

### 2.5.1 Funcionamiento de la válvula auto lubricadora.

La válvula auto lubricadora tiene en su interior un émbolo que es desplazado por la misma presión hidráulica que utiliza la excavadora y el rompedor. La figura 8 muestra el desplazamiento del émbolo en el interior de la válvula. Cuando el émbolo recibe la presión hidráulica, se desplaza hacia la derecha y genera presión sobre la grasa que ha quedado guardada en una pequeña cámara.

**Figura 9. Interior de válvula de auto lubricación.**



Fuente: Principios de funcionamiento, HB7000. Atlas Copco.

Esta grasa es enviada por unos conductos a los bujes y el puntero. Cuando el émbolo ha dejado de recibir presión se desplaza hacia la izquierda por la acción del resorte, generando un vacío suficiente para succionar grasa que se encuentra en un depósito y llenar nuevamente la cámara de grasa.

### **2.5.2 Graduación de la cantidad de grasa suministrada.**

Observando nuevamente la figura 8 es visible que la cantidad de grasa que será desplazada puede graduarse al variar la carrera del émbolo. Si se reduce la carrera del émbolo, entonces menos grasa será retenida en la cámara de grasa de la válvula. Si se aumenta la carrera, mayor volumen de grasa será desplazada hacia los conductos.

### **2.5.3 Tipo de grasa especial utilizada.**

La grasa que utilizan los martillos no es una grasa simple multiusos. Debe utilizarse una grasa con base de bisulfuro de molibdeno pero también debe tener grafito y cobre. Este tipo de grasa posee un punto de goteo de 250 grados centígrados.

. Es importante notar que mantener adecuadamente lubricado el puntero y los bujes es un punto determinante para la vida útil del martillo. El trabajo y esfuerzo que se genera en el martillo es muy fuerte por lo que el uso de grasa inadecuada genera gastos innecesarios de recambio de piezas como los bujes y los punteros.

La grasa especial para martillos hidráulicos no es muy comercial, por lo que es aconsejable utilizar la grasa que recomienda el fabricante.



### **3. PRINCIPALES REQUERIMIENTOS EN LA EXCAVADORA PARA UTILIZAR UN ROMPEDOR APROPIADAMENTE.**

La máquina portadora de un rompedor hidráulico es normalmente una excavadora o pala hidráulica, ya sea de orugas o de ruedas. Se eleva la importancia de los requerimientos en la excavadora al reconocer que, si no se cumplen adecuadamente, puede ser perjudicial no sólo para el rompedor sino también para la excavadora.

Los requerimientos principales comprenden lo siguiente:

1. El sistema óleo hidráulico adicional que la excavadora debe tener para utilizar el martillo.
2. El montaje y unión del martillo al brazo de la excavadora y
3. La adecuada operación de trabajo del conjunto martillo-excavadora.

#### **3.1 Sistema óleo hidráulico adicional necesario para utilización del martillo.**

El sistema hidráulico de la excavadora debe contar con un circuito que permita controlar, no sólo el paso de aceite, sino también el caudal y presión que habrá en el rompedor cuando esté operando.

Normalmente, la excavadora no cuenta con este circuito hidráulico a menos que sea solicitado desde el momento de su compra. Si se presenta la necesidad de utilizar el rompedor y no se tiene este sistema adicional en la excavadora, entonces es imprescindible instalarlo para tal efecto.

Este circuito necesita de tubería y mangueras que llevarán el aceite desde el tanque hasta el extremo del brazo y también la tubería que conducirá el aceite de retorno. También se requiere una parte eléctrica que será la encargada de comandar la operación desde la cabina por parte del operador.

De todos los componentes hay que hacer especial mención de algunos que son importantes para la adecuada operación y mantener en buenas condiciones tanto el martillo como la máquina portadora.

Entre estos componentes están:

1. La válvula de cierre de flujo de aceite.
2. El pedal o el mando adicional de accionamiento en la cabina.
3. El filtro de aceite adicional del sistema.
4. La válvula principal que distribuirá el flujo de aceite al rompedor.

### **3.1.1 Válvula de cierre de flujo de aceite.**

Esta válvula se utiliza cuando el martillo no está montado en la excavadora. Como se ha mencionado anteriormente, la excavadora puede trabajar tanto con el cucharón de forma normal o bien, desmontar el cucharón e instalarse el martillo, según sea la necesidad de aplicación que se requiera en su momento.

Si se monta y utiliza el martillo en la excavadora, esta válvula debe abrirse para permitir la circulación del aceite. Si se desmonta el martillo pues se utilizará sólo el cucharón, la válvula debe cerrarse. Esta válvula normalmente se instala en el extremo de la tubería del brazo y que conecta con la manguera articulada de entrada de aceite al martillo.

También hay algunas acciones que requieren cerrar la válvula de cierre cuando el martillo está montado, por ejemplo, para labor de diagnóstico del sistema hidráulico de la excavadora o bien para ajustar la válvula de alivio principal.

### **3.1.2 Pedal o mando adicional de accionamiento.**

Este es un componente sencillo pero importante para que el operador de la excavadora haga trabajar adecuadamente el rompedor. Debe ser fácil de presionar o utilizar y además de fácil acceso, pues al mismo tiempo que el operador está pendiente por los movimientos del brazo también estará pendiente por la operación del martillo.

Este mando adicional va instalado en el interior de la cabina. Tiene varias disposiciones para el uso del operador, por ejemplo, en forma de pedal, palanca o switch. Su función será la de enviar señal eléctrica a una electro-válvula que se encargará de abrir el flujo de aceite.

### **3.1.3 Filtro adicional para el sistema del rompedor.**

El sistema hidráulico de la excavadora sufre un cambio muy importante cuando se opera con martillo. Utilizando el martillo, el aceite se deteriora mucho más rápidamente que con las tareas normales de excavación. Esto se debe al aumento de temperatura en el sistema en general y porque el impacto y las presiones provocan un mayor desgaste en el interior de las mangueras que se acoplan al martillo.

Por lo tanto, se presenta en el aceite mayor degradación y suciedad al utilizar el martillo. Esto requiere modificar los intervalos de mantenimiento para el aceite y el filtro hidráulico de la excavadora. También requiere instalar, en el sistema hidráulico adicional de la excavadora, un filtro en la línea de retorno de aceite del martillo.

#### **3.1.4 Válvula de distribución de flujo del rompedor.**

Es la válvula principal del sistema hidráulico adicional de la excavadora. Este componente es el encargado de distribuir el flujo de aceite hacia el rompedor. Está constituida por un solenoide eléctrico que recibirá señal desde la cabina, a través del mando o pedal de accionamiento, para desplazar un pequeño émbolo y abrir de esta forma el paso o cerrarlo según sea la necesidad del operador.

Esta válvula también tiene una línea hidráulica sensible a la carga que se presenta en el sistema. En base a las señales que recibe, eléctrica e hidráulica, esta será la entrega de caudal que enviará al rompedor.

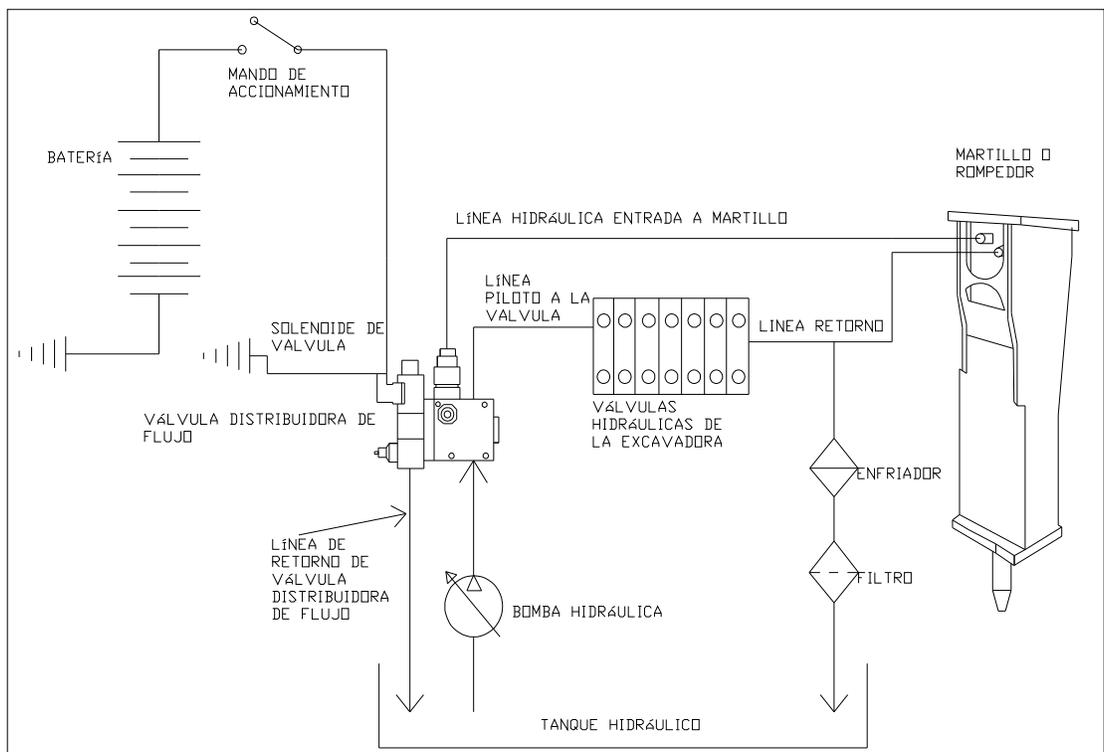
La figura 9 muestra un esquema que representa el sistema hidráulico adicional de una excavadora. En este diagrama se muestra la parte eléctrica y la hidráulica que interactúan entre el martillo y la excavadora. El aceite de salida del martillo es filtrado y enviado al enfriador y al tanque de la excavadora.

En la figura también puede notarse que a la válvula distribuidora le llegan dos señales que comandarán la cantidad de aceite que será enviada al martillo:

1. Señal eléctrica que comanda directamente el operador desde la cabina.
2. Señal hidráulica piloto que proviene del banco de válvulas de la excavadora.

Al procesar estas dos señales, abrirá el paso necesario de aceite hacia el martillo y el aceite excedente será enviado de nuevo al tanque.

**Figura 10. Esquema de un sistema óleo hidráulico adicional en la excavadora.**



Fuente: Manual de Instalación de válvula reguladora de flujo. Atlas Copco.

### **3.2 Método de montaje apropiado del rompedor en la excavadora.**

El montaje del martillo en la excavadora debe ser apropiado para evitar problemas de vibraciones, desajustes, sobreesfuerzos o hasta incluso problemas de fugas en las mangueras que se acoplan al martillo.

El procedimiento debe empezar desde acoplar adecuadamente el martillo con la placa de montaje. Entre los dos componentes (placa y conjunto protector) puede ir montado un amortiguador plástico o de hule que sirve para absorber vibraciones. Este amortiguador está expuesto a desgaste, por lo que se recomienda revisarlo e incluirlo en los puntos de inspección en rutinas de mantenimiento.

Todos los tornillos que unen la placa de montaje al martillo deben enroscarse sin esfuerzo excesivo. De lo contrario, es posible que haya un problema de alineación y puede repercutir en crear sobreesfuerzos en estos tornillos y en sus bridas. Es aconsejable, si hay problemas en atornillarlos, volver a desmontar y revisar la alineación de los agujeros. Ya instalados los tornillos se recomienda aplicarles un torque adecuado.

Continuando con el procedimiento, ya unidos la placa y el martillo como conjunto, se instala a la excavadora. Es importante considerar la destreza del operador para alinear adecuadamente el brazo de la excavadora con respecto al martillo sin golpear o lastimar cualquier componente. En el brazo, ya sin el cucharón, deben montarse los pines que sujetan al cucharón y ahora al martillo de la misma manera como se monta un cucharón de excavación.

Los pines deben montarse también sin mucho esfuerzo. Es importante aplicar un poco de grasa al pin cuando se monte. Estos pines atraviesan al

martillo y al brazo y deben estar bien alineados para no tener problemas de atascos de los pines.

Ya acoplado el martillo al brazo, es tiempo de montar las mangueras que llevarán el aceite al martillo. Normalmente, estas se atornillan a la tubería que está soldada o atornillada al brazo. Es importante considerar que las mangueras no estén retorcidas o pegadas al brazo, de tal forma que cuando trabajen y vibren, no entren en contacto con el metal y empiecen a sufrir desgaste.

Las mangueras tienden a tener mucho movimiento, tanto por la vibración como por el movimiento mismo que tiene la articulación del brazo. Por estos movimientos se recomienda realizar algunas pruebas de la articulación y ver si no hay contacto entre las mangueras y el brazo, cuando recién se ha instalado el martillo.

Cuando se han instalado adecuadamente las mangueras se procede a abrir la llave de paso de aceite y a realizar las pruebas de mover el martillo en varias posiciones.

Si el martillo ha estado guardado sin operar durante algún tiempo o es la primera vez que se monta, tiene que iniciarse la lubricación de los bujes y el puntero de una forma manual. Para este procedimiento, se lubrica por medio de una grasera que puede estar montada en el cuerpo del martillo o bien en la válvula auto lubricadora. Se debe meter el puntero al martillo para permitir el ingreso de la grasa a los bujes. Esto se logra al poner el martillo en posición vertical contra una superficie lo suficientemente dura para meter el puntero. O bien, en posición horizontal al meter el puntero contra la misma banda o rueda de la excavadora.

### **3.3 Operación del rompedor en conjunto con la excavadora o pala hidráulica.**

Operar adecuadamente el conjunto excavadora-martillo requiere de cierta habilidad y experiencia de parte del operador. Ya se ha mencionado que tanto la instalación como la operación son factores importantes y si no se realizan adecuadamente pueden llegar a ocasionar daños tanto al martillo como a la excavadora misma.

Muchas de las reparaciones que se ejecutan a los martillos se deben a mala operación e instalación y no son necesariamente por un plan de mantenimiento preventivo mal aplicado.

Entre los principales problemas que se presentan por una mala instalación u operación pueden estar:

Quebradura de punteros, muy por debajo de los límites normales de uso.

Desgaste anormal de bujes de puntero a pesar de tener buena lubricación.

Roturas o rajaduras de cilindros y pistones.

Roturas de mangueras de entrada y retorno de aceite del martillo.

Sobrecalentamiento del aceite hidráulico de la excavadora.

Desgaste acelerado de pines y bujes que sujetan el martillo a la excavadora.

Estos problemas no son causados por mantenimiento preventivo inadecuado. Este tipo de problemas es común y demuestra una vez más que la operación juega un papel muy importante en la vida útil del martillo.

#### **3.3.1 Uso correcto del rompedor.**

El rompedor debe utilizarse exclusivamente para romper piedra, para demolición o bien para romper material selecto de una cantera. El principal

problema de la operación radica en la inexperiencia del operador para la aplicación. Hay quienes incluso utilizan el martillo para romper metal, transportar cosas pesadas de un lugar a otro, levantar vigas y otras muchas tareas que no son funciones del martillo.

La operación de un martillo hidráulico genera la posibilidad de daño a las personas, ya que se produce voladura de partículas, las cuales pueden herir a las personas que se encuentren en las inmediaciones de la operación.

El operador de la máquina podría ser el primer herido, se recomienda que la máquina tenga la pantalla de protección de la cabina puesta para impedir el riesgo.

Durante la operación, todas las personas que se encuentren en el área inmediata, incluyendo el conductor de la excavadora, deben usar protector auditivo y protector respiratorio. El martillo hidráulico debe ser operado desde el asiento del conductor y no debe ser puesto en operación hasta que excavadora y martillo estén en posición correcta.

Deberá detenerse la operación del martillo hidráulico inmediatamente si alguien va hacia el área de peligro, ya que el riesgo de voladura de fragmentos de roca es latente. Cuando un martillo hidráulico trabaja, la operación de la excavadora es gobernada por las regulaciones de seguridad del fabricante de la excavadora.

Durante la adecuada operación se permiten ciertos movimientos que son propios de la naturaleza del martillo. Por ejemplo, se recomienda utilizar el martillo lo más perpendicular posible con respecto al suelo, sin embargo, el martillo debe tener ciertos movimientos que permitan versatilidad para atacar el

material o hasta incluso la posición horizontal para realizar el mantenimiento y almacenamiento.

Es importante el empuje apropiado para romper eficientemente, debe aplicarse al martillo una fuerza de empuje apropiada. Si el empuje es insuficiente, la energía del martilleo del pistón no será eficiente para el rompimiento de las rocas, entonces, la fuerza del martilleo es trasladada al cuerpo del martillo, brazos y soportes de la base de la máquina, lo que puede provocar daños.

Por otro lado, si la máquina se apoya de forma excesiva, es decir, se levante apoyada sobre el martillo se agrega mucha fuerza sobre el material. Cuando éste se fractura, la máquina desciende con gran velocidad, generando un gran impacto entre la roca y el martillo, lo cual puede incluso afectar la máquina.

Durante el trabajo con martillo es necesario cuidar el empuje necesario para que el martillo no provoque excesivas vibraciones a la excavadora.

Para empezar a romper una roca, debe seleccionar un punto sobre la cual ésta deberá fracturarse antes de 15 segundos. Si la operación no logra ese caso, deberá de suspender el martilleo y reiniciarlo en un punto diferente. Esto no necesariamente significa que la productividad se disminuya, ya que el que no abra la roca, no significa que no se haya fracturado y, como en el caso de un bloque de hielo, deberá de aplicarse varias veces la pica a lo largo de un plano de fractura que nos permita después de 3 ó 4 intentos, el que la roca se abra a lo largo de dicho plano.

Otro punto importante es la operación en vacío, es decir sin romper roca. Debe evitarse lo más posible trabajar el martillo sin romper la roca. Es importante parar inmediatamente tan pronto como las rocas se rompan. Cuando se efectúa el martilleo en vacío, el acumulador puede ser dañado, los seguros del puntero pueden romperse

### **3.3.2 Trabajos prohibidos cuando se utiliza el rompedor.**

Hay una serie de trabajos contraproducentes al utilizar el martillo que no son permitidos bajo cualquier circunstancia. El operador debe tener en cuenta estas indicaciones para no caer en malos hábitos de uso y acortar la vida del martillo.

- a. No ejercer empuje sobre la roca con el martillo inclinado.

Debe aplicarse el empuje de una forma adecuada, siempre deberá colocarse el martillo lo más perpendicular posible contra la superficie de trabajo. Si el martillo está oblicuo con respecto a la superficie, la pica puede deslizarse durante la operación y causar que la pica y el pistón pudieran romperse.

Cuando se inicie la operación, deberá seleccionarse el punto sobre la roca en el cual el martilleo puede ser llevado a cabo en forma estable.

- b. No utilizar durante más de 15 segundos consecutivos.

Si durante 15 segundos la roca no se ha quebrado, debe detenerse el martilleo. Cuando las rocas son excesivamente duras, no se recomienda atacar sobre el mismo punto durante demasiado tiempo. Es mejor parar la operación y

cambiar el punto de martilleo. Cuando se utiliza el martillo durante un largo tiempo, se eleva la temperatura del aceite y como resultado puede provocar daño en el diafragma del acumulador. En general se afecta el rendimiento de todo el martillo, ya que a mayor temperatura, los sellos pierden su eficiencia y comienzan a fugar internamente. También se causará que el puntero se sobrecaliente en la punta y se forme lo que algunos llaman “cabeza de hongo”.

c. No mover las rocas con el martillo.

Las rocas deben estar listas con fácil acceso para ser golpeadas por el martillo. No es recomendable rodar o tirar hacia abajo las rocas con ayuda del puntero o con el cuerpo del martillo. Los daños que se ocasionan al realizar estas acciones son múltiples y afectan principalmente al puntero, soporte, cuerpo del martillo y al brazo de la excavadora. Esta prohibición también incluye la acción de desplazar o rodar una roca con el puntero o bien empujar la roca al mover la excavadora.

d. No usar el puntero o pica como una palanca.

Cuando una roca se trata de romper usando el puntero como una palanca, como se muestra en la figura, tornillos y puntero pueden romperse.

e. No operar el martillo en agua o lodo.

Al realizar esta operación, el pistón y otros componentes pueden oxidarse y provocar un daño permanente en el martillo. En caso de requerir operación bajo el agua, debe informarse al fabricante o proveedor del martillo esta necesidad y entonces deberá ser equipado con protección y equipo

especial para trabajar bajo estas condiciones. También deberán seguirse recomendaciones específicas.

- f. No dejar caer o lanzar el martillo contra la roca.

Una fuerza excesiva sumada al impacto puede causar daño permanente al martillo y a la máquina. Debe posicionarse el puntero de una forma suave sobre la roca y, hasta entonces, empezar el martilleo. En caso de ser exigida mucha velocidad, dependerá de la habilidad del operador velar por el resguardo de la fuerza al colocar el puntero en contando con la roca.

- g. No accionar el martillo con algún cilindro de la excavadora completamente extendido o retraído.

Cuando una roca es fracturada con el émbolo de algún pistón de la máquina portadora completamente extendido o retraído, puede dañarse el cilindro. Esto es debido a la vibración y el impacto que es transmitido al brazo y cilindros, si un pistón topa con su cilindro puede haber contacto y golpe entre los componentes internos del cilindro.

- h. No utilizar el martillo como grúa.

No es nada recomendable levantar objetos pesados con el martillo. No utilizar tampoco cables y sujetarlos al puntero levantando objetos para transportarlos de un lugar a otro. Esta acción no sólo puede resultar dañina para el puntero y bujes del martillo, sino resultar peligrosa para el operador de la máquina.



#### **4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO.**

Es importante reconocer que el tiempo de vida útil de un martillo o rompedor óleo hidráulico puede verse seriamente reducido si la operación no es adecuada. La vida útil de una máquina depende de muchas variables, en la mayoría, la más importante es el mantenimiento preventivo que recibe durante todo el tiempo que esta máquina opera o trabaja. En un rompedor, el plan de mantenimiento debe contemplar rutinas y procedimientos en las cuales el personal de producción y el operador están tan involucrados como el mismo personal de mantenimiento.

Por lo anterior, el plan de mantenimiento que debe implementarse incluye:

1. Rutinas de inspección y mantenimiento, tanto de personal técnico como del operador.
2. Mejorar o implementar un sistema de comunicación entre personal del departamento de mantenimiento y personal del departamento de producción sobre estado del rompedor.
3. Mejorar o implementar un sistema de comunicación entre operadores. (Cuando la operación requiere de más de un turno o jornada de trabajo).
4. Materiales, herramientas y repuestos que las bodegas deben mantener.
5. Capacitación de personal que tendrá contacto con el equipo.

##### **4.1 Rutinas de mantenimiento.**

Las rutinas de mantenimiento requieren de mucha atención por parte de quien realiza estas tareas. Es muy importante involucrar en las actividades de

inspección diaria a los operadores y llevar un control para mantener informado tanto a personal de producción como al personal de mantenimiento sobre el estado del martillo.

Las rutinas se llevan a cabo desde que el operador inicia una jornada de trabajo. Debe emplearse un formato o guía de mantenimiento que contenga las rutinas a realizar para que sirva no solo de guía al operador o técnico de los puntos que debe inspeccionar, sino también para llevar un historial de control del estado del equipo.

#### **4.1.1 Rutina de mantenimiento diaria.**

Esta tarea está encomendada principalmente al operador de la máquina portadora y por lo tanto del rompedor. Normalmente, al inicio de una jornada de trabajo no se encuentra personal de mantenimiento disponible para que ejecute una inspección diaria. Por lo tanto, el operador debe, al igual que lo hace con la máquina portadora, revisar si la máquina con la que trabajará durante el día o jornada cumple con los requisitos básicos de operación.

En una máquina portadora normalmente se revisarán niveles de aceite de motor, aceite hidráulico, transmisión, caja de giro y frenos. También niveles de refrigerante o líquido de batería. Pero en el caso del rompedor debe revisarse lo siguiente:

1. Revisar visualmente las condiciones de apriete de tornillos de sujeción entre la placa de montaje y el conjunto protector.
2. Posición adecuada y buen estado de las mangueras del martillo.
3. Revisar el estado del puntero que esté libre de fisuras y malformaciones.

4. Revisar el contenido de grasa del bote dispensador del auto lubricador.
5. Condiciones del aro del conjunto protector de polvo.
6. Fugas de aceite en mangueras, amortiguadores, uniones y sellos.

Es común que para este tipo de máquina, como lo es el rompedor, el operador no esté completamente de acuerdo en contribuir con las rutinas de inspección diaria. Es en esta parte donde se necesita plena comunicación entre los departamentos de mantenimiento y producción.

El conjunto máquina portadora-rompedor es una fuerte inversión y se ha determinado que la operación adecuada influye no sólo en mantener en buenas condiciones el rompedor sino también la máquina portadora. Por lo tanto, para obtener mutuo beneficio entre departamentos, el plan de mantenimiento debe implementarse de tal forma que se asegure que al iniciar la jornada los puntos de inspección han sido cubiertos por el operador.

Hay varias opciones que ayudan a obtener la contribución del operador:

- a. Llevar una hoja de control del conjunto máquina portadora-rompedor como si fuera una sola máquina.

Se le pide al operador llevar un control de inspección diario de la máquina y no hacer separación entre la máquina portadora y el rompedor. Se llenará la hoja de control como si fuera un conjunto completo. De esta forma el equipo será revisado sin argumento que se está revisando más de lo debido por parte del operador.

Existe la variante si se utiliza la máquina portadora sin el rompedor, entonces debe indicarse que para esa fecha la máquina ha sido utilizada sin el rompedor.

Esta condición también ayuda para llevar el control de horas de uso del rompedor, pues este normalmente no tiene horómetro instalado. Por lo que esta guía también sirve para llevar control de horas trabajadas del rompedor.

Se muestra a continuación un ejemplo de una hoja guía de control que ayudaría para mostrar este caso.

### HOJA DE CONTROL DE ESTADO DIARIO DE MÁQUINA.

Fecha: \_\_\_\_\_ Código interno: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Serie: \_\_\_\_\_

Horómetro al Inicio de jornada: \_\_\_\_\_ Al final de jornada: \_\_\_\_\_

Nombre de operador: \_\_\_\_\_

Marcar con  si esta en buenas condiciones y con  si esta en malas condiciones

#### Motor:

Nivel de aceite  Nivel refrigerante  Fajas o bandas:

Ventilador:  filtro de aire:  radiador:

Fugas de agua:  Fugas de aceite:  Ruidos Extraños

#### Transmisión:

Nivel de aceite  Fugas de aceite:  Enfriador:

Ruidos extraños

#### Ejes:

Nivel de aceite:  Fugas de aceite:  ruedas:

#### Banda o rodaje:

Tensión de banda:  Rueda tensora:  Rueda Dentada:

Eslabones:  Rodos:  Zapatas:

#### Sistema hidráulico:

Nivel de aceite:  Cilindro de cucharón:  Cilindro de brazo:

Cilindro de Aguilón:  Fugas de aceite:  Enfriador:

Mangueras:  Válvula Swivel:  Motores hidráulicos:

#### Rompedor o martillo hidráulico:

Montaje:  Mangueras:  Puntero:

Grasa en lubricador:  Aro protector de polvo:  Fugas:

#### Cabina:

Luces de tablero:  Aire acondicionado:  Asiento:

Vidrios:  palancas y pedales:  Limpieza:

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

b. Llevar una hoja de control exclusiva del rompedor.

También puede ser necesario llevar una hoja de control diario exclusiva para el rompedor. Este procedimiento implica mayor contribución del operador pues estaría llenando dos hojas de control al inicio de la jornada.

Los procedimientos de inspección son elaborados de la misma forma, pero el historial y el control se llevarían en archivos separados.

La ventaja de llevar esta forma de control es que el historial es exclusivo para el rompedor, independientemente de lo que pase con la máquina portadora, ya que puede darse el caso de que la máquina portadora se descomponga o es renovada y sin embargo el uso del martillo es requerido, por lo que debe de cambiarse y trabajar en una diferente máquina.

Aunque esta condición es poco frecuente puede en algún momento darse y entonces también debe indicarse a que máquina portadora está acoplado el martillo.

También es importante notar que al ser independiente el historial, también debe solicitarse el horómetro trabajado, por lo que el operador debe llenar este espacio de acuerdo al horómetro que anota en la máquina portadora.

Es importante solicitar ayuda de parte del departamento de producción para obtener todo el apoyo de parte del operador para que llene la hoja guía de control diario del rompedor, pues usualmente le dan mayor importancia al control de la máquina portadora. A continuación se muestra un ejemplo de hoja guía de control diario para un rompedor.

## HOJA DE CONTROL DE ESTADO DIARIO DE ROMPEDOR.

Fecha: \_\_\_\_\_ Código interno: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Serie: \_\_\_\_\_

Horómetro al Inicio de jornada: \_\_\_\_\_ Al final de jornada: \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_ de operador: \_\_\_\_\_

Máquina a la que esta acoplado el rompedor.

Código interno: \_\_\_\_\_ Modelo: \_\_\_\_\_

Serie: \_\_\_\_\_

Puntos de inspección:

Condiciones de apriete de tornillos de sujeción entre la placa de montaje y el conjunto protector del martillo.

Buena \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_

Posición adecuada y buen estado de las mangueras de acople.

Buena \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_

Condiciones del puntero.

Buena \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_

Contenido de grasa del bote dispensador del auto lubricador.

Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Condición del aro del conjunto protector de polvo.

Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Fugas de aceite en mangueras, amortiguadores, uniones y sellos.

Bueno \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

#### **4.1.2 Rutina de mantenimiento semanal.**

Esta rutina de mantenimiento refuerza la comunicación entre los departamentos de producción y de mantenimiento. Los puntos que han sido inspeccionados por el operador diariamente serán ahora inspeccionados por un técnico de mantenimiento. El reporte técnico será enviado al encargado de producción para llevar control del estado del martillo.

Al realizar la inspección diaria de forma visual como lo hace el operador, ahora será revisado físicamente por el técnico. Es importante informar al operador y al técnico que estas rutinas no son pérdida de tiempo y que son de vital importancia para mantener en buenas condiciones el martillo y la máquina portadora.

Si se presentan anomalías durante las inspecciones diarias y semanales, se podrá detectar a tiempo alguna falla que podría provocar indisponibilidad y pérdida de tiempo en producción.

Las principales rutinas que realizará el técnico serán:

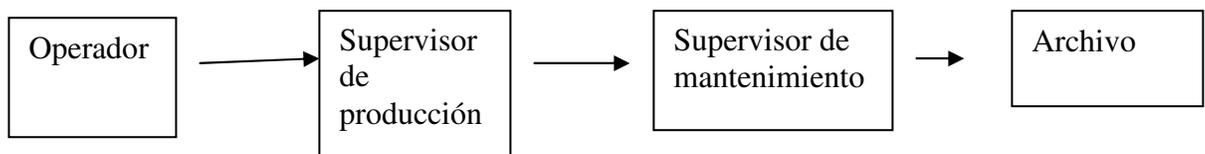
1. Revisar y si es necesario reapretar los tornillos de sujeción entre la placa de montaje y el conjunto protector.
2. Posición adecuada y buen estado de las mangueras del martillo.
3. Revisar el estado del puntero que esté libre de fisuras y malformaciones.
4. Revisar el funcionamiento adecuado del auto lubricador.
5. Revisar el aro del conjunto protector de polvo.
6. Revisar que no hayan fugas de aceite en amortiguadores, sellos y uniones.

7. Revisar el funcionamiento del martillo durante la normal operación, verificando no existan ruidos y malos hábitos de operación.

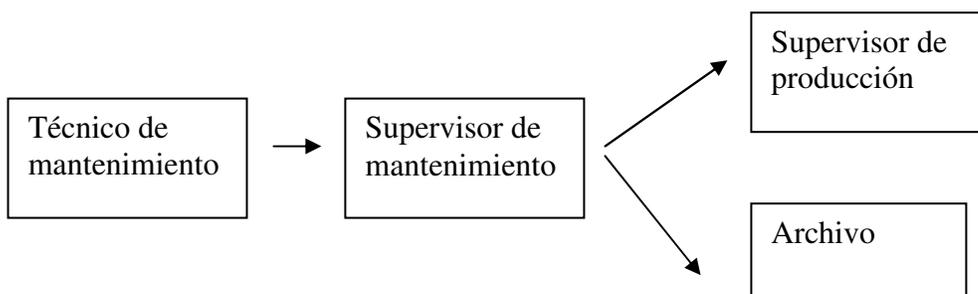
La información que se genera durante las rutinas diarias y semanales sirve para llevar un control de operación y verificar si hay alguna tendencia que lleve a encontrar anomalías que puedan corregirse anticipadamente. La siguiente figura muestra como debe fluir la información entre los departamentos involucrados.

**Figura 11. Flujo de información sobre estado del rompedor.**

#### REPORTE DIARIO.



#### REPORTE SEMANAL



### **4.1.3 Servicio de mantenimiento de 200 horas de operación.**

El servicio de mantenimiento que se recomienda hacer a cada 200 horas de operación requiere de herramienta básica y herramienta especializada para el martillo. También requiere conocimientos técnicos propios de un rompedor, entonces los técnicos que elaboren estas tareas debe estar capacitados.

Cualquier anomalía que se encuentre durante estas tareas debe ser reportada al gerente o encargado de mantenimiento.

Las rutinas que comprenden el servicio de mantenimiento de 200 horas, aparte de las rutinas que se ejecutan en la revisión semanal, son las siguientes:

- a. Inspección de la pica en su extremo oculto y desgaste de los bujes.
- b. Inspección de presión de gas en la cámara superior de gas nitrógeno.
- c. Inspección de presión de gas en los acumuladores de diafragma.
- d. Inspección de sellos de las articulaciones de mangueras.

El tiempo que se requiere para realizar esta rutina de mantenimiento depende del tamaño del martillo, así como de la herramienta y equipo del que se disponga. A continuación se resume la ejecución de cada tarea.

- a. Inspección de la pica en su extremo oculto y desgaste de los bujes.

Normalmente, la pica está sujeta al martillo por medio de dos seguros o bloques que no permiten que el puntero o pica se salga del martillo. Solamente permiten el movimiento recíproco del puntero, pero si llegan a sufrir desgaste o fractura pueden liberar la pica peligrosamente durante la operación.

El procedimiento puede variar según el diseño del martillo, pero básicamente se pueden seguir los siguientes pasos.

1. Desmontar los hules protectores de los pines que sujetan los bloques de la pica.
  2. Desmontar los pines o seguros que sujetan los bloques.
  3. Desmontar los bloques de la pica.
  4. Limpiar los bloques y revisarlos por desgaste o fractura. Cambiar si es necesario.
  5. Desmontar los pines que sujetan el plato protector de polvo.
  6. Desmontar el plato protector de polvo.
  7. Desmontar los sellos del conjunto protector de polvo.
  8. Limpiar los sellos y revisarlos por desgaste o rotura. Cambiar si es necesario.
  9. Desmontar la pica o puntero.
  10. Limpiar la pica y revisar cuidadosamente el extremo que normalmente no es visible durante la operación y que está en contacto con los bujes.
  11. Limpiar los bujes y revisarlos por desgaste excesivo o fractura.
  12. Se arma siguiendo el proceso inverso.
  13. Se lubrica manualmente el martillo pues a todos los componentes se les fue removida la grasa para su inspección.
- b. Revisar la presión de cámara superior de gas nitrógeno.

Esta tarea requiere una herramienta especializada que consiste en el equipo para cargar de gas nitrógeno los compartimentos que lo requieren. Normalmente es el mismo equipo el que se utiliza para cargar tanto los amortiguadores como para cargar la cámara superior.

El equipo para cargar el gas nitrógeno tiene, entre uno de sus componentes, un manómetro que sirve para instalar en la válvula del martillo y verificar la presión de la cámara de gas superior.

Para realizar esta tarea se describe el procedimiento en la mayoría de rompedores que cuentan con una cámara superior de baja o media presión.

1. Dejar el rompedor en una posición horizontal o de tal forma que el puntero no esté presionado o metido.
2. Desmontar la tapa que protege la válvula de gas de la cámara superior.
3. Instalar el manómetro en la válvula de entrada de gas y revisar la lectura que este indique, anotándolo en el reporte de servicio.
4. Desmontar el manómetro e instalar la tapa protectora.

Si la presión que se registra es muy baja con relación a la presión que indica el manual de servicio, es necesario entonces agregar más nitrógeno a la cámara superior.

- c. Revisar la presión de los acumuladores de diafragma.

Es importante recordar que la presión de los acumuladores es mucho mayor que la presión de la cámara superior. Una fuga de gas en los acumuladores es más sensible en la operación y además puede ocurrir una fuga de aceite si el diafragma del acumulador se rompe.

Para revisar la presión de los acumuladores también es necesario contar con el equipo para realizar la carga de gas e instalarlo al acumulador. Para realizar esta tarea se describe nuevamente el procedimiento para los rompedores que cuentan con uno o más acumuladores de alta presión.

1. Dejar el rompedor en una posición donde sea fácil desmontar la tapa protectora de acumuladores.
2. Desmontar la tapa protectora de acumuladores de diafragma.
3. Instalar el equipo para cargar nitrógeno en el extremo de relleno del diafragma.
4. Cerrar la llave de comunicación entre el equipo de relleno y el cilindro de nitrógeno.
5. Aflojar el tornillo de relleno que está en la parte superior del acumulador.
6. Revisar la lectura que muestra el manómetro del equipo de relleno, anotar la lectura en el reporte de servicio.
7. Apretar el tornillo de relleno del acumulador, desmontar el equipo y colocar nuevamente la tapa protectora.

e. Revisar sellos de articulaciones de mangueras.

Esta tarea es para prevenir que las articulaciones de las mangueras presentarán problemas que puedan dejar el rompedor fuera de operación, por romperse o desgastarse los sellos que retienen el aceite.

Estos sellos permiten la rotación de las mangueras hasta 360 grados, pero con el martillo en operación, las mangueras pueden girar hasta un máximo de 150 grados, por lo que es recomendable la revisión de estos sellos para ver su desgaste y también darles un cambio de posición para evitar el desgaste en un solo extremo del sello.

El procedimiento se describe a continuación y puede variar según el diseño del rompedor.

1. Dejar el martillo en una posición horizontal.
2. Cerrar la llave de paso de aceite de las mangueras.
3. Si cuenta con una tapa protectora de articulaciones, desmontarla.
4. Desmontar el seguro que retiene la conexión de la manguera.
5. Desmontar la manguera y revisar las condiciones de los sellos, girarlos para cambiarlos de posición y verificar si no hay roturas.
6. Montar la manguera, el seguro y la tapa protectora.
7. Se anota en el reporte de servicio las condiciones de los sellos, si estos no están en buenas condiciones pueden aprovecharse para cambiarlos de una vez.

El reporte de servicio del mantenimiento de 200 horas de operación proporciona información más específica para monitorear las condiciones del martillo y esta información debe fluir de forma muy similar a la descrita para las rutinas diarias y semanales. Los encargados de mantenimiento y producción estarán atentos a cualquier anomalía encontrada en la rutina de mantenimiento.

#### **4.1.4 Servicio de mantenimiento de 1000 horas de operación.**

El servicio de mantenimiento de 1000 horas de operación será llevado a cabo según el historial que hasta ese momento se recopiló durante las rutinas de mantenimiento y los 4 servicios de 200 horas que se ejecutaron con anterioridad.

Si el historial de la máquina muestra condiciones normales de funcionamiento en todos los puntos inspeccionados, el servicio de 1000 horas de operación puede ser incluso el mismo que un servicio de 200 horas. Por el contrario si hay muchas condiciones desfavorables para el buen desempeño del rompedor el servicio de 1000 horas puede llegar a ser hasta una tarea

predictiva, programando la ejecución de este servicio con algunos repuestos y materiales especialmente preparados para esta ocasión.

Si el análisis del historial determina que el rompedor tiene anomalías en ciertos componentes o al realizar ciertas revisiones, el servicio mantenimiento de 1000 horas es un buen punto de partida para corregir de una vez por todas estas anomalías.

Entre los problemas más importantes que se pueden presentar y deben ser corregidos a más tardar en la rutina de mantenimiento de 1000 horas, están los siguientes:

- a. Desgaste excesivo de bujes que centran el puntero.
- b. Desgaste excesivo del puntero.
- c. Pérdida constante de presión de gas en cámara superior.
- d. Pérdida constante de presión de gas en acumuladores.

Para corregir estos problemas, muchas veces se necesita una fuerte inversión y parar la operación del rompedor durante al menos 2 días, por lo que se deben preparar los departamentos de producción y mantenimiento para coordinar y programar el paro de la máquina durante el tiempo que sea necesario.

- a. Desgaste excesivo de bujes que centran el puntero.

Si durante los anteriores servicios de mantenimiento de 200 horas se detectó que el desgaste de los bujes aumentaba considerablemente, en el servicio de 1000 horas es recomendable cambiarlos. Normalmente el fabricante determina una tolerancia mínima para el diámetro interno de los bujes y si

están próximos a alcanzar esta medida de desgaste, entonces es necesario reemplazarlos. Incluso el fabricante provee herramienta para medir constantemente el diámetro interno de los bujes y llevar un control e historial del desgaste a través de los servicios de mantenimiento de 200 horas.

b. Desgaste excesivo del puntero.

Si durante muchas inspecciones diarias y semanales se detecta que el puntero ha presentado desgaste pero no rotura; si durante servicios de mantenimiento de 200 horas se hacen reparaciones de maquinado, pero el puntero no se quiebra, es oportuno que a las 1000 horas de operación este sea cambiado.

c. Pérdida constante de presión de gas en cámara superior.

Si durante los servicios de mantenimiento de 200 horas se detectaba constante pérdida de presión de gas, es necesario cambiar los sellos que mantienen hermética a la cámara superior. Los sellos deben cambiarse de acuerdo al manual de servicio y se recomienda utilizar repuestos originales proveídos por el fabricante.

d. Pérdida constante de presión de gas en acumuladores.

Si durante las rutinas de mantenimiento se detectaba constante pérdida de presión de gas en los acumuladores, es necesario que a las 1000 horas se programe sustituir los diafragmas y sellos de los acumuladores. Esta tarea también se efectúa según el manual de servicio, es importante también revisar los tornillos que sellan los diafragmas por si hay roscas internas o externas en mal estado.

## **4.2 Materiales y lubricantes requeridos en las rutinas de mantenimiento.**

La bodega de materiales y lubricantes debe mantener lo siguiente para las rutinas de mantenimiento:

- Grasa recomendada por el fabricante del martillo en tonel o cubeta.
- Pomos de grasa para acoplar al auto lubricador.
- Cilindro de gas nitrógeno.
- Solvente, desengrasante o limpiacomponentes.
- Wipe o paños para limpieza por libra.

## **4.3 Herramientas y equipo necesarios para ejecutar los servicios de mantenimiento.**

Para las rutinas de mantenimiento diario o semanal no es necesario algún equipo o herramienta especial. Sin embargo para las rutinas de mantenimiento semanal o de 200 horas es necesario que el técnico utilice herramienta básica como destornilladores, alicates y martillo para desmontar el puntero; así como llaves de apriete y para revisar el torque de los tornillos.

Para las revisiones de gas es necesario equipo y herramienta especializada que debe ser suministrada por el fabricante, ya sea al momento de adquirir el martillo nuevo o al ordenar la herramienta al proveedor del equipo.

#### **4.4 Repuestos sugeridos para el mantenimiento preventivo.**

Los repuestos que deben mantenerse en la bodega respectiva, deben ser principalmente sellos y mangueras. Sin embargo, como una medida para reducir la mayor cantidad de tiempo de “máquina parada” por presentarse algún imprevisto, es recomendable también incluir en el sugerido de repuestos un puntero y seguros del puntero. A continuación se presenta un listado de repuestos que puede sugerirse al departamento de bodega correspondiente para mantener listos por cualquier falla o rutina de mantenimiento.

- 1 kit de sellos para reparación de acumulador de diafragma.
- 1 kit de sellos para reparación de cámara superior de gas.
- 1 kit de sellos para articulación de mangueras.
- 1 kit de sellos para conjunto protector de polvo.
- 1 manguera de retorno de aceite al martillo.
- 1 manguera de entrada de aceite al martillo.
- 2 sellos de acoples de mangueras de entrada y retorno de aceite.
- 1 puntero.
- 2 seguros de puntero.
- 1 buje superior.
- 1 buje inferior.
- 12 tornillos de sujeción de la placa de montaje.

#### **4.5 Capacitación necesaria para el técnico de mantenimiento.**

La capacitación del personal de mantenimiento es muy importante para que las rutinas de mantenimiento se realicen, según las recomendaciones del fabricante del rompedor óleo hidráulico. Por esta razón se recomienda que el personal que elabora las rutinas de mantenimiento reciba capacitación

proporcionada por un técnico especialista o un comunicador técnico del distribuidor local del fabricante del martillo.

Antes que un técnico reciba cualquier capacitación específica de rompedores óleo hidráulicos es importante que tenga los conocimientos básicos para realizar labores técnicas, entre estos conocimientos se pueden mencionar:

- Uso adecuado de la herramienta básica.
- Conocimiento de los principios básicos de hidráulica.
- Uso adecuado de equipo industrial,
- Conocimiento de las normas de seguridad e higiene industrial.

Si el técnico cuenta con los conocimientos básicos, que muchas veces se adquieren con la experiencia, entonces podría considerar a recibir capacitación específica sobre el mantenimiento de rompedores.



## **5. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA EL MANTENIMIENTO APROPIADO DEL ROMPEDOR HB7000, EN PLANTA SAN MIGUEL DE CEMENTOS PROGRESO.**

El rompedor óleo hidráulico ubicado en Cementos Progreso Planta San Miguel, tiene características propias muy importantes y únicas que lo hacen el rompedor más grande en Guatemala. Incluso es el rompedor más grande diseñado por el fabricante Atlas Copco,

También debe mencionarse que la máquina portadora para este rompedor resulta ser una de las excavadoras más grandes que operan en Guatemala y por lo tanto una de las de mayor costo.

Al ser el rompedor y la máquina portadora de estas características, es muy importante considerar que la inversión inicial de adquisición es muy alto y conservarlo en buenas condiciones es imperativo para hacer de este conjunto lo más rentable posible.

### **5.1 Tamaño y capacidad del rompedor hidráulico modelo HB7000.**

La tabla número I muestra las capacidades y otras especificaciones de los modelos de rompedores diseñados por el fabricante Atlas Copco, la fila marcada es la que corresponde al modelo HB7000 que se encuentra en Cementos Progreso. Esta tabla muestra las características de peso, longitud y diámetro del puntero. También muestra los requerimientos de caudal y peso que debe cumplir la máquina portadora.

Tabla I. Especificaciones de los rompedores Atlas Copco.

Modelo	Peso de servicio	Longitud	Rango de peso de máquina portadora	Caudal de aceite	Frecuencia de golpes	Diámetro de puntero
	(kg)	(mm)	(ton)	(litro/minuto)	(Golpe/minuto)	(mm)
MB 500	550	1713	8-15	60-100	440-1000	90
MB 700	750	1910	10-18	80-120	370-800	100
MB 800	900	1940	10-18	70-120	370-820	100
MB 1000	1000	2088	12-20	85-130	350-720	110
MB 1200	1200	2160	15-26	100-140	340-680	120
MB 1600	1600	2280	18-34	130-170	360-540	135
MB 1700	1700	2477	18-34	130-160	320-600	140
HB 2200	2200	2596	26-40	140-180	280-550	150
HB 3000	3000	3000	32-50	210-270	280-540	165
HB 4200	4200	3179	42-75	250-320	270-530	180
HB 5800	5800	3445	55-100	310-390	280-460	200
HB 7000	7000	3500	65-120	360-450	280-450	210

Fuente: Manual de reparación, rompedores hidráulicos HB7000.

Como puede notarse en la tabla, las especificaciones del rompedor HB7000 son las de mayor dimensión, peso y capacidad. Es la que necesita de un rango de peso para la máquina portadora más alto y es el que mayor caudal de aceite necesita para operar.

## 5.2 Características de la excavadora modelo 385C Caterpillar en la cual se opera el rompedor.

La máquina portadora del rompedor en la cantera de Cementos Progreso, resulta ser una excavadora modelo 385C marca Caterpillar, la cual es una de las palas frontales con mayor capacidad de producción y peso. Cuenta con 2 bombas hidráulicas y un caudal de aceite que cumple con el requerido para el martillo HB7000. Las características de esta máquina se muestran a continuación en la tabla número II.

Tabla II. Especificaciones de la excavadora modelo 385C.

Fabricada en	Bélgica
Potencia al volante	523 hp
Peso en orden de trabajo	99 ton
Modelo de motor	C18 ACERT
Cilindrada de motor	18.1 litros
Entrega máxima de bomba hidráulica a rpm nominal	2 X 129 galones por minuto
Ajuste de las válvulas de alivio:	
Circuitos de implemento	4640 lb/pulg <sup>2</sup>
Circuitos de desplazamiento	3770 lb/pulg <sup>2</sup>
Circuitos piloto	595 lb/pulg <sup>2</sup>
Rotación	5075 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión sobre el suelo	20 lb/pulg <sup>2</sup>
Velocidad máx. de desplazamiento a rpm nominal	Dos velocidades
baja	1.7 millas/ hora
alta	2.8 millas/ hora

Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar.

Como puede notarse en el rango de peso de la máquina portadora de la tabla I para un rompedor de 7000 kilogramos de peso de servicio debe ser de 65 a 120 toneladas; la excavadora 385C tiene un peso de 99 toneladas según

la tabla II por lo que el rompedor HB7000 esta sobre la media con una holgura de 20 toneladas, logrando de esta forma evitar un sobre esfuerzo en la máquina portadora, en este caso la excavadora modelo 385C.

### **5.3 Tiempos estimados de entrega de repuestos, herramienta y materiales para la optima ejecución de los programas de mantenimiento.**

Es necesario que los suministros, repuestos y herramientas estén disponibles cuando se han programado realizar las rutinas de mantenimiento. Anteriormente se han estudiado los materiales y repuestos que se necesitan en las bodegas, pero los tiempos de entrega o abastecimiento es muy importante considerarlos para no tener problemas de falta de equipo y materiales.

Los repuestos es el factor más importante a considerar, normalmente para un equipo como un rompedor de este tamaño es muy común que no se encuentren los repuestos con una alta disponibilidad. Debido a que este equipo es muy específico y a la vez único en Guatemala, los repuestos deben solicitarse con al menos tres semanas de anticipación al distribuidor autorizado. Como los repuestos también tienen un tamaño grande, estos son traídos vía marítima a Guatemala y a esto se debe que tarden un poco en ser suministrados después de haber realizado el pedido.

Consultando al departamento de repuestos del distribuidor autorizado de Atlas Copco para Guatemala, que es una compañía denominada Cmarket S.A., que se dedica a la importación y distribución de maquinaria y equipo liviano, indica que el suministro de repuestos puede variar dependiendo de la parte solicitada.

Sellos y partes de desgaste pueden ser proporcionadas desde México y venir en un período relativamente corto, pero piezas muy específicas como bujes, platos, amortiguadores de diafragma y herramienta pueden tener un período de entrega prolongado, debido a que deben ser suministrados desde Europa.

Basándose en lo anterior, el encargado de la bodega de repuestos o bien el encargado de solicitar los repuestos de la bodega general debe considerar tiempos de entrega diferentes, y en algunos casos, con un alto rango de tiempos de recepción.

Lo anterior puede resumirse estimando los tiempos de entrega y considerando cada rubro por el tiempo de disponibilidad en una tabla que muestre cantidades y tiempos de entrega, un ejemplo de lo anterior se muestra a continuación en la tabla III.

En la tabla III también se indica un tiempo estimado cuando los repuestos no hay localmente y deben ser solicitados en el extranjero. Es importante considerar que los factores de peso y tamaño juegan un papel muy importante para determinar el tiempo de entrega en este tipo de repuestos.

Tabla III. Tiempos estimado de entrega de repuestos o herramienta

Repuesto o herramienta	Tiempo estimado de entrega o recepción
Sellos de mangueras, hules, protectores	1 a 2 semanas
Kit de sellos, diafragmas, bujes,	2 a 3 semanas
Kit para llenado de gas nitrógeno	3 a 4 semanas
Punteros o mangueras	4 a 5 semanas
Tornillos principales, kit de reparación	4 a 5 semanas
Base superior, conjunto pistón-cilindro	4 a 5 semanas

Fuente: Información proporcionada en Cmarket S.A.

Considerando estos tiempos de entrega es posible anticiparse a cualquier problema de suministro de cualquiera de estas partes. Si por ejemplo lo que se considera importante mantener en bodega es un repuesto que tarda demasiado tiempo en ser suministrado y si el proveedor ya nos ha informado que no lo tiene listo en sus bodegas, entonces es necesario considerar este tiempo para solicitarlo.

#### **5.4 Entrega de equipo de trabajo en cada cambio de jornada.**

En la cantera de Cementos Progreso se utiliza un sistema de entrega de equipo definido cuando hay un cambio de turno o jornada, sin embargo, el martillo es tomado como parte de la excavadora cuando se hace el cambio de turno.

Tal y como se mencionó en la sección de rutinas de mantenimiento diario, se recomienda separarlos llevando control de dos equipos. Para efecto

de control de mantenimiento, se hace necesario tomarlos como centros de costo independientes aunque trabajen en conjunto. Esto es importante hasta en lo que a rutinas de mantenimiento se refiere, se realizan las inspecciones conforme rija el uso de la excavadora ya que se ha visto que llevan rutinas completamente diferentes.

### **5.5 Condiciones del taller para la ejecución de trabajos de mantenimiento.**

En las instalaciones de Cementos Progreso, los trabajos de mantenimiento para el martillo HB7000 son administrados por el taller automotriz. Este departamento es el encargado de administrar el mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de construcción utilizados en producción, vehículos del personal y montacargas de ciertas áreas. Por esta razón se considera que este taller es el que cuenta con las mejores condiciones para administrar el mantenimiento del rompedor.

Las instalaciones del taller automotriz son apropiadas para trabajar maquinaria de construcción de dimensiones considerables. Incluso son adecuadas para realizar trabajos de mantenimiento a la excavadora 385C Caterpillar. Al estar adecuadas para esta condición, también cumplen muy bien con las condiciones para trabajar un rompedor con las características del modelo HB7000.

Cuenta con instalaciones techadas y ventiladas. Hay suficiente iluminación y en caso hubiera problemas de visibilidad en el día, se cuenta con iluminación artificial adecuada. También se cuenta con toma de corriente alterna adecuada y bien distribuida.

En el taller se cumple con los requisitos de seguridad bajo las cuales se rigen todas las instalaciones de Planta San Miguel. El suelo es plano y de un acabado adecuado. Los bancos de trabajo estan bien distribuidos. La distribución de las áreas esta bien definidas y señalizadas.

Con lo que no cuentan estas instalaciones es con un puente grúa sobre el área de trabajo de los equipos en mantenimiento. El personal que labora en estas instalaciones utiliza un montacargas para levantar objetos pesados. Si en caso los objetos que deben levantarse superan la capacidad de levante del montacargas deben utilizar equipos de mayor capacidad, como cargadores frontales o excavadoras.

La siguiente figura muestra las instalaciones del taller automotriz en la cantera de Cementos Progreso.

**Figura 12. Fotografía del taller automotriz, planta San Miguel.**





## CONCLUSIONES

1. El rompedor óleo hidráulico, también conocido como martillo hidráulico, es una máquina compuesta que se utiliza como opción para golpear y romper material duro en la industria minera o de construcción. El martillo necesita flujo de aceite y cámaras de gas nitrógeno para que en su interior puedan crearse los movimientos recíprocos de la herramienta de corte o puntero. Sus componentes internos están expuestos a constantes sobreesfuerzos. Tiene muchas partes de desgaste que deben ser protegidas con constante lubricación. También cuenta con cámaras de gas nitrógeno que deben mantenerse a una presión adecuada para evitar problemas de malfuncionamiento y provocar falla en otros componentes.
2. El rompedor sólo puede utilizarse en conjunto con una máquina portadora, la cual le provee del flujo de aceite. Este principio, en muchos casos, provoca que el rompedor sea incluido como parte de la máquina portadora. El mantenimiento podría tomarse equivocadamente como el mismo para ambas máquinas. Cuando esto ocurre, no se lleva control de horas de uso y mucho menos un historial de mantenimiento.
3. En el caso del rompedor óleo hidráulico, tanto el mantenimiento preventivo como la operación son determinantes para alargar su vida útil, el operador debe tener cierta habilidad y experiencia que ayude a obtener los resultados esperados en cuanto a producción y tiempo productivo del rompedor.
4. En la cantera de cementos progreso se utiliza un rompedor de grandes dimensiones y por lo tanto la máquina portadora también es un equipo

grande, en conjunto, forman una inversión bastante grande, por lo que el mantenimiento debe ser apropiado para alargar la vida útil de ambos equipos.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere llevar un control de horas trabajadas de la máquina portadora empleando el rompedor y las horas que se trabaja sin el rompedor. Mantener al mismo tiempo constante comunicación entre el personal de producción con el personal de mantenimiento, de tal forma que esta información fluya adecuadamente y ayude a programar las rutinas de mantenimiento de forma adecuada e independiente a cada máquina.
2. Se aconseja al encargado de producción mantener constante atención a los hábitos de trabajo de los operadores de la máquina portadora, para no caer en constantes acciones que afecten la vida útil del conjunto máquina portadora-rompedor e incluso ponga en peligro la seguridad del operador.
3. Los fabricantes de maquinaria de construcción recomiendan, en sus manuales de mantenimiento, que las rutinas de mantenimiento al sistema hidráulico de una máquina portadora podrían verse afectadas por el porcentaje de horas de uso de un rompedor. Por lo que se sugiere al encargado de mantenimiento tener en consideración esta variante. Si se ha logrado implementar un control de horas de trabajo por cada máquina, puede calcularse fácilmente el porcentaje de uso de la máquina portadora con el rompedor y programar la variante del mantenimiento del sistema hidráulico de una forma más conveniente.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz del Río, Manuel. "Manual de maquinaria de construcción". España: McGraw-Hill/Interamericana, 2001.
2. "Manual de rendimiento Caterpillar". 37 ed. Peoria, Illinois: Caterpillar Inc, febrero 2007.
3. "Manual de reparación de rompedores hidráulicos". Alemania: Atlas Copco Construction tools, 2007.
4. Phillips, John; Strozak, Victor; Wistrom, Cheryl. "Química: Conceptos y Aplicaciones ". 2a. ed. México: Ultra, 2001.