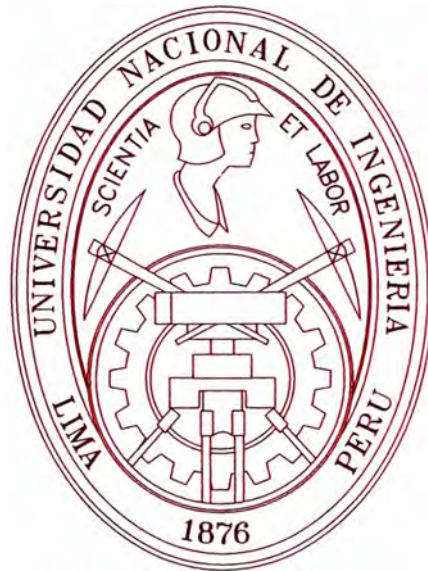


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS
MINEROS CON EL USO DE LUBRICANTES
SINTETICOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

JAMES ABRAHAN LEON REYES

PROMOCION 2005-II

LIMA-PERU

2010

TEMA: MEJORA DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS MINEROS CON EL USO DE LUBRICANTES SINTETICOS

CAPITULO I INTRODUCCION	01
1.1 OBJETIVOS	03
1.2 ALCANCES	03
1.3 LIMITACIONES	05
CAPITULO 2 DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA	06
2.1 ANTECEDENTES	06
2.2 SEMIGLO COMO PROVEEDOR DE EQUIPOS MINEROS	07
2.3 ORGANIGRAMA	08
2.4 VISION Y MISION	09
CAPITULO 3 MARCO TEORICO SOBRE LUBRICANTES SINTETICOS	10
3.1 PROCESO DE FABRICACION	10
3.2 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES	14
3.2.1 Características y configuración Molecular	14
3.2.2 Características físicas y mecánicas de los lubricantes sintéticos	15
3.3 TIPO DE LUBRICANTES SINTETICOS Y SUS APLICACIONES	17
3.3.1 Hidrocarburos sintetizados o SHC	18
3.3.2 Esteres orgánicos	19
3.3.3 Poliglicoles	20

3.4	LUBRICANTES SOLIDOS	21
3.4.1	Tipos de lubricantes sólidos	21
3.4.1.1	El Disulfuro de Molibdeno (MoS ₂)	21
3.4.1.2	El Grafito	21
3.4.1.3	El Disulfuro de Tungsteno	22
3.4.1.4	La Mica	22
3.4.1.5	El Oxido de Zinc ²³	22
3.4.1.6	Las Bentonitas	23
3.4.1.7	La Silicona	23
3.5	EL MoS ₂ (DISULFURO DE MOLIBDENO) COMO LUBRICANTE DE CAPA LÍMITE	23
3.5.1	El MoS ₂ frente a otros lubricantes sólidos	26
3.6	MERCADO PERUANO Y LOS LUBRICANTES SINTETICOS	26
3.7	REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL CON EL USO DE LOS LUBRICANTES SINTETICOS	27
	CAPITULO 4 DEFINICIONES	30
4.1	TRIBOLOGIA	30
4.2	TIPOS DE DESGASTE Y MODOS DE FALLA	31
4.2.1	Que es el desgaste	31
4.2.2	Tipos de desgaste	31
4.2.3	Problemas ocasionados por el desgaste	34
4.2.4	Como reducir el desgaste	34
4.2.5	Modos de falla en sistemas de lubricación	35

4.2.6	Factores que afectan la vida útil de los sistemas lubricados	35
4.3	FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION, FRICCIÓN Y DESGASTE	36
4.3.1	Tipos de películas fluidas	36
4.3.1.1	Lubricación de película hidrodinámica	36
4.3.1.2	Lubricación de película delgada (o mixta)	38
4.3.2	Lubricación de película limite	39
4.3.3	Características de las películas lubricantes	40
4.4	TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO	42
4.4.1	Mantenimiento preventivo	43
4.4.2	Mantenimiento predictivo	45
4.4.3	Mantenimiento proactivo	46
4.4.4	Mantenimiento total productivo (TPM)	48
4.5	DEFINICION DE VIDA UTIL	50
4.5.1	Factores que es necesario controlar para incrementar la vida de los mecanismos	50
	CAPITULO 5 EQUIPO DE ACARREO DE BAJO PERFIL: SCOOP TRAM R1600G CAT	53
5.1	SCOOP TRAM R1600G GENERALIDADES	53
5.2	DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE ENGRASE	54
5.2.1	Lubricación manual	55
5.2.2	Lubricación automática	56
5.3	EQUIPO DE ENGRASE AUTOMATICO	57

CAPITULO 6 CASO DE APLICACIÓN	59
6.1 ELECCION DEL LUBRICANTE SINTETICO SEGÚN APLICACIÓN	59
6.2 RECOPIACION DE ANTECEDENTES DE ENGRASE	64
6.3 APLICACIÓN DE LUBRICANTE SINTETICO SL-M2 SENTINEL	68
6.4 COSTO – BENEFICIO	72
6.4.1 Engrase con grasa convencional por equipo	72
6.4.1.1 Engrase manual	72
6.4.1.2 Engrase automático	73
6.4.2 Engrase con grasa sintética por equipo	73
6.4.2.1 Engrase manual	73
6.4.2.2 Engrase automático	74
6.4.3 Cuadro comparativo de consumo de grasa	74
6.4.3.1 Engrase manual	74
6.4.3.2 Engrase automático	75
6.4.4 Análisis costo beneficio por Consumo de grasa	75
6.4.5 Disponibilidad de equipo	76
6.4.5.1 Costo – Beneficio por Disponibilidad de Equipo	77
6.4.6 Disponibilidad de H-H y Movilidad	78
6.4.6.1 Costo – Beneficio por H-H y Movilidad	79
6.4.7 Costo – Beneficio Total	81

CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFIA	87
APENDICE	88

CAPITULO I

INTRODUCCION

Las lubricaciones sintéticas han probado ser más costo-efectivas que las lubricaciones naturales en ciertas aplicaciones. Recientemente, las consideraciones ambientales y/ o toxicológicas demandan el uso de fluidos sintéticos funcionales, los que son relativamente no-tóxicos en comparación con muchos fluidos de origen natural. Los fluidos sintéticos están diseñados para proveer características superiores de rendimiento muy por encima de los fluidos naturales disponibles a partir de la mayoría de las fuentes naturales.

Aunque los lubricantes sintéticos han estado en uso en la industria por más de 50 años, hay aún una gran confusión acerca de sus características y los beneficios de valor agregado en aplicaciones industriales. Muy poca gente sabe que ellos deberían estar utilizando lubricantes sintéticos o carecen de información de cómo analizar y justificar el uso de los sintéticos sobre los lubricantes tradicionales refinados a base de solventes.

En muchas aplicaciones el uso de los lubricantes sintéticos reduce los costos de operación y mantenimiento, ahorra energía y proporciona una mayor protección a la maquinaria.

Los lubricantes sintéticos son los productos más avanzados, elaborados por la industria de los aceites. Estos productos deberán ser utilizados donde se requieran capacidades extraordinarias de protección y donde los lubricantes tradicionales fallan.

Desafortunadamente, los sintéticos no están siendo utilizados efectivamente en la industria. Hay muchas aplicaciones en los equipos, donde los sintéticos deberían estarse utilizando y podrían ahorrar miles de dólares anualmente. En la mayoría de los casos, el alto costo de los sintéticos es una razón por la cual los usuarios no seleccionan un aceite sintético. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el alto costo de los sintéticos, se paga por sí mismo, en términos de ahorros en su desempeño prolongado y en la mejoría de la operación y protección de los equipos y sus componentes.

En el presente informe, se muestra el caso de una empresa dedicada a brindar diferentes servicios a mineras subterráneas; nos enfocaremos en la lubricación (engrase) de los equipos de acarreo, denominados scoop tram (load – haul –dump); equipos de carguío, transporte y descarga.

Mostraremos que tan beneficioso resulta el engrase de estas unidades aplicando grasa sintética con disulfuro de molibdeno, proporcionando los beneficios de mayor disponibilidad de sus equipos, mayor vida útil de componentes lubricados, extensión de ciclos de engrase, reducción del consumo de lubricante, y disminución del costo por el consumo de lubricantes (grasas).

En el presente informe presentamos una de las verdades que se deben de conocer acerca de los lubricantes sintéticos, para poder tomar una decisión informada acerca de su uso y aplicación.

1.1 OBJETIVOS

Demostrar en base a datos experimentales; obtenidos en el campo; el beneficio técnico - económico que obtiene la empresa al cambiar su lubricación convencional (lubricantes derivados del petróleo) por el uso de lubricantes 100% sintéticos, aumentando la disponibilidad de sus equipos de bajo perfil.

1.2 ALCANCES

La combinación de una estructura molecular uniforme, idénticos y fuertes enlaces moleculares, una estructura molecular saturada y un producto libre de cera, proporcionan a los básicos sintéticos grandes ventajas de desempeño sobre los aceites básicos convencionales.

Si bien es cierto, se sabe por teoría que los lubricantes sintéticos (LS) son superiores en todas sus propiedades a los lubricantes convencionales derivados del petróleo, lo paradójico resulta en que su uso está destinado simplemente para aplicaciones puntuales, donde los lubricantes convencionales fallan. La justificación a esto, son los excesivos costos de los LS para masificarlos en la lubricación de todos los equipos que requieran ser lubricados.

Siendo que el precio inicial de los lubricantes sintéticos es más alto que el de los lubricantes convencionales, los LS justifican su costo ofreciéndole al cliente economía a través de un mayor rendimiento, basado en:

- a) Ciclos de lubricación más prolongados con menos desgaste. Esto refleja ahorros al usuario en los siguientes áreas.

- Horas / hombre de trabajo.
 - Programas de parada de máquinas (se evita mantto. correctivos).
 - Cantidad de lubricante usado: 8 a 12 veces menos.
 - Reducción de un 70% en la variedad de lubricantes en inventario.
 - Reducción en la compra de lubricantes que resulta en una disminución del costo de un 80%.
 - Reducción del costo operativo en general.
- b) Menor variedad de grasas y aceites para una lubricación adecuada, lo cual ahorra:
- Costo de reparación debida al uso de lubricantes equivocados.
 - Dinero gastado en equipos dispensadores de lubricantes, bombas de aire, pistolas manuales, etc.
 - Espacios de almacenamiento debido a la reducción de inventario.
- c) Las máquinas requieren menos reparaciones durante su vida útil. La calidad del lubricante hace esto posible.

Generalmente un LS proporciona entre 5 a 10 veces más vida, comparado con un lubricante mineral. Los LS pueden costar alrededor de 5 veces más que un lubricante mineral, por lo que usted no podrá frecuentemente justificar su uso basado únicamente en el costo del lubricante y la extensión de su vida útil.

En su proceso de decisión, asegúrese de incluir todos los conceptos que intervienen en el costo y los beneficios potenciales que estos lubricantes le proporcionan.

1.3 LIMITACIONES

Si bien es cierto, el mayor consumo de lubricantes se encuentra en los aceites y en menor proporción las grasas, esto no deja ser menospreciado para los inmensos volúmenes de equipos y máquinas que se presentan en las unidades mineras explotadoras de diferentes minerales en nuestro país.

El presente informe se enfoca exclusivamente en la aplicación de grasa sintética en los equipos de acarreo de bajo perfil, llamados scoop tram, tanto en su sistema de engrase automático (articulaciones menores) y manual (pines del cucharón).

Este tipo de aplicación de grasa sintética, se puede tomar como patrón para futuras aplicaciones en los diferentes equipos mineros: dumpers, jumbos, etc. que actualmente vienen siendo lubricados por lubricantes convencionales en las diferentes unidades mineras.

El uso de lubricantes sintéticos para este tipo de aplicaciones debe de ser el inicio para reducir el impacto ambiental producto de los excesivos desechos de lubricantes al planeta por el inmenso volumen de estos equipos operando a nivel mundial.

El engrase manual se hace dentro de la mina en ciclos de 12 horas, no por recomendación de fabricante, sino por anexar el engrase con el cambio de guardia de los operadores de las máquinas.

Si bien es cierto estos puntos de engrase manual se deben de lubricar cada 8 horas para tratar de llegar a la vida útil establecidos por el fabricantes. Es por ello que con un lubricante mineral no.

CAPITULO 2

DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA

2.1 ANTECEDENTES

El Perú, abundante en sus recursos naturales, es característico por ser un país con diversidades de minerales. Producto de ello, a nivel nacional, se encuentran muchos yacimientos mineros, que vienen siendo explotados por diferentes empresas mineras.

Es en estos yacimientos mineros subterráneos, que SEMIGLO presta sus servicios a las diferentes empresas mineras. SEMIGLO renta a todo costo, satisfaciendo las necesidades de sus clientes brindándole la mayor disponibilidad y eficiencia de los equipos que renta.

Como consecuencia de poder tener disponible todas sus unidades, SEMIGLO ha analizado y llegado a la conclusión de que la lubricación es un activo muy importante para el sostenimiento de su empresa. Por ello ha tomado la decisión de llevar a cabo un programa piloto; de lubricar los equipos que le presentan mayores gastos, por cambio y reposición de piezas, estos equipos son los de acarreo de bajo perfil (scoop tram), cuyos pines del cucharón no llegan al promedio de vida útil presentados por el fabricante.

El engrase manual se hace dentro de la mina en ciclos de 12 horas, no por recomendación del fabricante, sino para hacer coincidir con el cambio de guardia de los operadores de las maquinas.

Si bien es cierto estos puntos de engrase manual se deben de lubricar cada 8 horas para tratar de llegar a la vida útil establecidos por el fabricantes, es por ello que con un lubricante mineral no es el adecuado para este tipo de trabajos, donde se combina alta carga, calor y humedad. Estos factores degradan rápidamente las propiedades de los lubricantes convencionales, se oxidan por el calor, no soportan altas cargas y son barridos por el agua.

Es por estos motivos que se están deteriorando los pines del cucharón, representando una suma importante de gastos si se toman en cuenta todos los equipos en las diferentes unidades mineras que SEMIGLO presta sus servicios.

2.2 SEMIGLO COMO PROVEEDOR DE EQUIPOS MINEROS

Servicios Mineros Gloria S.A.C. es una compañía nueva en el mercado que brinda servicios de minería subterránea en el Perú. En los siete años de historia, SEMIGLO ha experimentado un excelente crecimiento desde sus inicios en el 2000, esto le ha permitido desarrollar una reputación de excelencia en el mercado minero.

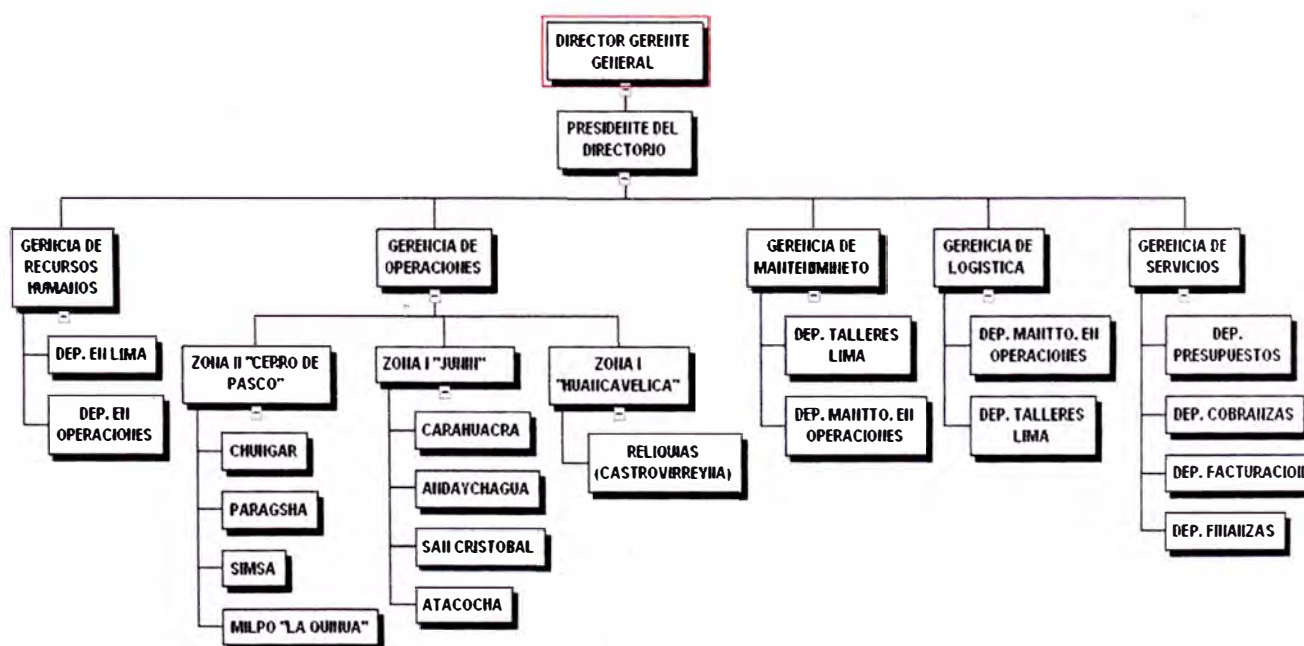
SEMIGLO considera con equipos de gran capacidad y de última generación, que apoyados por el equipo de profesionales aseguramos a nuestros clientes una alta disponibilidad Operativa.

SEMIGLO cuenta a la empresa Minera como un socio estratégico a quien presta servicio de manera oportuna y rentable. Brinda los siguientes servicios:

- Carguío y Acarreo
- Perforación
- Explotación
- Sostenimiento (Empernado y Enmallado)
- Shocrete
- Transporte de Mineral

SEMIGLO se encuentra operando en los departamentos de Cerro de Pasco en donde se encuentra la zona I, en Junín donde se encuentra la zona II y actualmente en Huancavelica unidad de producción Reliquias, unidad minera Castrovirreyna.

2.3 ORGANIGRAMA



2.4 VISION Y MISION

VISION: Ser la empresa de servicios líder en el sector de minería subterránea reconocido en el ámbito nacional y latinoamericano. Forjar en nuestros colaboradores una cultura de seguridad y responsabilidad ambiental.

MISION: Ser en el mediano y largo plazo un socio real, flexible, proactivo y estratégico de nuestros clientes. Con espíritu de equipo, compartir y aprender de las fortalezas y debilidades, de tal forma que el cliente asuma que la alianza es para todos los tiempos.

CAPITULO 3

MARCO TEORICO SOBRE LUBRICANTES SINTETICOS

3.1 PROCESO DE FABRICACION

Los lubricantes sintéticos están hechos de un SCRATCH, durante el proceso de destilación del petróleo. Los básicos de lubricantes sintéticos son también producidos de gas etileno. El gas etileno es destilado durante el proceso de destilación y reacciona para formar moléculas complejas, saturadas que son utilizadas para la producción de básicos sintéticos.

Debido a que el etileno es utilizado como un producto para producir refrigerantes automotrices (anticongelantes), el alto costo de la materia prima es debido a la alta demanda por el gas etileno. Este alto costo del gas, es una de las razones para que los lubricantes sintéticos tengan un costo más alto. Es así como los lubricantes sintéticos por tener un proceso de elaboración más sofisticado son más costosos, y este es un parámetro para determinar su selección en una tarea específica.

Los hidrocarburos presentes en el crudo y extraídos de éste son combinaciones de átomos de carbono y de hidrógeno. Se recuperan las fracciones pesadas del bruto, donde se concentran las estructuras moleculares más complejas (entre 20 y 70 átomos de carbono, con pesos

moleculares de entre 250 y 1.000) y que pueden originar millones de diferentes combinaciones moleculares, para ser usadas como bases minerales. Las combinaciones moleculares de los hidrocarburos, además de variar en el tamaño de su cadena, tienen configuraciones diferentes en las uniones entre los átomos. Las cadenas moleculares pueden ser perfectamente lineales y saturadas (n-parafinas), lineales con ramificaciones y saturadas (iso-parafinas), cíclicas con ramificaciones y saturadas (nafténicas o ciclo-parafinas) y, además, cíclicas con ramificaciones y no saturadas (aromáticos). Se considera que son cuatro los puntos críticos de las diversas combinaciones moleculares, según su utilización como lubricante: la geometría de la combinación, el tamaño de la cadena, la polaridad y la resistencia.

Los diversos tipos de hidrocarburos (parafínicos, nafténicos y aromáticos) tienen características y propiedades muy diferentes entre sí. Según la predominancia de un cierto tipo de hidrocarburos presentes en un determinado aceite base (determinada por el origen del crudo), así se denominará a éste parafínico o nafténico. El caso de bases aromáticas no se contempla, dado que las características de los hidrocarburos aromáticos son inconvenientes en términos de lubricación. Por ejemplo, los aceites base extraídos del crudo de Pennsylvania, en EE.UU, (parafínico) presentan un 75-78% de cadenas parafínicas, un 13-20% de cadenas nafténicas y un 4-10% de cadenas aromáticas. En los aceites base nafténicos, como por ejemplo los extraídos del crudo de Venezuela, encontramos menor porcentaje de cadenas parafínicas y mayores porcentajes de cadenas nafténicas y aromáticas. Comparando las propiedades de las bases

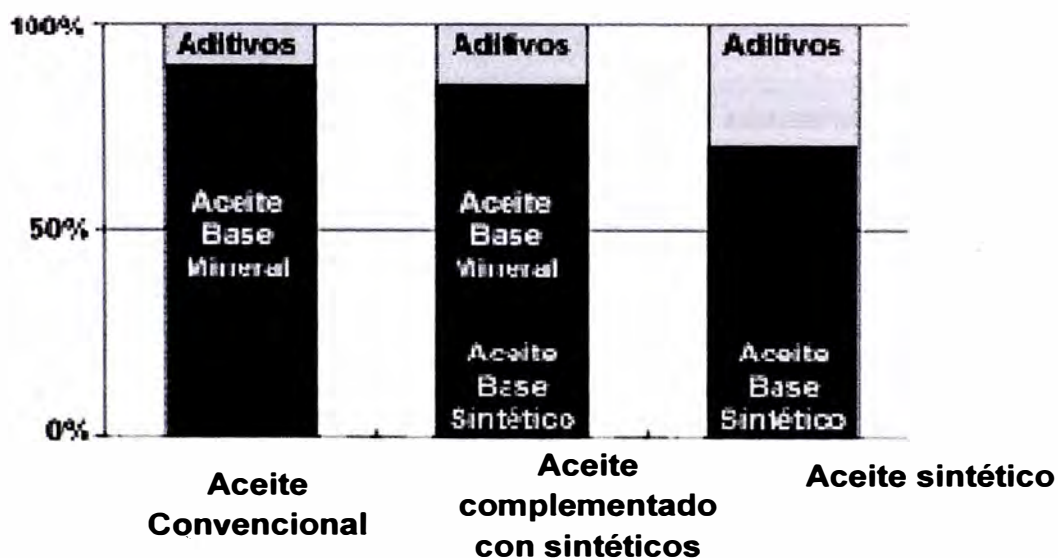
parafínicas con las de las bases nafténicas, a igual viscosidad, comprobamos que las parafínicas presentan ventajas en términos de mayor Índice de Viscosidad, menor volatilidad y mayor resistencia a la oxidación, mientras que las nafténicas tienen, como características positivas, un punto de fluición más bajo, un mayor poder disolvente y una menor formación de residuos carbonosos, siendo todavía más suaves.

Las bases se obtienen en el refinado según determinados cortes, en los que se separan fracciones de hidrocarburos diferentes por su tamaño de la cadena molecular. Aún teniendo propiedades idénticas, aparecen algunas diferencias. Según las fracciones sean más pesadas (grupos de hidrocarburos de cadenas más largas), aumenta la viscosidad y los residuos carbonosos, sube el punto de fluición y disminuye la volatilidad. La elección entre los tipos de bases minerales y sus correspondientes fracciones tiene en cuenta la aplicación que determina las propiedades relevantes. Así, para un lubricante de motores se usan bases parafínicas, teniendo en cuenta sobre todo la importancia del Índice de Viscosidad. Si se quiere formular un lubricante para compresores frigoríficos, la elección recaerá en bases nafténicas, debido a que su punto de fluición es bajo.

En cualquier caso, las fracciones que se utilizan dentro de la familia de bases escogida dependerán de la viscosidad final pretendida (normalmente, se procede a una mezcla de una base con una viscosidad superior con otra de viscosidad inferior).

Las bases sintéticas utilizadas en la formulación de lubricantes son diversas, las de mayor consumo son las "poli-alfa-olefinas" (PAO), producidas en la industria petroquímica y le siguen los ésteres (obtenidos en la petroquímica o a partir de aceites vegetales). Las propiedades de los lubricantes, mejoradas por la incorporación de bases sintéticas en vez de las bases minerales, tienen que ver sobre todo con los Índices de Viscosidad más elevados, puntos de fluición más bajos, mayor resistencia a la oxidación y menor volatilidad. Si se persigue un lubricante biodegradable, se recurre a la incorporación de ésteres. Para lubricantes no inflamables se utilizan fosfato-ésteres.

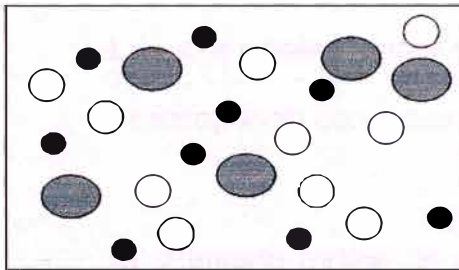
PROPORCIÓN FORMULACIÓN TÍPICA DE LOS DIFERENTES LUBRICANTES



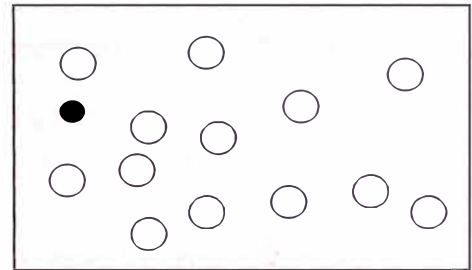
3.2 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES

3.2.1 Características de configuración molecular

Los lubricantes minerales tienen una variada configuración de moléculas de diferentes tamaños, mientras los lubricantes sintéticos son en general muy uniformes y sólo tienen un pequeño porcentaje de moléculas de diferente tamaño como lo vemos en la siguiente figura 3.2.1:



Lubricantes Minerales



Lubricantes Sintéticos

Figura 3.2.1 Configuración molecular de un lubricante sintético

Es así como los aceites básicos producidos por la naturaleza a partir del petróleo carecen de una estructura molecular uniforme que además varía por la procedencia y calidad del crudo de donde es obtenido. Es por esto que los lubricantes sintéticos presentan una mejorada habilidad de desempeñarse en un amplio rango de temperaturas. Y además presentan un alto índice de viscosidad lo que hace que se adelgacen menos a altas temperaturas. Por otra parte los sólidos como las ceras no son contenidos en los lubricantes sintéticos debido a que estos son obtenidos a partir de un gas. Los aceites convencionales contienen ceras disueltas, cuando un aceite

se enfría, las ceras comienzan a separarse como cristales que se unen. Estos cristales forman una estructura rígida que atrapa el aceite en pequeños espacios en la estructura. Cuando la estructura de cristales de cera es suficientemente completa, el aceite ya no fluye.

3.2.2 Características físicas y mecánicas de los lubricantes sintéticos

Las principales características que permiten que estos lubricantes desempeñen correctamente su trabajo son:

- a) Elevado índice de viscosidad (I.V.): que los hace indicados para la lubricación de mecanismos sometidos a temperaturas variables (motores de combustión interna) o a altas temperaturas de servicio continuas. Por lo general el I. V. de estos aceites está comprendido entre 100-200.
- b) Buena estabilidad térmica: Soportan elevadas temperaturas sin descomponerse o degradarse.
- c) No son inflamables: Esto elimina completamente la posibilidad de que se presenten explosiones debido a los gases que se forman cuando trabajan en presencia de altas temperaturas.

- d) Tipos de residuos de evaporación: Por lo general cuando estos lubricantes son sometidos a temperaturas por encima de la máxima permisible, se evaporan dejando una pequeña capa superficial del compuesto del que están constituidos. Muchos de estos compuestos son corrosivos, (como en el caso de los Esteres de fosfatos), lo que hace necesario seleccionar adecuadamente el lubricante de acuerdo con la temperatura a la cual trabajará el mecanismo.

- e) Buena resistencia a la oxidación: Cuando están sometidos a elevadas temperaturas de trabajo se oxidan más lentamente que los de base de hidrocarburo permitiendo prolongar las frecuencias entre re lubricaciones.

- f) Adecuada protección contra la corrosión: Recubren completamente las superficies metálicas impidiendo que el agua, la humedad y otros agentes corrosivos las ataquen.

- g) Buena demulsibilidad: Cuando están en contacto con al agua se separan rápidamente.

- h) Baja tendencia a la formación de espuma: Casi no producen espuma cuando están sometidos a una agitación intensa, esto los hace particularmente indicados para ser utilizados como fluidos hidráulicos y en sistemas de circulación.

- i) Elevada conductividad térmica: Permiten evacuar rápidamente el calor producido durante el funcionamiento del mecanismo. Cuando se emplean como aceites de corte refrigeran eficazmente la herramienta (buril, broca, etc.) prolongando su vida útil.
- j) Alta adhesividad a las superficies metálicas: Algunos poseen buena capacidad de adherencia, en este caso se pueden emplear en sistemas a plena pérdida, como es el caso de los engranajes a la intemperie.

3.3 TIPO DE LUBRICANTES SINTETICOS Y SUS APLICACIONES

3.3.1 Hidrocarburos sinterizados o SHC

HIDROCARBUROS SINTETIZADOS O SHC		
ITEM	PROPIEDADES	APLICACIÓN
OLEFINAS OLIGOMERICAS O POLIALFAOLEFINAS	INDICE DE VISCOSIDAD ALTO 140 BUENA ESTABILIDAD TERMICA RESISTENTES A LA OXIDACION (PERIODOS DE CAMBIO DE HASTA 1 AÑO) SON COMPATIBLES CON ACEITES MINERALES SU SOLUBILIDAD CON EL FREON ES BAJA CONTIENE ENTRE UN 5% Y 20% DE DIESTER O POLIOLESTER	ACEITES PARA AUTOSMOTORES ACEITES PARA AVIACION FLUIDOS HIDRAULICOS LUBRICANTES PARA ENGRANAJES
AROMATICOS ALQUILATADOS o ALKIL BENCENOS	INDICE DE VISCOSIDAD APROX. DE 50 LOS ALQUILOS BENCENOS LINEALES (ABL) SON PROPENSOS A LA OXIDACION HACEN UNA ACCION DE DESCARBONIZACION O DE LIMPIEZA (REQUIEREN MAS FRECUENCIA) SE EMPLEAN PARA TEMPERATURAS DE TRABAJO BAJO CONDICIONES DE SERVICIO CONTINUO COMPRENDIDAS ENTRE -41°C y +149 °C.	LUBRICACION PARA MOTORES SISTEMAS HIDRAULICOS LOS ABL SE EMPLEAN COMO REFRIGERANTES FORMULACION DE GRASAS CON TEMPERATURAS DE TRABAJO POR DEBAJO DEL 0°C COMPRESORES DE AIRE Y REFRIGERACION (R-22 R-502) DISPONIBLE EN GRADOS ISO 68 y 100
POUBUTANOS	SE LLAMAN ASI PORQUE SE OBTIENE A PARTIR DE LA POLIMERIZACION CONTROLADA DEL BUTANO e ISOBUTENO. LOS QUE SON DE BAJO PESO MOLECULAR TIENEN PROPIEDADES LUBRICANTES. LOS DE ALTO PESO MOLECULAR SON MEJORADORES DEL I.V. Y ESPESADORES. EL I.V. DE ESTOS LUBRICANTES ESTA COMPRENDIDO ENTRE 70 y 110. POSEEN BUENA RESISTENCIA DIELECTRICA. LA TEMPERATURA DE DESCOMPOSICION SE PRESENTA APROXIMADAMENTE A LOS +288°C, A ESTA TEMPERATURA SE	ACEITES DIELECTRICOS Y AISLANTES PARA CABLES. LUBRICACIONES PARA MOTORES A GAS Y DE COMPRESORES. COMO BASES COLOIDALES PARA APLICAR LUBRICANTES SOLIDOS. SE EMPLEAN COMO ACEITES PARA TRANSFORMADORES. EN LUBRICACION DE COMPRESORES PARA GAS. COMO BASE EN LA APLICACION DE LUBRICANTES SOLIDOS.

3.3.2 Esteres orgánicos

ESTERES ORGANICOS		
ITEM	PROPIEDADES	APLICACIÓN
ESTERES DE ACIDOS DIBASICOS	<p>LAS PROPIEDADES PUEDEN VARIAR SEGÚN SE UTILICEN DIFERENTES TIPOS DE ALCOHOLES PARA SU ELABORACION.</p> <p>FORMULACION: SE HACE A PARTIR DE LA REACCION DE UN ACIDO DIBASICO CON UN ALCOHOL, QUE POSEA UN GRUPO HIDROXIDO REACTIVO.</p> <p>BUENA FLUIDEZ A BAJAS TEMPERATURAS. INDICE DE VISCOSIDAD ALREDEDOR DE 140.</p> <p>SON LATAMENTE CORROSIVOS POR LO QUE SE DEBE EMPLEAR ADITIVOS PARA CONTRARRESTARLO.</p> <p>COMPORTAMIENTOS DETERGENTES.</p> <p>SON COMPATIBLES CON LOS ACEITES MINERALES.</p> <p>CUESTAN ENTRE 5 y 7 VECES MAS QUE LOS ACEITES MINERALES DE VISCOSIDAD SIMILAR.</p>	<p>BASE PARA FORMULACION ACEITES PARA MCI.</p> <p>BASE PARA REFRIGERENTES EN SISTEMAS HIDRAULICOS. ACEITES DE ROCIO</p> <p>LUBRICANTES DE COJINETES.</p>
ESTERES DE POLIOL O POLIESTERES	<p>NO TIENEN AZUFRE, FOSFORO NI CERA.</p> <p>PUNTOS DE CONGELACION ENTRE -29 °C y -70 °C.</p> <p>INDICE DE VISCOSIDAD SUPERIOR A 140.</p> <p>SON MAS RESISTENTES A LA OXIDACION QUE LAS PAO.</p> <p>BAJA ESTABILIDAD HIDROFILICA.</p> <p>BAJA VOLATILIDAD.</p> <p>PRODUCE ABLANDAMIENTO EN LOS CAUCHOS.</p> <p>SE DEGRADAN MAS RAPIDO QUE LOS ACEITES MINERALES y LAS PAO.</p> <p>COSTO ENTRE 10 y 14 VECES QUE LOS ACEITES MINERALES DE LA MISMA VISCOSIDAD</p>	<p>APLICACIONES AERONAUTICAS EN TURBINAS DE PROPULSION A CHORRO A MATCH <4.</p>

3.3.3 Poliglicoles

POLIGLICOLES		
ITEM	PROPIEDADES	APLICACIÓN
BASES SOLUBLES EN AGUA	<p>VISCOSIDADES EN 8 Cst HASTA 18000Cst a 40 °C.</p> <p>SON SOLUBLES EN ESTERES PERO NO SON SOLUBLES EN ACEITES MINERALES.</p> <p>SON LAVABLES.</p> <p>LOS ACEITES MINERALES CON POLIGLICOLES SON MAS RESISTENTES A LA DEGRADACION BIOLOGICA.</p> <p>POSEEN BUENAS PROPIEDADES LUBRICANTES, SU RATA DE VOLATIZACION ES APROXIMADAMENTE IGUAL A LA DE LOS ACEITES DE BASE PARAFINICA, POSEEN POCA RESISTENCIA A LA OXIDACION.</p> <p>NO SON COMPATIBLES CON LOS LUBRICANTES DE BASE DE HIDROCARBURO.</p>	<p>EN LA INDUSTRIA TEXTIL, YA QUE LOS ACEITES NO MANCHAN, PARA LUBRICAR FIBRAS.</p> <p>EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. REFRIGERANTES EN MECANIZADO.</p> <p>SE EMPLEAN COMO FLUIDOS HIDRAULICOS Y EN LA LUBRICACION DE BOMBAS DE VACIO.</p>
BASES INSOLUBLES EN AGUA	<p>SON TOLERANTES AL AGUA POR SU NATURALEZA POLAR.</p> <p>INDICE DE VISCOSIDAD DE 161 HASTA 219.</p> <p>BAJA SOLUBILIDAD.</p>	

3.4 LUBRICANTES SOLIDOS

Son lubricantes que, al aplicarlos, forman una película lubricante fina que cubre completamente todas las irregularidades de la superficie dejándolas totalmente lisas.

3.4.1 Tipos de lubricantes sólidos

3.4.1.1 Disulfuro de molibdeno (MoS₂)

Se obtiene a partir de la molibdenita que contiene aproximadamente 0,4% de MoS₂ puro. Sometiendo este material a un proceso de trituración y de lavado se obtiene el MoS₂ con un 99% de pureza.

Tiene un coeficiente de fricción de tipo laminar que proporciona coeficientes de fricción muy pequeños en presencia de altas temperaturas.

Ese lubricante puede presentarse en polvo, en forma de suspensión coloidal, en grasa dando mayor protección a las superficies metálicas, en pastas para lubricar guías, corredores y elementos deslizantes y en forma de fina película lubricante para lubricar zonas de difícil acceso.

3.4.1.2 El grafito

Se obtiene a partir del grafito natural y en una pureza hasta del 99%, en peso de carbono. Cuando el polvo de grafito se utiliza en una

suspensión coloidal, el tamaño de las partículas debe ser menos de dos micras para que la suspensión no se dañe.

Es bastante estable en el aire hasta temperaturas del orden de +400°C, pero por encima de esta se combina con el oxígeno del aire y produce anhídrido carbónico.

3.4.1.3 Bisulfuro de tungsteno

El tamaño granuloso de estos lubricantes, por lo general, es menor de 6 micras y presenta coeficientes de fricción muy bajos (0.032). Su color es blanco lo que lo hace muy utilizado en la lubricación de elementos mecánicos en la industria textil, en los de alimentos, en los medicinales, etc. Donde se necesita que el lubricante no manche.

3.4.1.4 La Mica

Se utiliza finamente pulverizada y se emplea para obtener superficies de acabado superficial muy fino, también se mezcla con aceites para incrementar su viscosidad.

3.4.1.5 El Oxido de Zinc

Esta compuesto por partículas muy finas que no requieren ser molidas. Se utiliza en aceites utilizados para la lubricación de elementos de maquinas que manipulan compuesto fácilmente degradarles, como comidas y carnes

3.4.1.6 Las Bentonitas

Se producen al reaccionar el hidrosilato de magnesio o de aluminio con una sal amoniacal. Se mezcla con grasa o aceite, dándole buena estabilidad a altas temperaturas, resistencia a la oxidación y protección contra la corrosión en superficies metálicas en presencia del agua.

3.4.1.7 La Silicona

Presenta buenas propiedades para retardar la corrosión por fricción, se puede utilizar seca, mezclada con agua, aceite o grasa.

3.5 EL MoS₂ (DISULFURO DE MOLIBDENO) COMO LUBRICANTE SOLIDO DE CAPA LÍMITE

El uso de bisulfuro de molibdeno (MoS₂) como un lubricante data del siglo XVIII, sin embargo, en ese tiempo y aún antes, la molibdenita (la forma natural del MoS₂) se confundía frecuentemente con el grafito, ambos siendo gris-oscuro metálico en apariencia. La primera patente que describe el uso del MoS₂ en una grasa fue emitida en 1939 a H.S. Cooper y a V.R. Damerell, pero no fue hasta la mitad de los años 50 que el uso del MoS₂ fue significativo. En la década del 60, un grupo de investigadores de la Marina encontraron que una grasa de litio-diéster-MoS₂ no solo proporcionaba una excelente protección contra la corrosión al cobre y al acero, sino que también proporcionaba una considerable mayor capacidad de carga y de reducción del desgaste que la misma grasa sin el MoS₂. El trabajo de la

Marina se comprobó en evaluaciones de campo y esta soportado por la larga existencia y uso de las grasas de especificación militar que requieren la presencia del MoS₂, Ej., MIL-L-25681, MIL-G-21164 y MILG- 23549.

El uso del MoS₂ como un aditivo para lubricantes esta ahora bien establecido en una gran variedad de productos y aplicaciones. Las grasas son el medio más común de utilizar las propiedades lubricantes intrínsecas del MoS₂ para proveer menor desgaste, menor fricción y vida extendida de servicio de los componentes sujetos a condiciones de lubricación de frontera. El uso del MoS₂ es efectivo en aceites para motor, transmisiones, aceites para altas temperaturas, aceites para propósitos especiales y en aplicaciones para lubricantes secos también.

El MoS₂ sirve para reducir el desgaste y para sostener la lubricación bajo condiciones de frontera. Estas condiciones ocurren si el fluido ha sido expulsado de entre las superficies que soportan la carga por lo que puede resultar contacto metal con metal. Cuando esto ocurre por cargas muy altas, por velocidades que varían o por condiciones de arranque, el MoS₂ se hace cargo de la función de lubricación. También contribuye significativamente bajo condiciones elastohidrodinámicas cuando solo una pequeña película del lubricante mantiene las superficies metálicas separadas.

El MoS₂ provee protección aún cuando las películas ordinarias se rompen. El MoS₂ forma una capa de partículas sólidas sobre la superficie del substrato. En vez de reacción química en la superficie o en el fluido, las partículas

lubricantes son atraídas hacia la superficie (metal, madera, cerámica, plástica, etc.) y se bruñen formando una película protectora.

Debido a que las partículas en esta película tienen una estructura tipo laminar o de capas, se van a deslizar fácilmente. Bajo lubricación de frontera, o contacto de metal con metal, las capas superpuestas del lubricante sólido se deslizan en lugar de ser el sustrato el que cede. Esta acción deslizante permite soportar cargas mayores sin que se suelden en frío las asperezas. Esto es lo que llamamos “Lubricación más allá del aceite”.

Una fácil analogía es relacionar las plaquetas sólidas con un paquete de naipes o cartas. Las cartas resbalan fácilmente con movimiento horizontal, pero soportan altas presiones cuando se les hace un esfuerzo vertical.

Adicional a su función como lubricante de frontera, el MoS₂ trabaja bien bajo una serie de condiciones ambientales extremas. Las características poco usuales del MoS₂ le permiten retener su habilidad de lubricar desde temperaturas criogénicas hasta 400 C (752 F) en aire y aun a temperaturas más altas en atmósferas no oxidantes. El MoS₂ también trabaja bien al vacío y bajo exposición a altos niveles de radiación.

3.5.1 El MoS₂ frente a otros lubricantes sólidos

En contraste con el MoS₂, el grafito no es un lubricante sólido intrínseco. La baja fricción del grafito depende no solo de su estructura cristalina en capas, sino también de la presencia de vapores condensables (agua, hidrocarburos, etc.) para promover fácil movimiento.

El PTFE o politetrafluoroetileno (Teflón), un material polimérico, no trabaja bien bajo altas cargas, debido a su tendencia a fluir en frío. Además, la temperatura máxima de trabajo del PTFE está limitada a 260 C (500 F).

Por estas razones, el MoS₂ es el lubricante escogido para las aplicaciones aeroespaciales, como en los satélites y las cápsulas espaciales, que encuentran temperaturas que van desde -150 C (-238 F) hasta 300 C (572 F). Mas importante aun para los usuarios industriales, el MoS₂ se adhiere tenazmente a cualquier superficie metálica y tiene una resistencia de película de más de 500 kpsi (3450 Mpa).

3.6 MERCADO PERUANO Y LOS LUBRICANTES SINTETICOS

Los lubricantes sintéticos están experimentando un crecimiento significativo en el mercado industrial debido a sus ventajas operativas a través de un ancho conjunto de aplicaciones, incluyendo cojinetes, cajas de cambio,

compresores, bombas de vacío y de diafragma, cierres por ejes rotatorios, válvulas, sistemas hidráulicos e instrumentación.

Los sintéticos son la elección lógica sobre las alternativas de base mineral si las demandas de desempeño superan las capacidades de los productos de petróleo.

Los lubricantes sintéticos son desarrollados y usados para aplicaciones especiales donde los productos de petróleo son inadecuados (por Ej. a temperaturas extremadamente altas o bajas, condiciones extremas de desgaste) o donde los lubricantes debe tener características especiales (por ej. no inflamabilidad). El uso de lubricantes sintéticos es siempre recomendable cuando ellos pueden tener una relación positiva costo-beneficio sobre la fiabilidad del equipo, duración del aceite, consumo de energía y seguridad, a pesar de su precio relativamente alto.

3.7 REDUCCION DEL IMPACTO AMBIENTAL CON EL USO DE LOS LUBRICANTES SINTETICOS

En la lubricación de los mecanismos de una máquina se debe tener siempre presente la conservación del medio ambiente y la preservación de los recursos no renovables como el petróleo, por lo tanto debemos racionalizar el consumo de lubricantes.

Recordemos que al utilizar lubricantes derivados del petróleo estos se oxidan y dan lugar a la formación de peróxidos y ácido sulfúrico, lo que hace

que estos lubricantes sean altamente tóxicos y no biodegradables, conllevando a un envenenamiento paulatino de la tierra y el medio ambiente. Por otro lado el petróleo al ser un recurso no renovable las reservas mundiales de este vital elemento se reducen debido a la utilización de sus derivados (lubricantes) cada vez mayor y sin medida tanto de máquinas industriales como automotrices. La opción más satisfactoria en la actualidad es utilizar lubricantes de mayor calidad como los semisintéticos y sintéticos que aunque en su mayoría son derivados del petróleo permiten prolongados períodos de utilización con lo cual se reduce el volumen de aceite desechado al ambiente, son menos tóxicos y más biodegradables. Afortunadamente para nuestro país ya es posible tener acceso a estos a un precio razonable.

Establezcamos todos que ya no podemos seguir pensando ni actuando como lo hacíamos antes, hay que empezar a pensar de forma proactiva, para nuestra región y para nuestro país.

Por desconocimiento de procedimientos técnicos para su adaptación, por ausencia de normas sobre su reutilización industrial, por la carencia de estándares de consumo en calderas, hornos y secadores y por el mercado negro existente con estos productos, se presume que los manejos dados a los aceites usados y en general a este tipo de energéticos alternativos, son inadecuados, no solo ambiental, sino técnicamente.

Estos procedimientos generan la degradación del medio ambiente por la cantidad de contaminantes, en especial aquellos asociados con contenidos

de metales como arsénico, cadmio, cromo, plomo y antimonio, que son emitidos a la atmósfera durante el proceso de combustión.

Estos compuestos químicos producen efecto directo sobre la salud humana y varios de ellos son cancerígenos. La adopción de planes y programas tendientes a lograr un apropiado manejo, recolección, transporte y aprovechamiento de este residuo, se traducirá en beneficios económicos, energéticos, ambientales y sociales, por la liberación de energéticos tradicionales que pueden ser exportados, por la opción de una nueva alternativa de disposición, por la remoción de contaminantes especialmente los metales pesados y por la generación de un mercado formal que elimine su carácter de residuo peligroso, fomentando así la participación de los diferentes actores, entre ellos la ingeniería mecánica para su recuperación, acopio y tratamiento.

Cuando se reemplazan lubricantes minerales por sintéticos, se opta por una de las soluciones a los problemas planteados, ya que disminuye la cantidad de residuos de aceites usados, además algunos de los sintéticos son biodegradables y su aplicación no genera los efectos nocivos de los aceites minerales.

CAPITULO 4

DEFINICIONES

TRIBOLOGIA

La TRIBOLOGIA, una ciencia interdisciplinaria que estudia los fenómenos relacionados con el transporte de carga a través de dos superficies en movimiento relativo. Estos fenómenos se traducen en fricción o deslizamiento en superficies móviles generando calor, pérdidas de energía y de material (desgaste), y para contrarrestarlos se acude al uso de lubricantes. La TRIBOLOGIA nos conduce a hablar de Ingeniería de Lubricación que proporciona los métodos para minimizar los efectos negativos de la fricción y el desgaste. Se puede afirmar que la TRIBOLOGIA estudia los fenómenos que limitan la vida de los equipos, por eso es parte integral de cualquier desarrollo industrial.

El acelerado avance en el uso de materiales de mejor calidad y la aplicación de tecnologías que permitan una fabricación cada vez más precisa ha conducido a la reducción de dimensiones, aumento de las velocidades de trabajo, aumento de temperaturas y presiones unitarias, reducción de tolerancias y precisión de ajustes, factores que obran como incrementadores de la fatiga del metal, lo cual exige que los lubricantes utilizados en las

máquinas deban ser aptos para absorber condiciones más severas de operación, las que también van a producir una "Fatiga del lubricante".

Así pues, la conservación y mantenimiento de los equipos no se puede reducir al simple ejercicio de "aplicar un lubricante"; por el contrario se exige tomar en serio el resultado de la INGENIERÍA DE LUBRICACION si es que aspiramos a que nuestra industria logre ser la más competitiva. La eficiencia y la competitividad se basan hoy en la mejora de los PROCESOS Y SERVICIOS y el proceso de lubricación, por ser el que suministra la sangre vital para el funcionamiento de los equipos merece la máxima atención.

4.2 TIPOS DE DESGASTE Y MODOS DE FALLA

4.2.1 Qué es el desgaste

Es el deterioro sufrido por las superficies a causa de la fricción, puede llegar a tal punto que las piezas no cumplan con los requisitos de funcionamiento y sean la causa de paros de maquinaria o costosos daños. La fricción sólida causa mayor desgaste, la fricción fluida lo reduce hasta el punto que puede llegar casi a eliminarlo.

4.2.2 Tipos de desgaste

Existen dos tipos de desgaste:

DESGASTE MECANICO

a) Desgaste Abrasivo

Se presenta principalmente cuando en la película lubricante se encuentran partículas en suspensión, que se han desprendido de las superficies y no han sido evacuadas, estas partículas son tan finas

que una parte de ellas se adhiere a la superficie dando la impresión de que se trata de superficies con un buen grado de pulimento y la otra parte permanece en suspensión en el aceite, estas últimas se encargan a su vez de desprender nuevas partículas de las superficies metálicas a medida que desliza una superficie sobre otra.

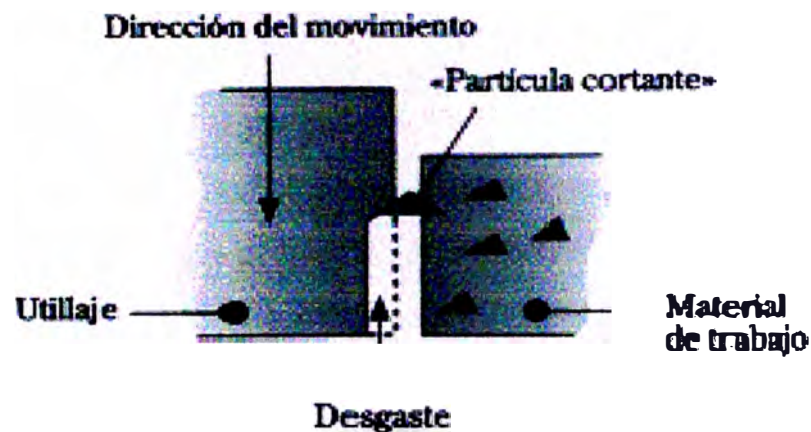


Figura 4.2.1 Desgaste abrasivo

b) Desgaste friccionante

Los puntos altos más sobresalientes de cada superficie se entrelazan y luego se cortan al continuar el movimiento.

Las partes salientes chocan formando pequeñísimas soldaduras que al reventarse, arrastran consigo material de las superficies.

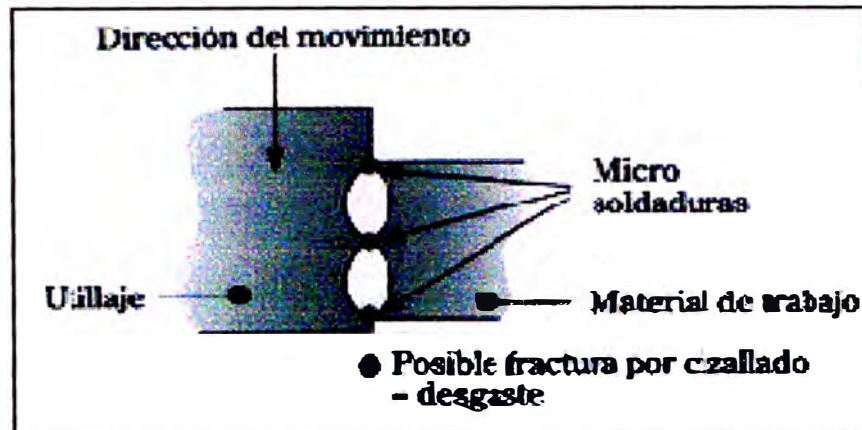


Figura 4.2.2 Desgaste friccionante

DESGASTE CORROSIVO

El azufre el plomo y demás materias corrosivas que posee el combustible, el agua, ácido, y aceites oxidados atacan el metal destruyéndolo progresivamente. La corrosión se presenta principalmente por ataque químico y es debido a:

Gomas, barnices y aglomerados producidos por la oxidación del lubricante.

Ácidos del combustible

Herrumbre ocasionada por la humedad del agua.

La corrosión, ataca las superficies metálicas en forma de pequeñas porosidades que luego se unen formando grietas y causando la falla del elemento.

4.2.3 Problemas ocasionados por el desgaste

- Mayor consumo de repuestos por aumento en las reparaciones y en el mantenimiento.
- Reducción en la producción por paros de maquinaria.
- Vida más corta de la maquinaria.
- En MCI da lugar a escape de gases, pérdidas de potencia, mayor consumo de combustible, etc.
- Posibilidad de accidentes por rotura de piezas de manera prematura.

4.2.4 Como reducir el desgaste

- Con Programas De Mantenimiento Proactivas
- Con buenos programas de mantenimiento preventivo, incluyendo adecuada limpieza de filtros.
- Uso de lubricantes y combustibles correctos.
- Frecuencias de lubricación adecuadas con el fin de determinar los cambios de aceite y grasa correctos.
- Evitar las operaciones a bajas temperaturas.
- Propiedades adecuadas del lubricante que inhiban la generación de algún tipo de desgaste mencionado.

4.2.5 Modos de falla en el sistema de lubricación

- Filtro de aceite obstruido, se presenta por dejar durante largos periodos de tiempo sin limpiarlo o reemplazarlo, o por exceso de partículas metálicas en el depósito de aceite.
- Puntos ocultos para la aplicación de lubricante.
- Montaje incorrecto de tuberías de conducción de aceite. Se presenta por la falta de rigidez de las tuberías dando espacio a la deformación de las mismas hecho que implica fugas de aceite del sistema.
- Modos de falla en el sistema de Lubricación.
- Selección Incorrecta del material de que están hechas las tuberías de conducción del aceite. La selección depende de la presión a la que fluirá el aceite.
- Variación de los sistemas originales de lubricación. Se da por hacer modificaciones al sistema de lubricación que estableció el fabricante para los diferentes puntos de la maquina.

4.2.6 Factores que afectan la vida útil de los sistemas lubricados

Algunas veces aunque los lubricantes y los métodos de lubricación hayan sido correctamente seleccionados, pueden llegar a fallar si la maquinaria no funciona de acuerdo con las especificaciones y diseño del fabricante, las causas de eso se mencionan a continuación:

- Vibraciones, se pueden presentar por un mal montaje o por someter la maquina a un tipo de operación diferente a la de diseño.

- Pérdida de presión en el aceite, debido al montaje de una bomba diferente a la recomendada por el fabricante o al montaje de un filtro de otras especificaciones.
- Movimientos erráticos de los diferentes mecanismos que componen la máquina, estos pueden ser generados por sobrecargas, desalineamientos o por mal manejo del equipo.
- Fugas de aceite causadas por mal montaje de los sellos o empaquetaduras.

4.3 FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACIÓN, FRICCIÓN Y DESGASTE

Para lograr que un programa de lubricación se pueda llevar a cabo en la práctica y funcione tal como ha sido planeado, es necesario que todos los departamentos que tengan que ver en una u otra forma con el funcionamiento de la maquinaria, trabajen estrechamente y estén dispuestos, en todo momento, a colaborar con los programas de lubricación establecidos.

4.3.1 Tipos de películas fluidas

4.3.1.1 Lubricación de película hidrodinámica

Se presenta cuando por la acción del movimiento relativo entre las superficies se crea una película lubricante con la presión suficiente para separarla y evitar el contacto metálico. Los principales tipos de lubricación hidrodinámica son:

- **Lubricación forzada:** cuando por el mismo movimiento relativo de las superficies esas crean la presión necesaria para mantener el lubricante entre ellas.
- **Lubricación hidrostática:** consiste en bombear aceite a presión entre las dos superficies con el fin de separarlas, se emplea generalmente cuando las cargas son excesivamente altas y es imposible conservar una película lubricante con un lubricante aplicado a mano. Cuando un elemento muy pesado está quieto, es necesario comenzar a bombear aceite antes de que se ponga en movimiento ya que de lo contrario no se va a tener una completa separación entre las superficies y se producirá un desgaste excesivo. Este caso es muy común en ejes verticales apoyados en cojinetes planos axiales. Figura 4.3.1.1

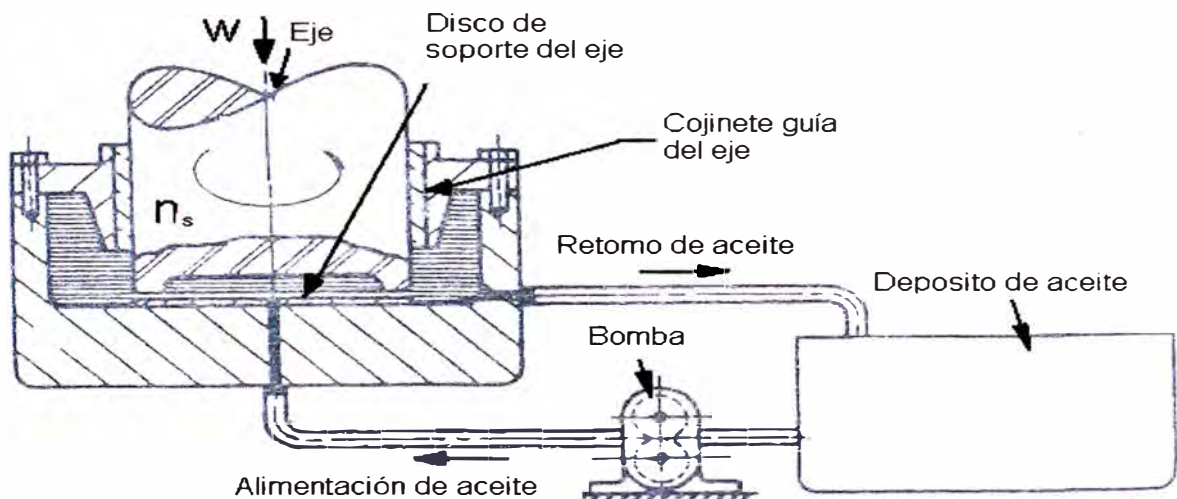


Figura 4.3.1.1 Esquema básico de un cojinete de fricción de lubricación hidrostática.

Estos cojinetes reciben el nombre de cojinetes hidrostáticos y consisten en un disco circular sobre el cual va apoyado el eje, tienen un conducto central conectado con una bomba de desplazamiento positivo, la cual hace fluir el aceite a la presión necesaria para que permita una completa separación de las superficies en fricción. Inicialmente la carga vertical w que soporta el eje cuando este se halla en reposo permite el contacto metal-metal, una vez que la bomba empieza a enviar aceites se forma una película que permite la completa separación entre el eje y el cojinete

4.3.1.2 Lubricación de película delgada (o mixta)

Este tipo de película permite una mayor fricción ya que parte de la carga es soportada por la superficie y la otra por la película lubricante. Cuando el elemento se pone en movimiento el desgaste es excesivo ya que la superficie está levemente recubierta con una película delgada que deja al descubierto la mayoría de las irregularidades. Fig.12.2

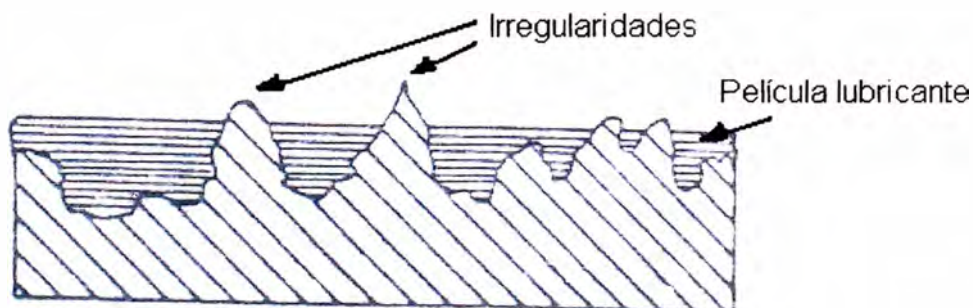


Figura 4.3.1.2 La película lubricante recubre parcialmente la superficie metálica.

4.3.2 Lubricación de película límite

Se presenta cuando las condiciones de velocidad, carga, temperatura o método de aplicación del lubricante no son favorables para la formación de una película de fluido completa. En este caso el lubricante esta recubriendo parcialmente la superficie dejando al descubierto la mayor parte de ella y por lo tanto la fricción es completamente sólida. Figura 4.3.2.1

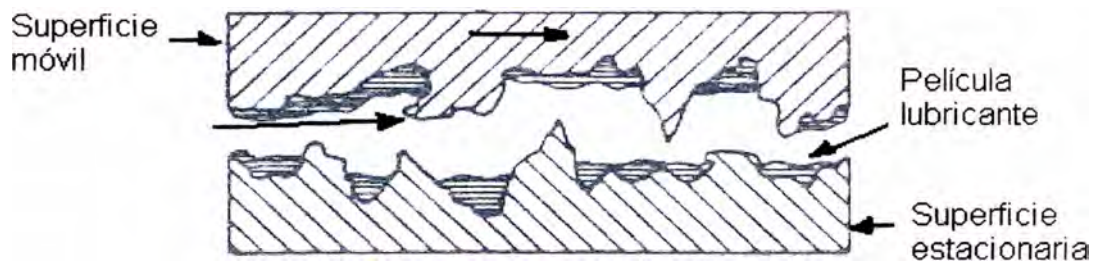


Figura 4.3.2.1 La película lubricante recubre una mínima parte de las superficies metálicas

La poca cantidad de lubricante presente se gasta rápidamente o se oxida debido al acelerado incremento en la temperatura de funcionamiento.

Las características de estas películas se pueden analizar considerando un cojinete de fricción y combinando la viscosidad absoluta η (cent poises), la velocidad angular n_s (r.p.m.) y la carga unitaria p (kgf/cm^2) en un solo factor adimensional $\eta \cdot n_s / p$. Aunque no se tiene una ecuación sencilla para expresar el coeficiente de fricción en términos de esta ecuación, si se puede relacionar mediante la curva de la Figura 4.3.2.2 Este tipo de curva se puede desarrollar

para cada cojinete de fricción en particular pero por lo general, si los cojinetes han sido bien diseñados, todos dan aproximadamente la misma curva.

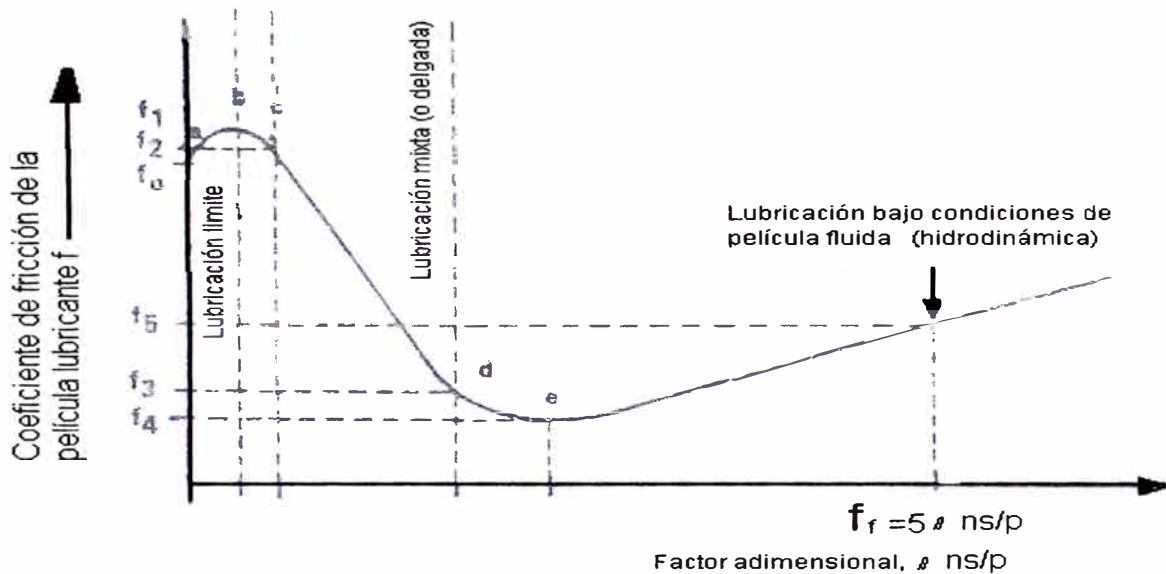


Figura 4.3.2.2 Relación entre el coeficiente de película fluida y el parámetro adimensional

4.3.3 Características de las películas lubricantes

Cuando la viscosidad y la velocidad relativa entre las superficies es alta, se puede mantener una película gruesa que separe completamente las superficies, se tiene el caso de lubricación fluida o hidrodinámica con un coeficiente de fricción bajo, $f = 0,0025$ (punto e Figura 4.3.2.2

Para valores intermedios de $\eta^* n_s/p$ se tiene condiciones mixtas o sea que va a existir contacto metálico en algunas partes de las superficies. También se conoce como régimen cuasi hidrodinámico.

Para valores menores del parámetro η^*n_s/p , la película es demasiado delgada y no se tiene una completa separación entre las superficies. Se produce el contacto metálico entre las asperezas y el coeficiente de fricción crece, $f=0,01-0,1$. Este caso usual en los procesos de maquinado, donde hay altas presiones y velocidades intermedias.

El mínimo espesor de la película lubricante (h_0) depende del factor η^* n_s/p , entre mayor sea el factor mayor es el espesor

En la Figura 4.3.3 se puede distinguir claramente dos zonas:

Zona 1: a medida que aumenta el valor de $\eta^* n_s/p$, de a hacia b, el espesor de la película lubricante aumenta rápidamente casi proporcionalmente.

Zona 2: por encima del valor b para valores de $\eta^* n_s/p$ el espesor de la película aumenta menos rápido y puede llegar a un punto en que permanece constante.

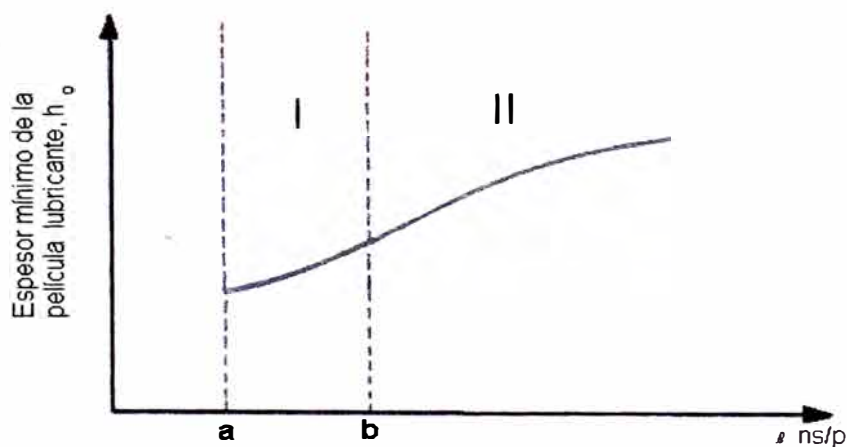


Figura 4.3.3 Relación entre el espesor mínimo de película lubricante y el factor adimensional

4.4 TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO

La lubricación es una de las funciones más importantes dentro de cualquier proceso productivo y una falla en su organización afecta seriamente las labores del departamento de mantenimiento y de operaciones.

Todo equipo industrial tiene una vida útil durante la cual la empresa obtiene una producción determinada. Un papel importante del lubricante es ayudar a la máquina a alcanzar el límite de vida útil o, en el mejor de los casos, superarlo. Desafortunadamente en la industria poca atención se le presta a estos hechos y se mira el proceso de lubricación como la simple labor de "poner aceite y grasa a las máquinas", dejando de lado todas aquellas consideraciones que pueden convertirlo en un factor importante para mejorar la productividad de la organización.

Para analizar estas consideraciones se puede comenzar diciendo que: Lubricar es encontrar la mejor manera de aplicar el lubricante apropiado, en el lugar requerido, en la cantidad correcta, en el momento preciso, al menor coste y con el mayor valor añadido posible.

Ahora, si bien es cierto, para poder llegar y llevar a altos niveles la productividad y disponibilidad de nuestros equipos en los diferentes procesos productivos, debemos de determinar un buen programa de mantenimiento, partiendo de la premisa que involucra la Tribología.

Al principio, debemos de romper el paradigma que engloba el concepto de mantenimiento en nuestro país, a pesar que en su mayoría el mantenimiento

en el Perú, básicamente se usa el preventivo; hay pocas empresas que usan las otras, costo beneficio, análisis de fallas, causa raíz. Etc. que al aplicar este tipo mantenimiento han podido medir los Costo- Beneficio que le conlleva a su organización.

Para lograr que un programa de lubricación se pueda llevar a cabo en la práctica y funcione tal como ha sido planeado, es necesario que todos los departamentos que tengan que ver en una u otra forma con el funcionamiento de la maquinaria, trabajen estrechamente y estén dispuestos, en todo momento, a colaborar con los programas de lubricación establecidos.

4.4.1 Mantenimiento preventivo

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

GENERALIDADES

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos / máquinas.

Mayor duración, de los equipos e instalaciones.

Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.

- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.
-
- **FASES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**
- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

4.4.2 Mantenimiento predictivo

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

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

VENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema

4.4.3 Mantenimiento proactivo

Está basado en enfocar sus acciones correctivas a las causas de falla de la maquinaria y no a sus síntomas o efectos.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo extender la vida de maquinaria mecánica, opuesta a las prácticas actuales que en muchos casos hacen reparaciones cuando nada está roto, conviven con las fallas como algo normal y cotidiano y trabajan en crisis de mantenimiento derivadas de fallas en los programas y su aplicación.

Las causas de falla generalmente se reducen a una mala aplicación o contaminación, ésta es la más común en maquinaria mecánica. Se trata de partículas sólidas, humedad, aire, productos químicos y otros materiales ajenos al sistema, la mayor parte del desgaste proviene de ellas.

Muchos equipos dependen de sistemas fluidos, tales como los lubricantes, aceites hidráulicos, refrigerantes, combustibles y aire, los cuales llevan contaminantes dentro del sistema y los transportan. La presencia de contaminación anormal en un sistema puede describirse como falla incipiente, esto significa que aunque la máquina no está experimentando una pérdida en su desempeño o degradación de sus componentes, las condiciones que llevan a la falla y reducen la vida del componente están presentes.

El problema radica en que las partículas contaminantes son tan pequeñas que no es posible verlas. Generalmente se subestima la cantidad de partículas que ingresan en los sistemas, el tamaño más peligroso es el de las menores a 10 micras, (el ojo humano no puede ver partículas menores a 40 micras). Y se subestima la eficiencia de

los filtros. La vida de la maquinaria depende de una película lubricante menor a 10 micras. Los filtros, si es que se cuenta con uno, están sujetos a un reto formidable de retirar las partículas a la misma velocidad a la que ingresan. La parte más crítica se da cuando por cada partícula que ingresa al sistema se producen 10, entre las que se dividen y las que se generan por el desgaste.

El enfoque del mantenimiento proactivo está en el control de esta contaminación y el establecimiento de métodos y dispositivos para reducir y controlar su impacto en la maquinaria, con lo cual se prolonga su vida útil.

El análisis de aceite es una de las herramientas más valiosas en la implementación y control de un programa de mantenimiento proactivo. Resultan de particular importancia las pruebas de conteo de partículas, viscosidad, TAN, TBN, degradación de aditivos y metales en partes por millón.

4.4.4 Mantenimiento Total Productivo (TPM)

Es un sistema compuesto por acciones ordenadas y con metodología específica que permite eliminar pérdidas de los sistemas productivos y contribuye con la consecución de objetivos como lo son:

- Alta productividad
- Mejores costos
- Innovación
- Mejora tecnológica

- Excelente calidad
- Seguridad
- Desarrollo de talento de las personas
- Alta disciplina en el trabajo

No es un programa de aseo y limpieza de equipos. No es un programa informático para mejorar la gestión administrativa del mantenimiento. No es un programa de última moda de gerencia. No es en sí mismo un objetivo estratégico pero si contribuye a lograr los objetivos de la empresa.

COMO ACTUA EL TPM

Acciones operativas del TPM.

Acciones de mantenimiento productivo que son realizados por pequeños grupos de trabajo y acciones individuales.

Acciones directivas

Despliegue de objetivos que involucran a todos los trabajadores, con un control periódico y con el apoyo necesario para que se realice con eficacia.

Acciones técnicas

Se prepara y utiliza información sobre el comportamiento de los equipos, para erradicar problemas y contribuye con la formación de los operarios.

Acciones en áreas administrativas

Los conceptos de productividad, eficacia y calidad de TPM, se aplican en igual forma en las oficinas y departamentos de apoyo.

Acciones organizacionales

Permite crear una organización más flexible, preparada para responder a los desafíos del entorno.

4.5 DEFINICION DE VIDA UTIL

La base fundamental para que los mecanismos de las máquinas alcancen su vida de diseño es que se trabajen bajo los parámetros que se tuvieron en cuenta cuando fueron diseñados, no obstante, a pesar de que en la práctica es factible de que esto se pueda cumplir al pie de la letra, su vida se puede ver considerablemente reducida.

4.5.1 Factores que es necesario controlar para incrementar la vida de los mecanismos

- a) Los factores que reducen considerablemente la vida de servicio ó de diseño de los mecanismos de una máquina son la inestabilidad de la película lubricante con los cambios de la temperatura de operación, la presencia de partículas sólidas en el aceite por encima de los niveles de limpieza máximos permisible y las altas temperaturas de operación.

- b) La inestabilidad de la película lubricante se debe a que la viscosidad del aceite es muy susceptible a cambiar con la temperatura de operación de tal manera que si ésta aumenta la viscosidad disminuye considerablemente propiciando el desgaste adhesivo y si disminuye la viscosidad aumenta dando lugar a un incremento bastante representativo en el desgaste erosivo de los mecanismos lubricados. En este caso la clave es utilizar aceites con altos Índices de Viscosidad.
- c) La presencia de partículas sólidas en el aceite puede ser el resultado de procesos de manipulación y almacenamiento del aceite inadecuados, utilización de recipientes sucios para su aplicación a las máquinas ó del mismo desgaste adhesivo ó erosivo de los mecanismos lubricados; también es necesario tener en cuenta que ningún aceite, aun cuando sea nuevo es completamente limpio, entendiéndose esto, como la nula presencia de partículas en el aceite, de ahí que se halla establecido un contenido máximo tolerable de partículas en el aceite, el cual el fabricante lo ha tenido en cuenta cuando calculó la vida esperada del mecanismo.
- d) Las altas temperaturas de operación reducen la capacidad de carga de los mecanismos lubricados, en una proporción que por cada 25°C por encima de los 50°C dicha capacidad se reduce en un 10% aproximadamente. Las altas temperaturas de operación en las máquinas se presentan por lo regular cuando la cantidad de calor generado por fricción es mayor que la que puede disipar el área de la

carcasa; en un menor número de casos, las altas temperaturas de operación se deben al calor radiante cuando el equipo rotativo funciona junto a fuentes de calor.

CAPITULO 5

EQUIPO DE ACARREO DE BAJO PERFIL:

SCOOP TRAM R1600G CAT

5.1 SCOOP TRAM R1600G GENERALIDADES

Es un cargador frontal móvil para carguío y acarreo subterráneo. LHD (load – haul – dump) son las siglas para este equipo. Las características principales que los diferencian de otras marcas son las siguientes.

TREN DE FUERZA - MOTOR

El motor diesel 3176C EUI ATAAC Cat® proporciona la potencia y fiabilidad necesarias para obtener un excelente rendimiento en las aplicaciones más exigentes de minería subterránea. Diseñado para proporcionar una operación eficiente, excelente eficiencia de combustible, menores emisiones, reducción de ruido del motor y disminución de los costos de operación.

TREN DE POTENCIA – TRANSMISION

La servotransmisión planetaria de cuatro velocidades Cat se caracteriza por tener componentes para servicio pesado para hacer frente a los trabajos

más exigentes. Los controles electrónicos permiten hacer cambios suaves para mayor productividad y durabilidad de la máquina y de los componentes.

SISTEMAS HIDRAULICOS

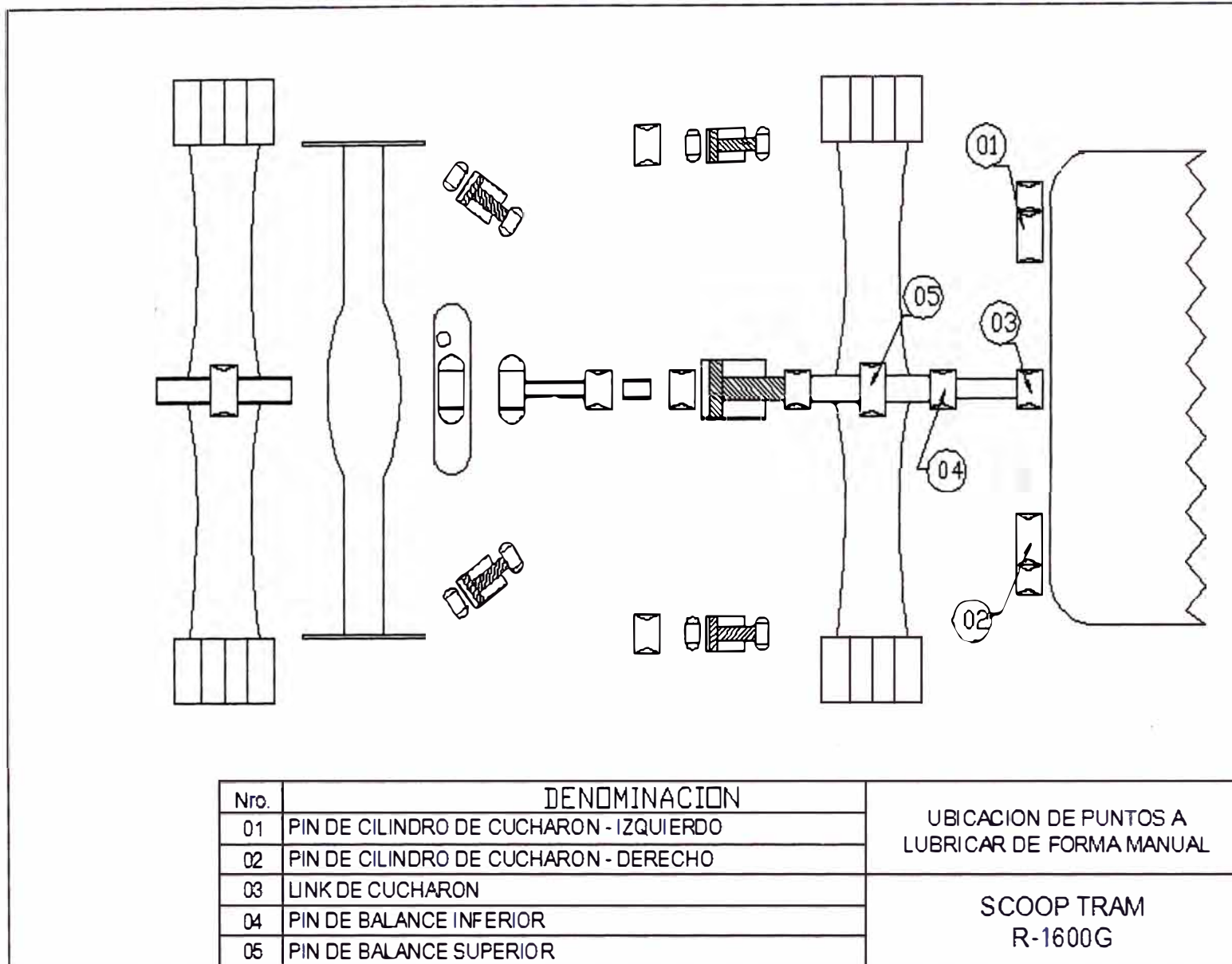
Los potentes sistemas hidráulicos Cat suministran fuerzas de excavación y levantamiento superiores para mover materiales rápidamente. Las bombas de volumen alto y los cilindros grandes proporcionan una respuesta rápida y potente, y tiempos de ciclo rápidos. Las palancas universales operadas por el sistema piloto proporcionan una operación que requiere bajo esfuerzo y un control más suave.

FACILIDAD DE SERVICIO

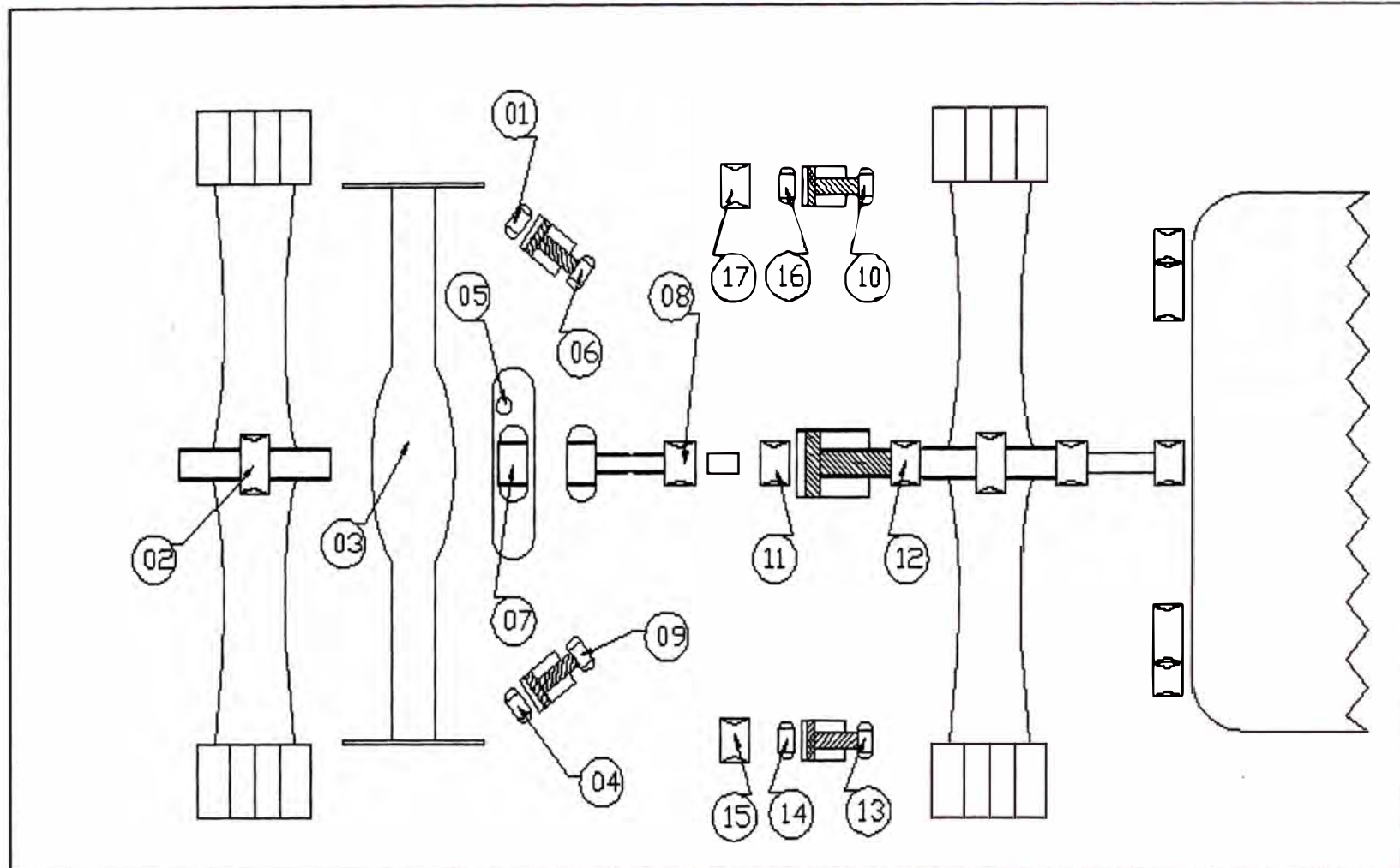
El R1600G está diseñado para facilitar y agilizar el servicio. Las características de mantenimiento y servicio simplificado reducen el tiempo muerto, permitiendo que la máquina permanezca menos tiempo en servicio y más tiempo en producción.

5.2 DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE ENGRASE

5.21 Lubricación manual



5.2.2 Lubricación automática



Nro.	DENOMINACION	09	PIN DE CILINDRO DE DIRECCION DERECHO - ABIERTO	UBICACION DE PUNTOS A LUBRICAR DE FORMA AUTOMÁTICA
01	PIN DE CILINDRO DE DIRECCION IZQUIERDO - CERRADO	10	PIN DE CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO - ABIERTO	
02	CORONA	11	PIN DE CILINDRO VACADOR - CERRADO	
03	VADEN	12	PIN DE CILINDRO VACADOR - CERRADO	
04	PIN DE CILINDRO DE DIRECCION DERECHO - CERRADO	13	PIN DE CILINDRO DE LEVANTE DERECHO - ABIERTO	
05	PIN CENTRAL INFERIOR	14	PIN DE CILINDRO DE LEVANTE DERECHO - CERRADO	
06	PIN DE CILINDRO DE DIRECCION IZQUIERDO - ABIERTO	15	PIN DE BRASO DE CUCHARON TRACERO SUPERIOR - DERECHO	
07	PIN CENTRAL SUPERIOR	16	PIN DE CILINDRO DE LEVANTE IZQUIERDO - CERRADO	
08	CHUMACERA DE CARDAN DELANTERO	17	PIN DE BRASO DE CUCHARON TRACERO SUPERIOR - IZQUIERDO	

SCOOP TRAM
R-1600G

5.3 EQUIPO DE ENGRASE AUTOMATICO

Los equipos se ven diariamente sometidos a condiciones extremadamente duras. Agua, barro, polvo y las cargas mecánicas generan un alto régimen de desgaste que se acumula en cojinetes, bulones y articulaciones giratorias. Por consiguiente, la lubricación es absolutamente necesaria para proporcionar una adecuada protección a estas piezas. Los sistemas de lubricación centralizada proporcionan un medio fiable de conseguirlo. Mientras el equipo se encuentra en movimiento, la lubricación se hace llegar automáticamente, en cantidades requeridas y medidas con control de tiempo, a todos los puntos de lubricación conectados al sistema, esto proporciona una óptima lubricación dinámica y sistematizada. La lubricación centralizada hace que los cojinetes se conviertan prácticamente en elementos libres de movimiento.

VENTAJAS DEL SISTEMA MAQ - LUBE

La corrosión no afecta al cuerpo de la bomba fabricado en plástico de alta resistencia con refuerzo de fibra.

Menor peso de la bomba.

La fabricación del sistema requiere un menor número de piezas, lo que se traduce en una mejor relación calidad / precio.

El motor de la bomba está protegido contra daño mecánico y humedad. Además, es resistente a los cortocircuitos.

El temporizador está provisto de una capa protectora contra agua de condensación.

Facilidad de regulación de los tiempos de funcionamiento.

El tiempo de instalación se reduce considerablemente gracias a los conectores de tipo enchufe rápido en los dispositivos de medición y en los puntos de lubricación.

El control de funcionamiento intermitente totalmente automático garantiza una distribución uniforme del lubricante.

La válvula de seguridad de presión normal proporciona un control visual de los puntos de lubricación.

El sistema puede ampliarse para dar servicio hasta un total de 210 puntos de lubricación con cuerpos y elementos adicionales.

Consumo mínimo de lubricante, sin excesos de lubricación, sin derrame de grasa parte de nuestro concepto de protección del medio ambiente.

Sellado estanco, gracias al diseño tipo bloque de los dispositivos de medición progresiva.

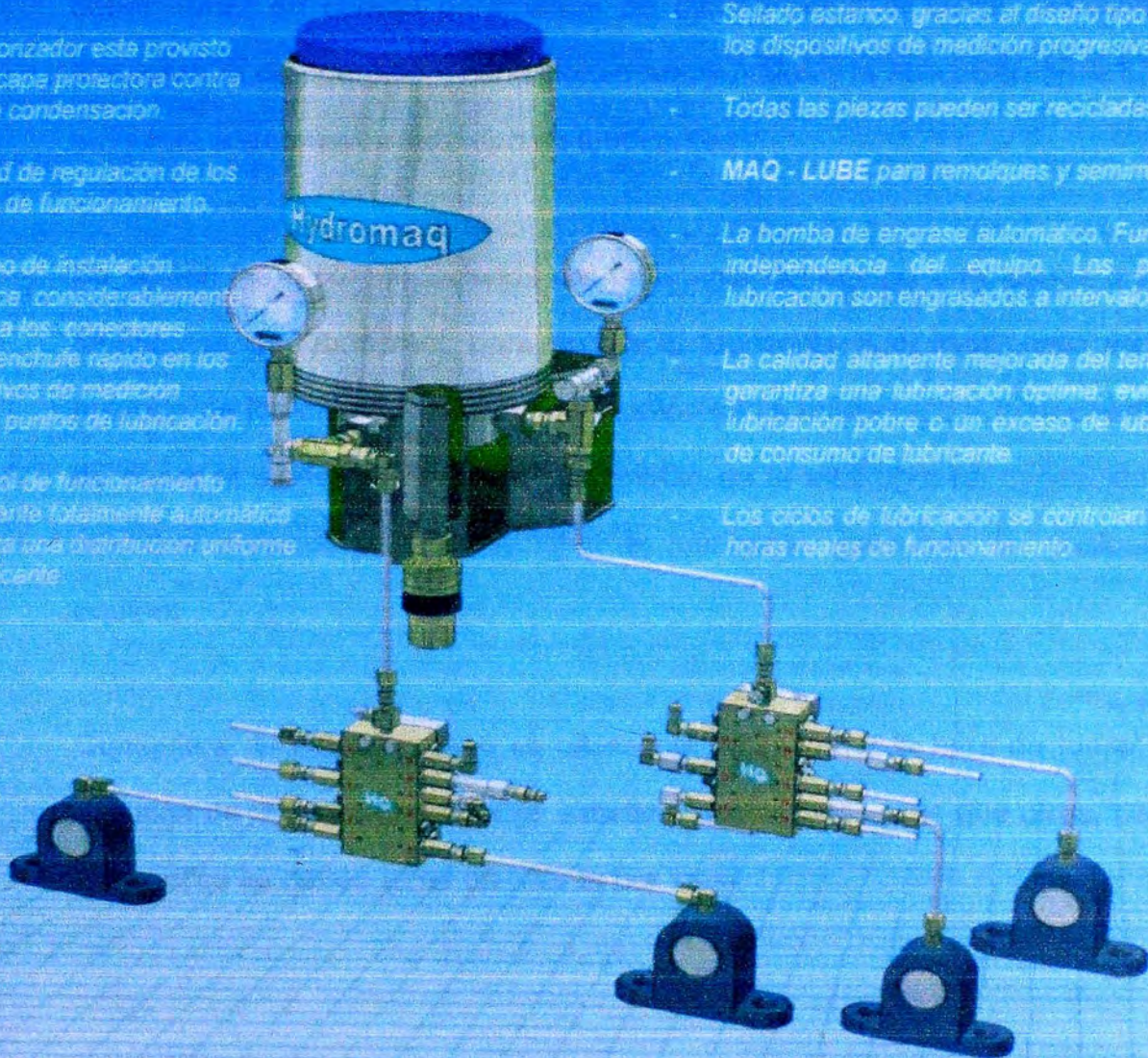
Todas las piezas pueden ser recicladas.

MAQ - LUBE para remolques y semirremolques.

La bomba de engrase automático funciona con independencia del equipo. Los puntos de lubricación son engrasados a intervalos fijos.

La calidad altamente mejorada del temporizador garantiza una lubricación óptima: evitando una lubricación pobre o un exceso de lubricación o de consumo de lubricante.

Los ciclos de lubricación se controlan según las horas reales de funcionamiento.



CAPITULO 6

CASO DE APLICACIÓN

6.1 ELECCION DEL LUBRICANTE SINTETICO SEGÚN APLICACIÓN

En la selección de un lubricante sintético, para una aplicación específica, se deben tener en cuenta parámetros de diseño como la carga, velocidad, temperatura de operación, condiciones ambientales y la aplicación en la cual se quiere implementar este tipo de lubricantes.

Se siguen las recomendaciones del fabricante del equipo o se acude a los fabricantes de lubricantes para aplicar el lubricante adecuado, pero en la mayoría de los casos el usuario del equipo se ve enfrentado a la necesidad de hacer la selección él mismo. El estudio de la tribología ha conducido a métodos precisos para seleccionar el lubricante adecuado de cualquier equipo.

Cualquiera de estos factores es altamente influyente a la hora de tomar la decisión de utilizar un lubricante sintético, quizás unos más que otros, pero todos ellos se deben tener en cuenta por igual.

La suma de estos factores (no se han tenido en cuenta ventajas tan importantes como la reducción del consumo de energía por menor fricción fluida ó EHL, ni la disminución del desgaste), justifica con creces el empleo de un lubricante sintético, en lugar de uno derivado del petróleo.

Los aceites sintéticos brindan una excelente alternativa para mejorar el comportamiento y alargar la vida útil del equipo. A pesar del mayor costo de estos lubricantes, es una inversión que se paga muy rápidamente por todas las ventajas que ofrecen: mayor disponibilidad de los equipos, menor desgaste, períodos de cambio más prolongados, menor consumo de energía y algo muy importante es la reducción de los daños al medio ambiente

El hecho de que un lubricante sea sintético, no quiere decir que se pueda utilizar para cualquier condición de operación, en otras palabras un lubricante sintético no se puede considerar como el “lubricante milagroso”, ya que donde el uso de un lubricante sintético da excelentes resultados, otro puede acarrear consecuencias catastróficas en el funcionamiento del equipo.

Por lo mencionado, es muy importante saber leer e interpretar las hojas técnicas de los lubricantes. En estas hojas debemos de encontrar sus características funcionales elaboradas bajo las normas ASTM, como los diferentes aditivos adicionales para los diferentes tipos de aplicaciones, como por ejemplo: aditivos para extrema presión, aditivos para mejorar el comportamiento ante cambios de temperatura (índice de viscosidad), etc.

En nuestro caso en particular; ya que SEMIGLO quiere mejorar la disponibilidad de sus equipos dentro de mina y reducir costos, evitando paros inesperados, producto del agarrotamiento de sus pines que vienen siendo lubricados con la grasa Mobil XHP 222, debemos buscar una alternativa al lubricante usado en la actualidad y ver porque está fallando si es uno de los lubricantes recomendados por el fabricante.

Es muy diferente al tema automotriz, en este solo es necesario la viscosidad, ya que estos lubricantes están normalizados; en cambio para el uso industrial que estamos presentando en el informe y si más aún queremos mejorar la disponibilidad de las máquinas, es necesario ahondar más en la parte técnica de los lubricantes, es decir es más que todo un concepto técnico y multidisciplinario.

En base a la experiencia de haber realizado diferentes pruebas en diferentes equipos y en diferentes condiciones de trabajo de alta carga, humedad, polución, etc. Con diferentes marcas de lubricantes reconocidos mundialmente, me he dado con la sorpresa que en sus Hojas Técnicas omiten diferentes pruebas ASTM (métodos que simulan el comportamiento de los lubricantes frente a situaciones de trabajo) que te muestran su comportamiento para diferentes condiciones puntuales.

Por esta razón, es muy importante tener claro los conceptos sobre la tribología y los diferentes métodos ASTM , estos conceptos nos ayudarán a elegir el lubricante correcto para cada aplicación en particular, evitando situaciones desfavorables al momento de lubricar. Si no tenemos claro estos

conceptos, podemos ocasionar un desgaste prematuro de las superficies lubricadas, y lo más crítico; paradas inesperadas por el uso del lubricante incorrecto, disminuyendo la disponibilidad de nuestros equipos.

En el caso en particular, donde nos encontramos con altas cargas y humedad, nuestras grasas deben superar los estándares de carga y no deben ser lavados fácilmente por el agua.

Es por eso que al momento de seleccionar y elegir que lubricante utilizar en esta aplicación, debemos de considerar las características ASTM siguientes: Carga Timken, Desgaste de las cuatro bolas, Lavado con Agua, Estabilidad a la Oxidación Caída de Psi (ASTM D-942), Punto de Goteo y Sólidos.

Para la prueba de Carga Timken (ASTM D-2509) la grasa MOBIL XHP 222 presenta 40 lb. mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 45 Kg (100 LB), es decir; ante un trabajo de extrema presión, la grasa SL-M2 soportará una carga mayor a dos veces la carga que soporta la grasa MOBIL XHP 222, característica importante para esta aplicación donde los pines del cucharón levantan pesos con diferentes densidades.

Para la prueba de Desgaste de las cuatro bolas (ASTM D-2266) la grasa MOBIL XHP 222 presenta .5 mm, mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 .4 mm, es decir; presenta mayor resistencia a la penetración de cualquier objeto sólido presente entre las superficies lubricadas.

Para la prueba de Lavado con Agua (ASTM D-1264) la grasa MOBIL XHP 222 presenta 10% peso, mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 7 % peso,

es decir; la grasa SL-M2 no será lavada tan fácilmente, manteniendo su lubricidad por mayor tiempo.

Para la prueba de, Estabilidad a la Oxidación Caída de Psi (ASTM D-942) la grasa MOBIL XHP 222 tiene una caída de 5 Psi, mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 de -1 Psi, es decir; la grasa SL-M2 tendrá mejores condiciones antioxidantes, sin duda se debe a su aceite base que es sintético.

Para la prueba de Punto de Goteo (ASTM D-2265) la grasa MOBIL XHP 222 comienza a gotear a los 280°C, mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 NO GOTEA, es decir; la grasa SL-M2 tendrá mejores condiciones ante las elevadas temperaturas producto de la fricción y del ambiente de trabajo.

Y con respecto a lubricantes sólidos presentes dentro de la grasa, la grasa MOBIL XHP 222 no contiene ninguno, mientras de la grasa SENTINEL SL-M2 presenta el MoS₂ expuesto líneas atrás donde se ve los beneficios de este solido.

Líneas abajo se muestra el cuadro resumen de estos conceptos.

PRODUCTO PROPIEDADES	SENTINEL SL-M2	MOBIL XHP - 222	METODO ASTM
Grado NLGI	2	2	D-1092
Penetracion Trabajada	265-295	280	D-217
Punto de Goteo	N/A		D-2265
Estabilidad a la Oxidacion goteo psi a 100 hrs.	-1	5	D-942
Lavado por Agua	0.7		D-1264
Extrema Presión Carga Timken OK, Kg (lb)	45 + (100)	18 + (40)	D-2509
Prueba de 4 Bolas	.4 mm	.5 mm	D-2266
Solidos	MoS2		

En base a esta información es que podemos decir que la grasa SENTINEL SL-M2 nos proporcionará mejores resultados que la grasa utilizada en la actualidad.

6.2 RECOPIACION DE ANTECEDENTES DE ENGRASE

Para determinar y/o analizar el Costo-Beneficio que se obtiene al utilizar un lubricante sintético con MoS₂, debemos analizar cuanto de la actual grasa (MOBIL XHP 222) está siendo utilizada en la lubricación del Scoop Tram R1600G (Código: SMG 079).

Para obtener estos datos, es necesario recopilamos en el campo; es decir, llevar un estricto registro de la grasa utilizada en cada ciclo de engrase dentro de la mina, esto es posible con el personal de mantenimiento que se encarga de la lubricación de estas unidades dentro de la mina.

Otro punto importante al analizar si se está ejecutando una correcta lubricación es la información del operador de la equipo. Esta persona, es la responsable del equipo durante toda la jornada de trabajo; observa las diferentes condiciones de trabajo que está expuesto el equipo, ya sea: excesiva carga, elevadas temperaturas, agua, etc. condiciones que afectan y ayudan a que los lubricantes utilizados sean desplazados, obligando a un ciclo de engrase menor.

El la Figura 6.2; mostrado en la parte baja, nos muestra la situación actual del sistema del engrase del equipo SCOOP TRAM R1600G con la grasa MOBIL XHP 222.

Se pueden observar dos tipos de lubricación (engrase), uno de manera manual y otro automático.

Mayormente el fabricante te da la frecuencia y cantidad de lubricación que se debe de usar en los diferentes puntos de cada máquina.

Ahora, en este trabajo, se le vendió la idea (otra empresa) de lubricar automáticamente las articulaciones pequeñas; ya sea por comodidad además de que estos puntos no están expuestos a choques.

Pero como se ve, NO se puede hacer una lubricación automática a los puntos del cucharón; primero porque está expuesto a golpes, producto de eso es posible romper las mangueras lubricadoras y se dejaría de lubricar estos puntos. Segundo; el cucharón no es estático, tiene diferentes grados

de rotación, es decir que cuando la bomba inyecte grasa puede estar en una posición que impida el paso de esta grasa al pin engrasado. Y tercero; las condiciones de trabajo (humedad, tierra, calor).

Son cinco (5) pines engrasados de manera manual, todos ellos pertenecen a las articulaciones del cucharón. Estas articulaciones son las que sufren la mayor severidad del trabajo realizado por el equipo; sobrecargas debido a diferentes densidades de los minerales dentro de la mina; altas temperaturas debido a la profundidad y poca ventilación, excesiva humedad debido a las filtraciones dentro de la mina.



Antecedentes del sistema de Lubricacion (Grasa) de equipos pesados

Compañía : SERVICIO MINERO GLORIA S.A.C.

Equipo : SCOOP R1600G CAT

Modelo : R1600G

Código: SMG 079

Serie:

Lubricante Utilizado : **MOBIL XHP 222**

Ciclos de Lubric. : CADA 12 HRS (MANUAL) y 2/3 (AUTOMÁTICO)

Sist.Lubric.: Manual y automático

Ciclos de Lubricación	Sistema de Lubricación	ITEM	Puntos de lubricación	FECHA	17/06/2008	17/06/2008	18/06/2008	Observación		
				ENGRASES	M y A	M y A	M y A			
				HORA INICIO	08:00	20:00	08:00			
				TIEMPO	15 min.	15 min.	-			
				HOROMETRO			1320.8			
				Horas trabajo						
			Cant.	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe		
12 horas	Manual	1	Pin de cucharón izquierdo	4	20				* Estos puntos son engrasados al inicio de cada guardia, en la mañana y en la noche.	
		2	Pin de cucharón derecho	5	22				* En la mañana del día 17 se engraso con la bomba de pie.	
		3	Link de cucharón	3	16				* En la noche del día 17 se engrasó con la bomba neumática.	
		4	Pin de balancín inferior	4	10				* El día 18 la máquina estuvo parado todo el turno día por Mantto.	
		5	Pin de balancín central	9	25				* Se torquea pin derecho de cucharón: 2200 N.m; link: 1800 N.m	
125 horas	Manual	6	Cardanes y crucetas						* Estos puntos son lubricados en cada PM de la máquina, es decir a la 125 Hrs. según horometro.	
2/3	Automático	7	Se lubrican 17 puntos con este sistema						* El ciclo es de 2/3, es decir, cada 2 horas lubrica 6 minutos. Esta bomba inyecta aprox. 2.8 gr./minuto, con lo que cada 2 horas esta lubricando =6*2.8= 16.8 gr./(2 Hrs.)	
Cantidad de total de golpes			Engrase con bomba de pie	25					NOTA: Bomba de pie: 18gr./golpe Bomba neumática: 5gr./golpe Bomba manual: 1.2gr./golpe Sist. Automático: 16.8gr/ (2 Hrs.)	
			Engrase con bomba neumático		93					
			Engrase con bomba manual							
Total de grasa sistema manual (Kg.)				0.45	0.465					
Total de grasa sistema automático (Kg.)				0.084	0.084				* Se considera 10 horas por turno	
Total de grasa por turno (Kg./10 Hrs.)				0.534	0.549				* En cada turno se esta consumiendo 0.534 Kg.	
Total de grasa por día (Kg./día)				1.068					* Cada día se esta consumiendo: 1.068 Kg.	

Ing. Arturo Obregón Ruiz
Supervisor SEMIGLO - ANDAYCHAGUA

Percy Mayta Delzo
Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA

Edwin Condori Coila
Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA

Figura 6.2 Sistema de engrase rutinario con grasa MOBIL XHP 222

Todas estas condiciones, además del tipo de lubricante que se utiliza, hacen que los ciclos de engrase sean reducidos, por ende la cantidad de grasa suministrada es considerable para la lubricación de estos pines.

El total de grasa utilizada en estos cinco (5) pines equivale aproximadamente a 0.915 Kg. por día de grasa MOBIL XHP 222.

Con respecto a la lubricación automática, son diecisiete (17) los puntos engrasados a través de una bomba que va alimentando grasa hora tras hora a estos diferentes puntos durante la faena de trabajo del equipo.

El total de grasa utilizada en estos diecisiete (17) pines equivale aproximadamente a 0.168 Kg. por día de grasa MOBIL XHP 222.

La cantidad de puntos lubricados se determina sumando los puntos lubricados de manera manual y los puntos lubricados de manera automática, como se muestra en el grafico, la cantidad total utilizada de grasa MOBIL XHP 222 equivale aproximadamente a 1.068Kg diario por equipo Scoop Tram R1600G.

6.3 APLICACIÓN DE LUBRICANTE SINTETICO SL-M2 SENTINEL

Para obtener el Costo-Beneficio, debemos obtener la cantidad de grasa sintética que se utilizará en los puntos lubricados. Para esto, debemos realizar el mismo trabajo de campo similar a lo realizado con la grasa convencional.

Una vez más, es muy importante recalcar a parte del lubricador, las declaraciones del operador del equipo durante esta prueba, estas nos muestra si las cantidades y/o ciclos de engrase están siendo aplicados correctamente ó habría que modificar alguna acción.

Otro punto aún más importante, es la capacitación del personal en el uso de un lubricante sintético con respecto a uno convencional. Se debe de mostrar y demostrar las características físicas y químicas de esta grasa SL-M2 SENTINEL que será utilizada para la lubricación de las articulaciones del equipo.

El lubricador debe quedar convencido de las características que presentan estos lubricantes sintéticos. En este caso especial; debe convencerse del trabajo que realiza el MoS₂ (disulfuro de molibdeno) en el proceso de engrase. Este MoS₂; que es transportado y dejado por el aceite sintético dentro de la grasa; hace posible que las partes engrasadas no rosen metal con metal sino molibdeno con molibdeno aumentando de esta manera el ciclo de engrase, reduciendo la cantidad de grasa utilizada y lo más importante aún “reduciendo el desgaste de los componentes engrasados”.

Como se muestra en el grafico figura 6.3, podemos observar el trabajo previo que se realiza para llegar a la cantidad y ciclo real de engrase de todos los puntos lubricados del equipo.

Este trabajo es lo que explicábamos líneas arriba, el moS₂ submicronico en suspensión coloidal es transportado por el aceite sintético a los puntos engrasados, este moS₂ hará que las superficies queden protegidas

formando un tipo de enchape de molibdeno, este enchape hace posible extender los ciclos de lubricación, reduciendo la cantidad de grasa aplicada y aumentando la vida útil de los componentes lubricados.

Al igual que el trabajo realizado en la lubricación manual, y con lo antes expuesto sobre las ventajas al usar este lubricante sintético con MoS₂, debemos determinar la cantidad de grasa que se utilizará al aplicar este lubricante tanto en los puntos engrasados manualmente (5) y los puntos engrasados automáticamente (17).

El total de grasa utilizada en estos cinco (5) pines; lubricado manualmente; equivale aproximadamente a 0.37 Kg. de grasa SL-M2 SENTINEL cada dos días.

Con respecto a la lubricación automática, son diecisiete (17) los puntos engrasados a través de una bomba que va alimentando hora tras hora grasa a estos diferentes puntos durante la faena de trabajo del equipo.

El total de grasa utilizada en estos diecisiete puntos (17), lubricado automáticamente, equivale aproximadamente a 0.112 Kg. cada dos días de grasa SL-M2 SENTINEL.



Antecedentes del sistema de Lubricacion (Grasa) de equipos pesados

Compañía : SERVICIO MINERO GLORIA S.A.C.
 Equipo : SCOOP R1600G CAT Código: SMG 079
 Modelo : R1600G Serie:

Lubricante Utilizado : **SL-M2 SENTINEL**
 Ciclos de Lubric. : CADA 48 HRS (MANUAL) y 9/5 (AUTOMÁTICO)
 Sist.Lubric.: Manual y automático

Ciclos de Lubricación	Sistema de lubricación	ITEM	Puntos de lubricación	FECHA	18-Jun	19-Jun	19-Jun	20-Jun	20-Jun	21-Jun	21-Jun	22-Jun	22-Jun	23-Jun	Observación		
				ENGRASES	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA		MyA	
				HORA INICIO	08:00	08:10	-	07:30	-	-	-						
				TIEMPO	15 min.	20 min.	-	15 min.	-	-	-						
				HOROMETRO	1321	1332	1341	1351	1359	1369							
				Horas trabajo		10.8	9.6	10.1	8	10.1							
				Cant.	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	gol.	°C	golpe	gol.	°C	golpe	golpe	
48 horas	Manual	1	Pin de cucharon izquierdo			80	-	70	-	-	27	-			* Estos puntos son engrasados cada dos días, al inicio de cada guardia.		
		2	Pin de cucharon derecho		80	-	70	-	-	27	-				* Se aprovecho para lubricar los puntos manuales con la grasa SL-M2		
		3	Link de cucharon		60	-	45	-	-	27	-				* En este engrase se utilizo 0.9 Kg. (los 5 pines)		
		4	Pin de balancin inferior		70	-	50	-	-	27	-				* El día 17 (noche) y 18 (noche), el sistema centralizado se dejo en 1/8 para presurizar. Con este ciclo trabajo hasta la mañana del día 19. luego se cambio a		
		5	Pin de balancin central		90	-	70	-	-	28	-						
250 horas	Manual	6	Cardanes y crucetas												* Estos puntos son lubricados en cada 2 PM de la máquina, es decir a la 250 Hrs. según horometro.		
9/5	Automático	7	Se lubrican 17 puntos con este sistema												* El ciclo es de 9/5, es decir, cada 9 horas lubrica 10 minutos. Esta bomba inyecta aprox. 2.8 gr./minuto, con lo que cada 9 horas esta lubricando = 10*2.8= 28gr./(9 Hrs.)		
Cantidad de total de golpes				Engrase con bomba de pie										NOTA: Borna de pie: 18gr./golpe Bomba neumática: 5gr./golpe Bomba manual: 1.2gr./golpe Sist. Automático: 28gr/ (9 Hrs.)			
				Engrase con bomba neumática													
				Engrase con bomba manual		380		305									
Total de grasa sistema manual (Kg.)					0.9	0.46		0.37		0.00		0.00					
Total de grasa sistema automático (Kg.)					0.448	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	* Se considera 10 horas por turno		
Total de grasa por turno (Kg./10 Hrs.)					1.348	0.48	0.028	0.39	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	* Cada dos (2) días se está consumiendo (Kg.): automático 0.112 y manual 0.37;		
Total de grasa por día (Kg./día)					1.35	0.51	0.42	0.056	0.056						en total = 0.476 Kg. Cada dos días		

Ing. Arturo Obregón Ruiz
 Supervisor SEMIGLO - ANDAYCHAGUA

Percy Mayta Delzo
 Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA

Edwin Condori Coila
 Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA

Fig. 02 Sistema de engrase rutinario con grasa SENTINEL SL-M2

Con los datos mostrados, se puede observar que la cantidad total utilizada de grasa SL-M2 SENTINEL equivale aproximadamente a 0.482 Kg cada dos días por equipo Scoop Tram R1600G.

Todos estos datos han sido corroborados y validados por el personal de campo de SEMIGLO encargado de la lubricación, esta confirmación se adjunta al final del informe como parte de los anexos.

Partiendo de los datos obtenidos en la lubricación (engrase) utilizando un lubricante convencional (MOBIL XHP) y un lubricante 100% sintético (SL-M2 SENTINEL), es posible poder determinar el análisis COSTO-BENEFICIO en esta aplicación.

6.4 COSTO – BENEFICIO

6.4.1 Engrase con grasa convencional por equipo

6.4.1.1 Engrase manual

ENGRASE MANUAL	
MOBIL XHP 222	
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	SMG 079
PUNTOS DE ENGRASE	5
CICLOS DE ENGRASE (Hrs.)	12
ENGRASE POR DÍA	2
CANT. DE GRASA x TURNO (Lb.)	0.99
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./día)	1.98
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	3.97
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	59.54

6.4.1.2 Engrase automático

ENGRASE AUTOMATICO	
MOBIL XHP 222	
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	SMG 079
PUNTOS DE ENGRASE	17
PROGRAMACION DEL AUTOMATICO	2/3
CICLOS DE ENGRASE	2 horas
TIEMPO DE ENGRASE x CICLO	6 min
CANT. DE GRASA x MINUTO	2.8 gr.
CANT. DE GRASA APLICADA x CICLO (gr.)	16.8
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./dia)	0.37
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	0.74
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	11.11

6.4.2 Engrase con grasa sintética por equipo

6.4.2.1 Engrase manual

ENGRASE MANUAL	
SL-M2 SENTINEL	
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	SMG 079
PUNTOS DE ENGRASE	5
CICLOS DE ENGRASE (Hrs.)	48
ENGRASE POR 2 DIAS	1
CANT. DE GRASA x TURNO (Lb.)	0.82
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./día)	0.82
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	0.82
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	12.24

6.4.2.2 Engrase automático

ENGRASE AUTOMATICO SL-M2 SENTINEL	
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	SMG 079
PUNTOS DE ENGRASE	17
PROGRAMACION DEL AUTOMATICO	9/5
CICLOS DE ENGRASE	9 horas
TIEMPO DE ENGRASE x CICLO	10 min
CANT. DE GRASA x MINUTO	2.8 gr.
CANT. DE GRASA APLICADA x CICLO (gr.)	28
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./dia)	0.12
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	0.25
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	3.70

6.4.3 Cuadro comparativo de consumo de grasa

6.4.3.1 Engrase manual

En el cuadro siguiente, se muestra a modo de comparación, cual es el verdadero consumo de grasa x equipo en los puntos lubricados manualmente. Como es visible, se presenta mayor consumo al usar una grasa convencional con respecto a la grasa sintética.

CUADRO COMPARATIVO - CONSUMO DE GRASA X EQUIPO		
ENGRASE MANUAL		
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	XHP 222 MOBIL	SL-M2 SENTINEL
PUNTOS DE ENGRASE	5	5
CICLOS DE ENGRASE (Hrs.)	12	48
ENGRASE POR DÍA	2	1
CANT. DE GRASA x TURNO (Lb.)	0.99	0.82
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./día)	1.98	0.82
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	3.97	0.82
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	59.54	12.24
COMPARACION PORCENTUAL (%)	100.00	20.6
DIFERENCIA DE AHORRO (%)	79.4	

6.4.3.2 Engrase automático

En el cuadro siguiente, se muestra a modo de comparación, cual es el verdadero consumo de grasa x equipo en los puntos lubricados automáticamente por el sistema centralizado. Como es visible, se presenta mayor consumo al usar una grasa convencional con respecto a la grasa sintética.

CUADRO COMPARATIVO - CONSUMO DE GRASA X EQUIPO		
ENGRASE AUTOMATICO		
SCOOP R1600G CAT "SMG 079"	XHP 222 MOBIL	SL-M2 SENTINEL
PUNTOS DE ENGRASE	17	17
PROGRAMACION DEL AUTOMATICO	2/3	9/5
CICLOS DE ENGRASE	2 horas	9 horas
TIEMPO DE ENGRASE x CICLO	6 min	10 min
CANT. DE GRASA x MINUTO	2.8 gr.	2.8 gr.
CANT. DE GRASA APLICADA x CICLO (gr.)	16.8	28
CANT. DE GRASA UTILIZADA (Lb./dia)	0.37	0.12
GRASA UTILIZADA EN DOS DIAS (Lb./(2 días))	0.74	0.25
GRASA UTILIZADA AL MES (Lb.)	11.11	3.70
COMPARACION PORCENTUAL (%)	100.00	33.3
DIFERENCIA DE AHORRO (%)	66.7	

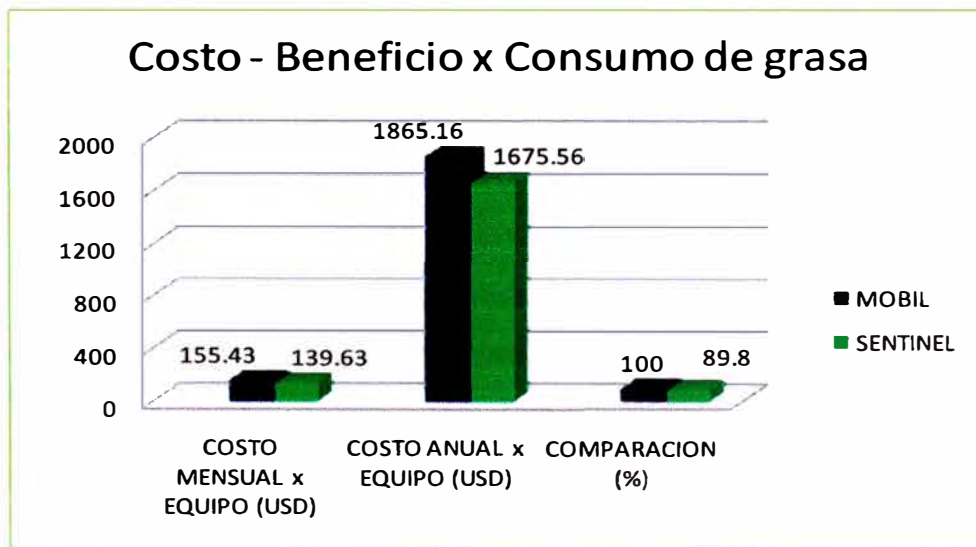
6.4.4 Análisis Costo-Beneficio por Consumo de Grasa

En el cuadro y grafico siguientes se muestra a modo de resumen el consumo real de grasa utilizada para la lubricación de todo un equipo, ya sea de manera manual y automática.

Haciendo los cálculos, es posible observar que hay un ahorro no muy significativo por tratarse de un equipo, pero si ampliamos el horizonte a la magnitud de equipos que podemos encontrar en la minería,

podremos determinar que el ahorro monetario se hace significativo, además contribuimos con el medio ambiente, ya que se está utilizando menor cantidad de lubricante.

ANALISIS COSTO - BENEFICIO		
ENGRASE TOTAL		
SCOOP R1600G CAT" SMG 079"	XHP 222 MOBIL	SL-M2 SENTINEL
CONSUMO MENSUAL POR EQUIPO (Lb.)	70.65	15.94
COSTO DE GRASA (USD/Lb.)	2.20	8.76
COSTO MENSUAL POR EQUIPO (USD)	155.43	139.63
COMPARACION PORCENTUAL (%)	100.00	89.8
AHORO MENSUAL POR EQUIPO (USD.)	15.80	
DIFERENCIA DE AHORRO (%)	10.2	



6.4.5 Disponibilidad de Equipo

En el cuadro siguiente, se muestra tres puntos que son los de mayor importancia al tomar una decisión del cambio de lubricante y que es

la razón principal del presente informe. Podemos observar el ciclo de engrase es dos (02) veces por día; sí o sí el personal de mantenimiento debe llegar al punto donde se encuentran los equipos para lubricarlos. El periodo de engrase tarda alrededor de 20 minutos para realizar la lubricación manual. Si analizamos y cuantificamos este tiempo, podemos obtener una cantidad significativa de horas que desperdiciamos en el engrase manual. Como muestra el cuadro, se pierde quince (15) horas mensuales, horas que nuestro equipo está en stand by esperando ser engrasado.

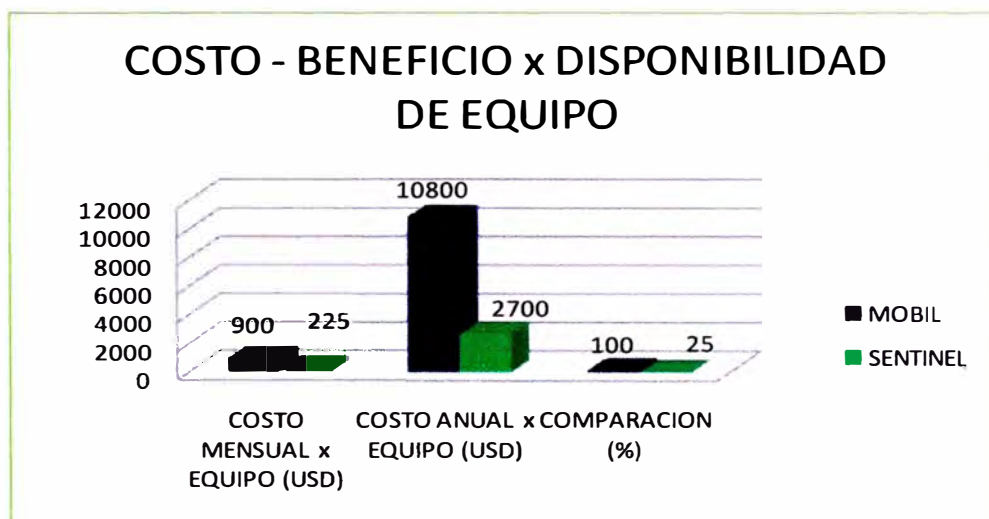
DISPONIBILIDAD DE EQUIPO (Hrs.)		
CONCEPTO	LUBRICANTES	MOBIL XHP 222
		SL M2
HORAS MAQUINA		
- CICLOS DE ENGRASE (Hrs.)	12	48
- TIEMPO MUERTO POR ENGRASE	20 min.	20 min.
- TIEMPO MUERTO POR EQUIPO-MENSUAL (Hrs.)	20	5
- COMPARACION PORCENTUAL (%)	100	25
- DISPONIBILIDAD HORAS MAQUINA MENSUAL (Hrs.)	15	
- DIFERENCIA DE MAYOR DISPONIBILIDAD (%)	75	

6.4.5.1 Costo – Beneficio por Disponibilidad de Equipo

Cuantificando la no disponibilidad de nuestro equipo al momento de la lubricación es donde se aprecia el verdadero Costo – Beneficio al aplicar un lubricante sintético, beneficio que es percibible por las dos partes, en la parte operativa (usuario) por que la producción no

parará; y la parte contratista, porque podrá cobrar más ya que sus equipos podrán trabajar más tiempo.

DISPONIBILIDAD DE EQUIPO (Hrs.)		
CONCEPTO	LUBRICANTES	MOBIL XHP 222 SL M2
HORAS MAQUINA		
- TIEMPO MUERTO POR EQUIPO - MENSUAL		20
- COSTO HORA / MAQUINA (U.S.D. / Hr.)		45
- COSTO HORA / MAQUINA -MENSUAL (U.S.D.)		900
- COMPARACION PORCENTUAL (%)		100
- AHORRO MENSUAL POR DISPONIBILIDAD DE EQUIPO (U.S.D.)		675
- DIFERENCIA DE MAYOR DISPONIBILIDAD (%)		75



6.4.6 Disponibilidad de H-H y Movilidad

En el cuadro siguiente, se muestra dos puntos que son también de suma importancia y que no es considerado por muchos como importante. Para entender este punto cabe recordar que esta

lubricación se realiza a más de 1000 m bajo la superficie, donde el personal de lubricación debe descender dos (02) veces por día haciendo uso de una camioneta. Durante el tiempo que se invierte en realizar este trabajo: descender, lubricar y ascender; no se cuenta con dos (02) mecánicos más la camioneta, personal y movilidad de suma importancia para resolver alguna emergencia en la superficie. Por lo tanto al lubricar un lubricante sintético podemos observar que los ciclos de entrada a mina para realizar este trabajo serán de una (01) vez cada dos días, es decir aumentamos en cuatro veces nuestra disponibilidad para realizar otras actividades de suma importancia.

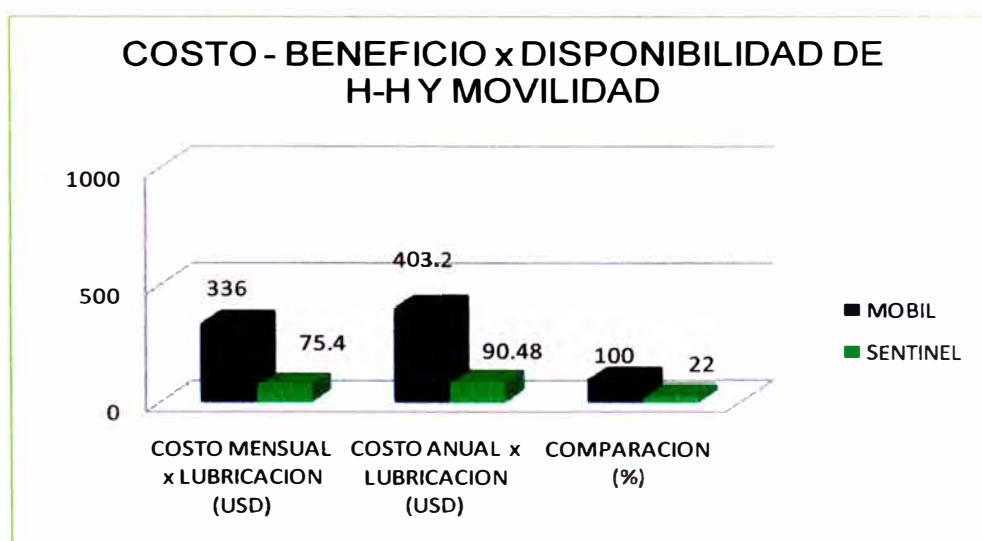
DISPONIBILIDAD DE PERSONAL y MOVILIDAD (Hrs.)		
CONCEPTO	LUBRICANTES	MOBIL XHP 222
		SL M2
HORAS HOMBRE / CAMIONETA		
- INGRESO A MINA PARA ENGRASE (MENSUAL)	60	15
- TIEMPO DE SUPERFICIE A TALLER MINA y VICEVERSA (Hrs.)	2	2
- PERSONAL PARA ENGRASE: 2 MECANICOS y CHOFER (3)	3	3
- TIEMPO MUERTO POR EQUIPO-MENSUAL (Hrs.)	360	90
- COMPARACION PORCENTUAL (%)	100	25
- DISPONIBILIDAD HORAS- HOMBRE (Hrs.)	270	
- MAYOR DISPONIBILIDAD H-H y MOVILIDAD (%)	75	
- DISPONIBILIDAD DE MOVILIDAD (Hrs.)	90	

6.4.6.1 Costo – Beneficio por H-H y Movilidad

Cuantificando la no disponibilidad de personal y movilidad empleada para la lubricación, también podemos apreciar un Costo - Beneficio al

utilizar un lubricante sintético, de igual manera el beneficio es satisfactorio tanto para la parte operativa como para el contratista, dicho de otro modo; se podrá contar con personal calificado listo para realizar diferentes trabajos de suma importancia para no parar la producción.

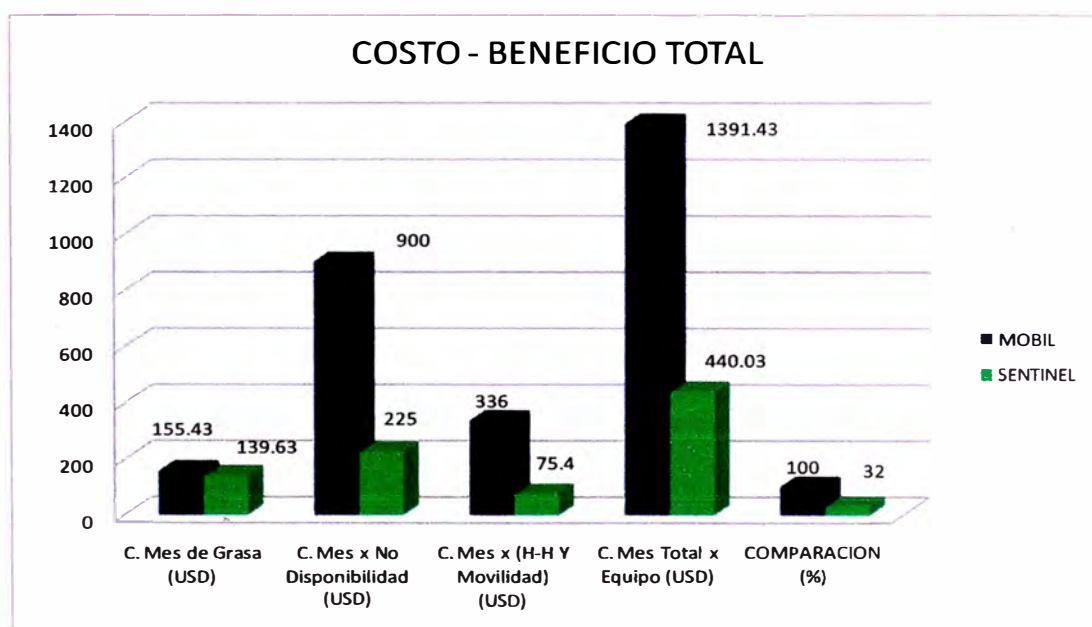
DISPONIBILIDAD DE PERSONAL y MOVILIDAD (Hrs.)			
CONCEPTO	LUBRICANTES	MOBIL XHP 222	SL M2
HORAS HOMBRE / CAMIONETA			
- H-H MENSUAL		360	90
- COSTO H-H (U.S.D. / Hr.)		8.0	8.0
- NO DISPONIBILIDAD DE CAMIONETA (Hr.)		120	30
- COSTO CAMIONETA (U.S.D. / Hr.)		4	4
- AHORRO MENSUAL x H-H (U.S.D.)		2160	
- AHORRO MENSUAL x CAMIONETA (U.S.D.)		360	
AHORRO TOTAL - MENSUAL (U.S.D. / EQUIPO)		2520	



6.4.7 Costo – Beneficio Total

La razón primordial del presente informe era demostrar que el principal ahorro al cambiar de lubricante es en LA DISPONIBILIDAD de los equipos engrasados.

En el grafico general presentado líneas abajo, podemos observar que el mayor ahorro se presenta en la columna de DISPONIBILIDAD, en segundo lugar se presenta las Horas – Hombre empleadas para este tipo de trabajo, y en tercer lugar el ahorro en el consumo de grasa.



Lamentablemente la mayoría de empresas aun piensa que el ahorro debe estar en reducir la cantidad y el costo del lubricante utilizado en cada aplicación, viendo al lubricante como un gasto más no como una inversión.

CONCLUSIONES

- Mayor disponibilidad de los equipos sin afectar sus componentes lubricados, esto debido a que las lubricaciones se realizan cada dos (02) días y el tiempo empleado para este trabajo es menor.
-
- Mayor vida útil de los componentes engrasados, esto es producto gracias a la capa de Molibdeno que este lubricante logra dejar en las superficies engrasadas. Producto de esto, si por algún motivo se dejara de engrasar, el primer material que sufriría el desgaste sería el molibdeno antes que los metales de los componentes.
-
- Reducción en los costos por reparaciones y/o cambio de los pines engrasados. Mayormente los pines que sufren desgaste prematuro son los que se encuentran en el cucharón.
-
- Extensión de los ciclos de engrase en campo, de un periodo de 12 horas con la grasa convencional a 48 horas, esto contribuye también a tener mayor disponibilidad de los mecánicos para otro tipo de labores.
-

- Mayor h-h de los mecánicos que se encargan de la lubricación de estos equipos. Como es sabido, estos equipos se encuentran aproximadamente una hora lejos de la superficie.
-
- Reducción de la cantidad de grasa utilizada en la lubricación de los componentes mecánicos. Si lo plasmamos en números, de 70.65 lb/mes de grasa MOBIL XHP 222 pasamos a utilizar 15.94 lb/mes de grasa SL-M2 SENTINEL. Esta reducción contribuye al compromiso con el medio ambiente, ya que se está disminuyendo el consumo en 77.4% aproximadamente.
-
- Costo-beneficio favorable, esto es plasmado en un ahorro importante para la empresa en sus costos para lubricación, a pesar del costo elevado de los lubricantes sintéticos, se logra reducir la inversión en el consumo de grasa de \$155.43/mesxequipo a \$139.63/mesxequipo, obteniéndose alrededor de 10.17% de ahorro por equipo.
-
- Mayor vida de los componentes donde se cambio el tipo de mantenimiento de preventivo a proactivo.

RECOMENDACIONES

- Para que una empresa pueda migrar a usar un lubricante sintético en la lubricación de sus equipos; debe saber que es todo un compromiso que involucrara no solo al departamento de mantenimiento y/o finanzas, sino a toda la organización. Siendo el punto principal la mayor disponibilidad de sus equipos para que puedan trabajar el mayor tiempo posible, evitando paradas inesperadas producto d una mala lubricación. Otro punto también importante es lo que se ahorrará en las reparaciones, en el consumo de lubricante, etc. Se debe tener claro que lo más importante llegará a ser la reducción del impacto ambiental debido a una disminución drástica de la cantidad de lubricante utilizado para este fin.
-
- Antes de realizar un cambio de lubricante para esta aplicación, se debe de capacitar al personal que estará involucrado con esta tarea. Se tiene que dejar claro porque un lubricante sintético podrá soportar y/o comportarse mejor con respecto a un lubricante convencional. En primer término es para que el mecánico tenga confianza en lo que utilizará y también de suma importancia es que no malgaste este lubricante creyendo que es un convencional.

- Todas las empresas son consientes que sus máquinas son un activo muy importante, pero no logran comprender que con un mejor cuidado y un mejor plan de mantenimiento se estaría protegiendo mucho mejor estos activos. Por lo mencionado, las empresas deben tener claro que LOS LUBRICANTES representan ACTIVOS y no gastos para la organización. Un buen lubricante (sintético) empleado de manera correcta aumentará la rentabilidad de la empresa en diferentes situaciones medibles: mayor disponibilidad, mayor vida útil, ahorro de energía, etc.
-
- De nuevo, es muy importante ver los parámetros de la aplicación, como temperatura, velocidad, contaminantes, carga, tipo de material del equipo y luego seleccionar el lubricante adecuado que dé el mejor rendimiento en base al costo de aplicación.

BIBLIOGRAFIA

- Curso de Tribología

Luis E. Benítez. Universidad Nacional de Colombia

- Artículo: La Tribología Como Herramienta en la Dirección del Diseño. Luís Eduardo Benítez Hernández. Ingeniero Mecánico. MBA. Director de la carrera de Ingeniería Mecánica y Profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

- www.shell.com/ar-es/directory/0,4583,28216,00.htm Descripción de los lubricantes y sus aplicaciones(10-04-2006)

- Presentación: Tribología Herramienta de Calidad.

Luís Eduardo Benítez Hernández. Ingeniero Mecánico. MBA.

- Artículo: Las mejores prácticas de lubricación. El primer paso hacia el mantenimiento de clase mundial.

Trujillo Gerardo C. NORIA. Practicing Oil Analysis Conference and Exhibition

- Artículo: Mantenimiento Práctico. Consienta sus Maquinas.

Gerardo Trujillo C. Director de Servicios Técnicos Noria Latín Américo.

- Artículo: Administración de la Lubricación Computarizada.

Gerardo Trujillo C. Director de Servicios Técnicos Noria Latín América.

- Artículo: Pensamiento Estratégico En Mantenimiento. Humberto Álvarez Laverde e Ishiro Kuratomi

- Artículo: Excelencia en Lubricación y Análisis de Aceite.

Gerardo Trujillo C. Director de Servicios Técnicos Noria Latín América

- Artículo: Generalidades de la Tribología; Fundamentos de la lubricación, Fricción y Desgaste.

Ingeniero Omar Linares

APENDICE

- **TRIBOLOGIA Y MANTENIMIENTO PROACTIVO**
- **HOJA TECNICA DE GASA SL-M2 SENTINEL**
- **HOJA TECNICA DE GRASA XHP 222 MOBIL**
- **MOLLIBDENO INORGANICO Y ORGANICO**
- **SCOOP TRAM R1600G CAT**
- **FORMATOS FIRMADOS**



TRIBOLOGÍA Y MANTENIMIENTO PROACTIVO

Generalidades de la Tribología Fundamentos de la Lubricación, Fricción y el Desgaste

**Ing. Omar Linares O.
Widman International S.R.L.
Santa Cruz, Bolivia**

1.10 El parámetro de película

Cuando los elementos se diseñan de forma adecuada y se lubrican por medio de una película fluida, como el caso de cojinetes o chumaceras, de los engranajes, de los cojinetes hidrodinámicos y de empuje, y de los sellos, las superficies lubricadas se encuentran completamente separadas por una película lubricante. Por ejemplo, los ensayos de fatiga, como se han reportado por Tallian y otros en 1967, han demostrado que cuando la película lubricante es suficientemente gruesa para separar los cuerpos en contacto, la vida a la fatiga de los cojinetes se prolonga considerablemente. De manera inversa, cuando la película no es suficientemente gruesa para proporcionar una separación completa entre las asperezas existentes en la zona de contacto, la vida de los cojinetes se afecta de manera adversa por los altos esfuerzos cortantes que resultan del contacto directo entre metales.

Aquí se estudiara el parámetro de película y se describirá su rango de valores para los tres regímenes de lubricación. La relación entre el parámetro de película adimensional λ y el espesor mínimo de película h_{min} , es

$$\lambda = \frac{h_{min}}{(Ra^2 + Rb^2)^{1/2}} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde

Ra = Aspereza superficial rms de la superficie a

Rb = Aspereza superficial rms de la superficie b

El parámetro de película sirve para definir los cuatro regímenes de lubricación principales. El rango para estos cuatro regímenes es:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| a. Lubricación hidrodinámica. | $5 \leq \lambda \leq 100$ |
| b. Lubricación Elastohidrodinámica | $3 \leq \lambda \leq 100$ |
| c. Lubricación parcial o mixta. | $1 \leq \lambda \leq 5$ |
| d. Lubricación marginal. | $\lambda \leq 1$ |

Estos valores son aproximados. Las mayores diferencias en la conformidad geométrica entre las conjunciones lubricadas hidrodinámicamente y las lubricadas elastohidrodinámicamente dificultan que se puedan hacer distinciones claras,

1.11 Ejemplo 1

Datos. Los engranajes para una excavadora se fabrican vaciados en arena. La medición de la aspereza superficial tiene una línea central promedio de 18 micras. Esta alta aspereza superficial hace que los engranajes se desgasten rápidamente. El espesor de la película para los engranes lubricados con grasa se determinó igual que 1.6 micras.

Hallar. Como se deberán maquinar los engranes vaciados en arena para que se obtenga un parámetro de película igual a 1?

Solución.

Usando la Ec.2 y asumiendo que las asperezas son iguales en las dos superficies. tenemos

$$\lambda = \frac{h_{min}}{Ra \sqrt{2}} \quad \text{o} \quad Ra = \frac{h_{min}}{\lambda \sqrt{2}} = \frac{1.6}{1 \sqrt{2}} = 1.131 \mu m$$

De la tabla 1 se tiene que para una aspereza superficial de 1 micra el rectificado constituye el método más rápido y económico de lograr tales acabados superficiales.

Tabla 1. Promedio aritmético normal de la aspereza de la superficie para varios procesos y componentes de máquinas (BJ Hamrock, Fundamentals of Fluid Film Lubrication, 1991)

Procesos	Arithmetic average, Ra	
	μm	μIn
Vaciado en arena: laminado en caliente	12.5-25	500-1000
Cortado	3.2-25	128-1000
Planeado y formado	0.8-25	32-1000
Forjado	3.2-12.5	128-500
Perforado	1.6-6.3	64-250
Molido	0.8-6.3	32-250
Torno: barreno	0.4-6.3	16-250
Espitado: uniformado agrandado: rolado en frío: estirado	0.8-3.2	32-128
Fundido a presión	0.8-1.6	32-64
Molido, grueso	0.4-1.6	16-64
Molido, fino	0.1-0.4	4-16
Rectificado	0.03-0.4	1.2-16
Pulido	0.02-0.2	0.8-8
Lapidado	0.005-0.1	0.2-4
Componentes		
Engranés	0.25-10	10-400
Cojinetes simples - chumacera (rodillo de rodadura)	0.12-0.5	5-20
Cojinetes simples, cojinete (apoyo)	0.25-0.12	10-50
Cojinetes de rodillos - elementos rodantes	0.015-0.12	0.6-5
Cojinetes de rodillos, pistas	0.1-0.3	4-12

Es posible manufacturar superficies más uniformes por medio del rectificado, pulido y lapidado, pero necesariamente son procesos más costosos.

1.12 Curva de Stribeck y Beerbower

Entre 1900 y 1902 Stribeck realiza experimentos sistemáticos para medir f en cojinetes en función de la velocidad de giro $-N-$, de la carga por unidad de área proyectada $-P-$ y de la viscosidad. Son la base de la teoría de Sommerfeld. La curva de Stribeck -aunque hay algunas dudas de que Stribeck la usara exactamente en la forma que se presenta aquí- representa las características generales de superficies lubricadas en movimiento relativo entre sí.

La expresión

$$\frac{\mu P}{N}$$

es conocida como el número de Sommerfeld. En la Fig 1.4 se mantienen constantes N y P para representar la relación existente entre la viscosidad del fluido, μ , y el coeficiente de rozamiento, f .

La curva de Stribeck puede dividirse en tres zonas

1. **Zona I: lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica.** Las superficies del cojinete están perfectamente separadas con una película gruesa de fluido: no hay contacto directo entre las superficies que deslizan y por tanto prácticamente no hay desgaste. A medida que la viscosidad disminuye, decrece la película hasta el punto C
2. **Zona II: lubricación mixta o elastohidrodinámica parcial.** Es una transición entre la lubricación hidrodinámica y la marginal, generalmente observada en el arranque o en la parada de maquinaria.
3. **Zona III: lubricación marginal.** Donde toda la lubricación depende de los aditivos del lubricante que está inmóvil o con un despliegue de velocidad casi nula.

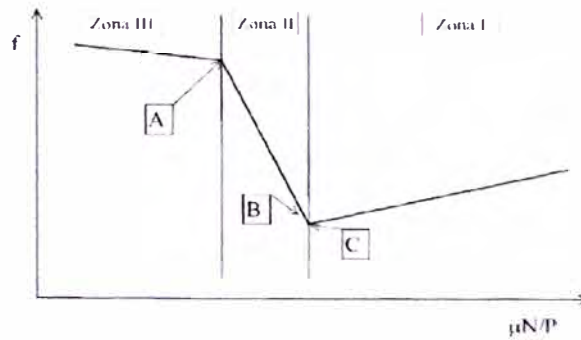
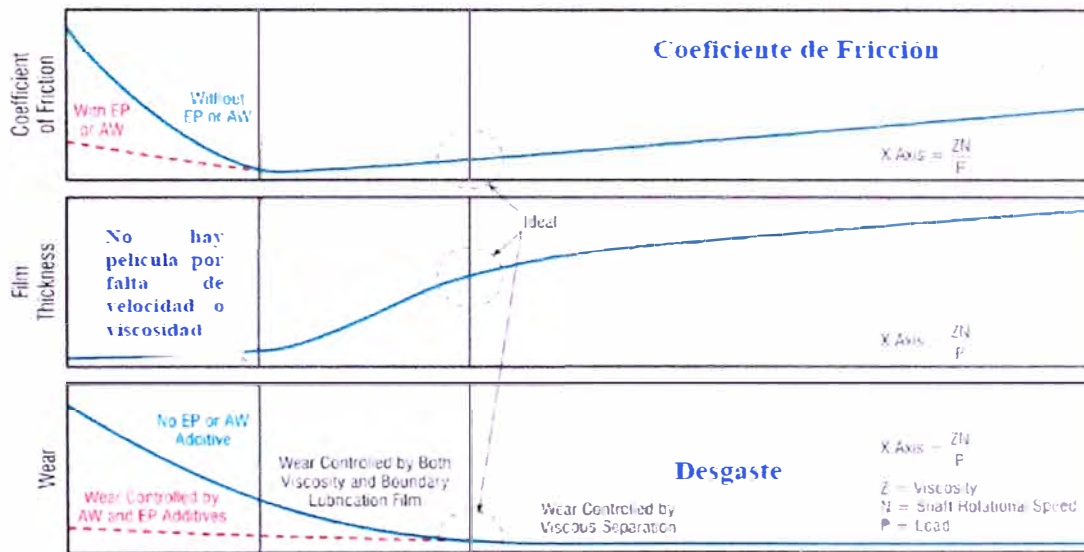


Fig. 8 Efecto de la viscosidad en la lubricación

De la Fig. 8 se puede deducir:

1. Estando en la zona I, a medida que la viscosidad disminuye también decrece el espesor de la película hasta el punto C. Una mayor disminución de la viscosidad hace que pasemos al punto B en el que se produce contacto ocasional entre las dos superficies debido a que la película es de muy pequeño espesor: el rozamiento en B y C es prácticamente igual, aunque en B la viscosidad del fluido es menor la resistencia al desplazamiento se debe en este caso al contacto entre las asperezas.

Fig. 9 Coeficiente de fricción, espesor de película de aceite y desgaste según el tipo de lubricación



Lubricación Marginal

Lubricación Mixta

Lubricación Hidrodinámica

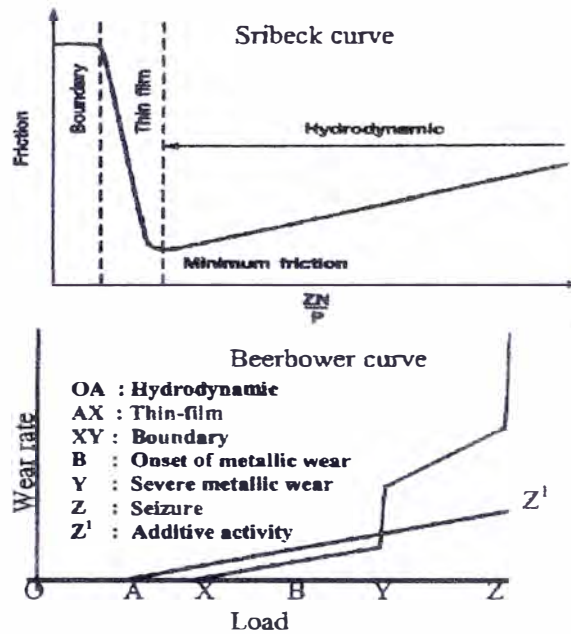


Fig. 9 Stribeck y Beerbower

5. En la Fig. 10 tenemos los efectos de la reducción de viscosidad del lubricante y su comportamiento con la pérdida de potencia.

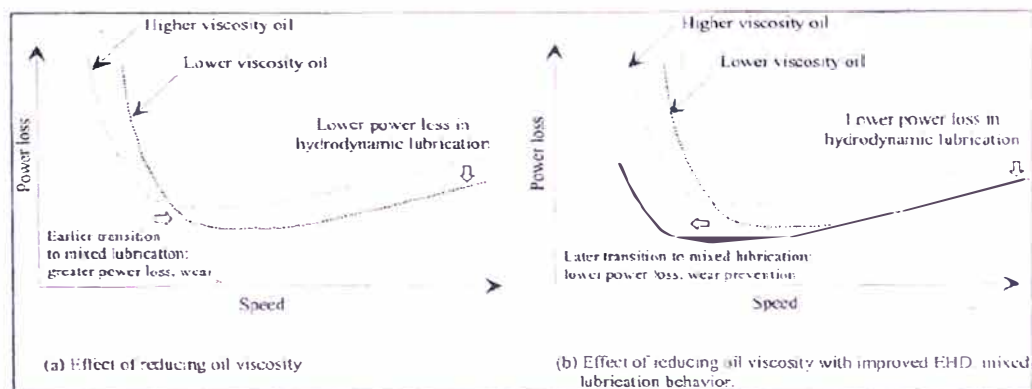


Fig. 10 a) Efecto de la reducción de la viscosidad del aceite b) Efecto de la reducción de la viscosidad del aceite en EHD. comportamiento lubricación mixta

1.13 Cálculo del tipo de película lubricante

Siempre que se vaya a llevar a cabo un programa de ahorro de energía es necesario conocer bajo que condiciones de lubricación (fluida ó EHL) trabajan los elementos del equipo rotativo al cual se le va a hacer el estudio. A nivel práctico. se considera que un mecanismo trabaja bajo condiciones de película fluida. si el fabricante del equipo no recomienda para su lubricación. lubricantes con aditivos EP y EHL si los recomienda. En caso tal de que no se conozcan las recomendaciones del fabricante. es necesario calcular el tipo de película lubricante mediante la utilización de los métodos de cálculo existentes para este propósito.

1.13.1 Cálculo del consumo de energía por fricción (CEf)

Las siguientes ecuaciones se pueden utilizar para calcular el consumo de energía en diferentes tipos de mecanismos:

Rodamientos:

$$CEf = 5,14 \times 10^{-6} f W d n, Kw \quad Ec.1$$

Donde:

CEf: consumo de energía. Kw.

f: coeficiente de fricción del lubricante. adimensional.

W: carga. Kgf.

d: diámetro interior del rodamiento. cm.

n: velocidad. rpm.

Cojinetes lisos:

$$CEf = 0,03077 f W d n, Kw \quad Ec.2$$

Donde:

CEf: consumo de energía. Kw.

f: coeficiente de fricción del lubricante, adimensional.

W: carga . Kgf.

d: diámetro del eje. m.

n: velocidad del eje. rps.

Reductores de velocidad:

$$CEf = 0,7357 P (1 - \eta_t), KW \quad Ec.3$$

Donde:

P: Potencia. CV

η_t : eficiencia total de la transmisión. adimensional.

La η_t se calcula de: $\eta_t = \eta_{1-2} \times \eta_{2-3} \times \dots \times \eta_{e1} \times \eta_{e2} \times \eta_{e3} \times \dots \times \eta_{a1} \times \eta_{a2} \times \dots \times \eta_{en}$.

Donde:

- η_{1-2} . η_{2-3} . \dots etc.: eficiencia del par de engranajes 1-2 . 3-4 . \dots . etc.

- e_{e1} , e_{e2} , e_{e3} , etc: eficiencia promedio de los rodamientos (ó de los cojinetes lisos) 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6....etc. montados en los ejes 1,2,3, ... etc. y se calcula en cada eje de la suma promedio de las eficiencias de cada rodamiento (ó cojinete liso).

- e_{ea1} , e_{ea2} , etc.: eficiencia equivalente del aceite salpicado (ó que circula) por los engranajes 2,4, etc. que se sumergen parcialmente dentro del aceite. El valor de f para aceite salpicado ó circulado aparece en la Nota (3) de la Tabla No1.

- e_n : eficiencia de otros elementos montados en el reductor de velocidad. La eficiencia e es igual a:

$e = 1 - f$: donde f es el coeficiente de fricción que depende del tipo de película lubricante, ó sea si es fluida ó EHL, y se obtienen de la Tabla No1.

Mecanismo	Coeficiente de fricción									
	Sólida f_s		Fluida f_f		EHL f_c					
	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Generación					
					1ra		2da		3ra	
Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	
Rodamientos										
-Rígido de bolas	0,015	0,013	0,0085	0,00765	0,011	0,010	0,009	0,008	0,008	0,007
-Bolas contacto angular.	0,020	0,018	0,0090	0,00800	0,014	0,012	0,012	0,011	0,011	0,010
-Bolas a rótula.	0,010	0,009	0,0080	0,00720	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006
-Axial de bolas.	0,013	0,011	0,0083	0,00740	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007
-Rodillos cilíndricos.	0,011	0,009	0,0081	0,00720	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006
-Rod. cónicos, esfer. y a rótula.	0,018	0,016	0,0086	0,00790	0,013	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009
-De agujas.	0,022	0,019	0,0095	0,00850	0,015	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011
Engranajes										
-Cilíndricos de dientes rectos y helicoidales.	0,045	0,040	0,0100	0,00900	0,027	0,024	0,024	0,022	0,022	0,020
-Sinfin-Corona (1)	0,065	0,058	0,0200	0,01800	0,042	0,038	0,038	0,034	0,036	0,032
Cojinetes lisos	0,060	0,054	0,008 (2)	0,00720	0,034	0,030	0,030	0,027	0,028	0,025

Notas:

- (1) Por lo regular los engranajes sinfin-corona no trabajan bajo condiciones de lubricación hidrodinámica.
- (2) Este coeficiente de fricción se calcula más exactamente a partir del Número de Sommerfeld.
- (3) El coeficiente de fricción equivalente f_e para aceite salpicado por engranajes es de 0,010 y para aceite aplicado a presión es de 0,005.

Tabla 1. Valores típicos de coeficientes de fricción de acuerdo con el tipo de lubricación

Esta es una primera parte de una serie de tres, que rescatan en forma muy resumida esta insondable ciencia, comprenderá el lector que es imposible abarcar todos los términos y definiciones que encierra la Tribología, esperamos que cualquier duda o requerimiento de mayor información la hagan llegar por este mismo medio para que estas sean aclaradas, los esperamos para el próximo boletín, atte.



Widman International SRL contribuye a la capacitación de los ingenieros y usuarios en Bolivia para mejorar su competitividad. Para mayores informaciones prácticas, viste nuestra página Web: www.widman.biz

Si usted conoce a otra persona que estará interesada en recibir estos boletines, favor responder al scz@widman.biz recibir estos boletines mensualmente, favor responder al scz@widman.biz con "remove" en el asunto,

La información de este boletín técnico, es de única y completa propiedad de Widman International S.R.L. Su reproducción solo será permitida a través de una solicitud a scz@widman.biz no permitiéndolo que esta altere sus características ni su totalidad.

DATOS TECNICOS SL-M2 GRASA MULTI-USO A PRUEBA DE AGUA

HOJA TECNICA DEL PRODUCTO



SL-M2 GRASA MULTI-USO A PRUEBA DE AGUA

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SL-M2 es una nueva y superior grasa sintetica. Esta grasa ha sido formulada con bisulfuro de molibdeno para obtener lo optimo en cualidades anti-desgaste y de presión extrema. Es prácticamente neutra en pH y es extremadamente resistente al agua. Por lo tanto, no se afecta por el agua (caliente o fria), vapor o la mayoría de los ácidos o sales.

Cuando se reencuentran cargas pesadas en rodamientos por la SL-M2 y ocurre lubricación de frontera, se activa el bisulfuro de molibdeno para formar una película monomolecular continua. Esta película sobre las superficies del metal resiste contacto metal con metal y reduce el desgaste en "lubricación de contacto".

SL-M2 también lubricará mejor bajo condiciones hidrodinámicas de lubricación por su excepcional estabilidad mecánica.

CARACTERISTICAS TIPICAS

Grado NLGI	2	ASTM D-1092
Penetración Trabajada	265-295	ASTM D- 217
Punto de Goteo	Ninguno	ASTM D-2265
Estabilidad a la Oxidación Caída de psi @ 100 horas	-1	ASTM D- 942
Preventivo de Oxidación No Mancha	1a	ASTM D-1743
Lavado con Agua	.7	ASTM D-1264
Presión Extrema Carga Timken OK. Kg (Lb)	45+ (100)	ASTM D-2509
Desgaste de las Cuatro Bolas	.4 mm	ASTM D-2266
Sólidos	MoS2	
Clasificación USDA	H-2	
Apariencia	Oscura Metálica	
PIN #		03039

PARA ORDENAR O POR INFORMACION ADICIONAL

QUALITY WITHOUT QUESTIONS!

SENTINEL LUBRICANTS CORP.
P.O. BOX 69-4240 MIAMI, FLORIDA 33269-1240
15755 NW 15TH AVENUE MIAMI, FLORIDA 33169-5603
PH. (305) 625-6400 (800)842-6400 FAX(305) 625-6565
WWW.SENTINELSYNTHETIC.COM

DATOS TECNICOS MOBILGREASE XHP 222



Mobilgrease XHP 220 Series

Descripción de Producto

Los productos Mobilgrease XHP 220 son grasas de servicio prolongado elaboradas con complejo de litio, concebidas para una amplia variedad de aplicaciones y condiciones de trabajo. Estas grasas se diseñaron para superar en prestaciones a los productos convencionales gracias a la aplicación de tecnología registrada de fabricación de vanguardia con complejo de litio. Están formuladas para proporcionar excelentes prestaciones a altas temperaturas, con una adhesión, estabilidad estructural y resistencia a la contaminación con agua magníficas. Estas grasas poseen un elevado grado de estabilidad química y ofrecen una excelente protección frente a la herrumbre y la corrosión. Asimismo, presentan elevados puntos de gota y una temperatura de trabajo máxima recomendada de 140°C (284°F). Las grasas Mobilgrease XHP 220 se encuentran disponibles en los grados NLGI 00, 0, 1, 2 y 3, con una viscosidad de sus aceites base ISO VG 220.

Las grasas Mobilgrease XHP 220 están diseñadas para una amplia gama de aplicaciones que incluyen los sectores industrial, automovilístico, marino y de la construcción. Sus prestaciones las convierten en opciones ideales para condiciones de trabajo severas, tales como altas temperaturas, contaminación con agua, cargas pesadas y cargas de choque, así como operaciones que implican una prolongación de los intervalos de re-lubricación. Mobilgrease XHP 222 Special es una grasa de extrema presión que contiene disulfuro de molibdeno, el cual proporciona protección frente al desgaste en situaciones de pivotación y en otras condiciones que llevan a la pérdida de la película de aceite.

Propiedades y Beneficios

Las grasas Mobilgrease XHP 220 son miembros destacados de la marca de productos Mobilgrease, que han logrado un gran renombre a nivel mundial por su carácter innovador y sus excelentes prestaciones. Las grasas Mobilgrease XHP 220 son productos vanguardistas diseñados por nuestros técnicos en desarrollo de formulaciones y respaldados por nuestro personal técnico de apoyo a nivel mundial.

Un factor clave para las excelentes propiedades de adhesión y cohesión, y el elevado punto de gota de Mobilgrease XHP 220, es la tecnología de fabricación registrada que ha sido desarrollada en nuestros centros de investigación y adoptada por nuestras modernas instalaciones de fabricación. Estos productos incluyen aditivos especialmente seleccionados para proporcionar una estabilidad frente a la oxidación, control de la herrumbre y la corrosión y una resistencia a la contaminación con agua excelentes, así como protección frente al desgaste y a las presiones extremas. Los productos de la serie Mobilgrease XHP 220 ofrecen las siguientes propiedades y beneficios potenciales:

Propiedades	Ventajas y Beneficios potenciales
Magnífica resistencia a la pulverización y el lavado con agua	Asegura una adecuada lubricación y protección incluso en las condiciones de exposición al agua más adversas
Estructura altamente adhesiva y cohesiva	Excelente tenacidad de la grasa, reducción de las pérdidas y prolongación de los intervalos de lubricación, lo que permite reducir los requisitos de mantenimiento
Excelente resistencia a la herrumbre y a la corrosión	Protección de las partes lubricadas incluso en entornos acuosos hostiles, especialmente en presencia de agua ácida





Propiedades	Ventajas y Beneficios potenciales
Muy buena resistencia a la degradación térmica, oxidativa y estructural a altas temperaturas	Prolongación de la vida útil de la grasa y una aumentada protección de los cojinetes en aplicaciones a altas temperaturas proporcionando una reducción en los <u>costes de mantenimiento y de sustitución</u>
Muy buenas prestaciones anti-desgaste y de extrema presión	Protección consistente del equipo lubricado, incluso en condiciones de deslizamiento intenso y carga de choque, con posibilidad de prolongación de la vida útil del equipo y reducción de los intervalos de tiempo fuera de servicio no previstos
Amplias aplicaciones multipropósito	Proporciona el potencial de racionalizar el inventario y reducir sus costes

Aplicaciones

Las grasas Mobilgrease XHP 220 se utilizan en una amplia gama de equipos entre los que se incluyen aplicaciones de los sectores industrial, automovilístico, marino y de la construcción. Su color azul facilita una fácil verificación de su aplicación:

Mobilgrease XHP 005 y 220 son grasas más suaves, de altas temperaturas, recomendadas para sistemas de aplicación de grasa centralizados, lubricación de engranajes y situaciones en las que es importante una adecuada bombeabilidad a temperaturas extremadamente bajas.

Mobilgrease XHP 221 se recomienda para aplicaciones industriales y marinas, componentes del chasis y equipos agrarios. Proporciona un excelente rendimiento a bajas temperaturas.

Mobilgrease XHP 222 se recomienda para aplicaciones industriales y marinas, componentes del chasis y equipos agrarios. Su formulación adherente le permite permanecer en las aplicaciones durante periodos más prolongados.

Mobilgrease XHP 223 se recomienda para aplicaciones en las que se requieren buenas propiedades de prevención de pérdidas por goteo y de rendimiento a altas temperaturas. Se recomienda especialmente para aplicaciones constituidas por cojinetes de ruedas de camión o para cojinetes de elementos rodantes sometidos a vibración, así como en situaciones en las que velocidades más elevadas requieren una grasa de mayor consistencia a fin de proporcionar características de acanalamiento.

Mobilgrease XHP 222 Special contiene molibdeno, es de color gris y se recomienda para servicios de carga moderada en aplicaciones industriales, componentes del chasis y equipos agrarios. También se puede aplicar en pivotes maestros, juntas en U, quintas ruedas y clavijas de cuchara.

Características típicas

Mobilgrease XHP	005	220	221	222	223	222 Special
Grado NLGI	00	0	1	2	3	2
Tipo de espesante	Complejo de litio	Complejo de litio	Complejo de litio	Complejo de litio	Complejo de litio	Complejo de litio



Mobilgrease XHP	005	220	221	222	223	222 Special
Color, Visual	Azul oscuro	Azul oscuro	Azul oscuro	Azul oscuro	Azul oscuro	Gris-Negro
Penetración, trabajada, 25°C, ASTM D 217	415	370	325	280	235	280
Viscosidad del aceite, ASTM D 445						
cSt @ 40°C	220	220	220	220	220	220
Prueba de desgaste con método de cuatro bolas, ASTM D 2266, desgaste, mm	0.50	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5
Carga de soldadura con método de cuatro bolas, ASTM D 2509, kg	315	315	315	315	315	315
Capacidad de carga Timken, ASTM D 2509, libras	40	40	40	40	40	40
Oxidación en bomba, ASTM D 942, caída de la presión a 100 h, kPa (psig)	35 (5)	35 (5)	35 (5)	35 (5)	35 (5)	35 (5)
Prevención de la corrosión, ASTM D 1743	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Protección frente a la herrumbre, IP 220-mod., lavado con agua destilada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Corrosión sobre lámina de cobre, ASTM D 4048	1B	1B	1B	1B	1B	1B

Seguridad e Higiene

Con base en la información disponible, no es de esperar que este producto cause efectos adversos en la salud mientras se utilice en las aplicaciones para las que está destinado y se sigan las recomendaciones de la Ficha de Datos de Seguridad (MSDS). Las Fichas de Datos de Seguridad están disponibles a través del Centro de Atención al Cliente o vía Internet. Este producto no debe utilizarse para otros propósitos distintos a los recomendados. Al deshacerse del producto usado, tenga cuidado para así proteger el medio ambiente.

El logotipo de Mobil y el diseño del caballo volando son marcas de Exxon Mobil Corporation, o de alguna de sus afiliadas. El logotipo Mobil, el diseño del Pegasus y Mobilgrease XHP son marcas registradas de Exxon Mobil

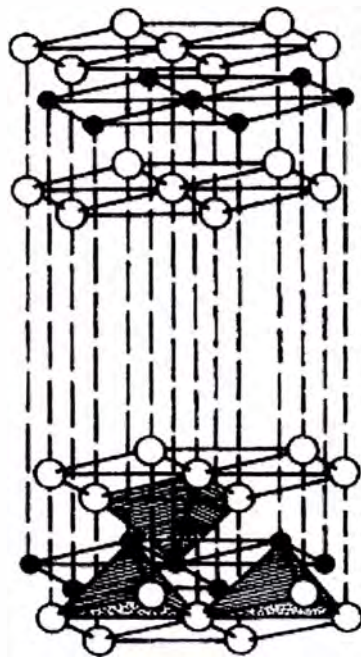
ExxonMobil Lubricants & Specialties.
Es posible que no todos los productos estén disponibles en su localidad. Para mayor información, ponerse en contacto con la oficina de venta local o dirigirse a www.exxonmobil.com.
ExxonMobil se compone de numerosas filiales y empresas asociadas, muchas de las cuales tienen nombres que incluyen el de Esso, Mobil y ExxonMobil. Nada de lo que figura en este documento está destinado a anular o reemplazar la separación corporativa que existe entre las entidades locales. La responsabilidad de las acciones a nivel local, y la obligación de responder de ellas, seguirán recayendo en las entidades afiliadas a ExxonMobil. Debido a la continua investigación y desarrollo de los productos, la información aquí contenida podrá verse modificada sin previo aviso. Las características físicas podrían variar ligeramente.
© 2001 Exxon Mobil Corporation. Todos los derechos reservados.

oDIFERENCIA ENTRE MOLIBDENO INORGANICO Y ORGANICO

El Aditivo de Molibdeno Inorgánico tiene una estructura cristalina en forma de capas sobrepuestas y es un lubricante sólido INTRINSICO. Esto significa que no se requiere humedad absorbida o gases condensables para proveer una baja fricción y bajo desgaste. Se presenta en forma natural como un sólido cristalino conteniendo solo Molibdeno y Azufre. Este aditivo NO es soluble en aceite, agua u otros solventes.

El Aditivo de Molibdeno Orgánico, ejemplificado por el Dialquilditio Carbamato de Molibdeno (MoDTC), es un complejo orgánico de Molibdeno producido sintéticamente. Este compuesto contiene Mo, C, S y N, donde un átomo de Mo esta unido a uno de Azufre y/o a otros átomos que a su vez esta unidos a un radical (C₂H₅)-N-(C₂H₅). Otros complejos orgánicos de Mo incluyen MoDTP y otros derivados de ácidos grasos conteniendo átomos de Mo.

MOLYBENUM DISULFIDE

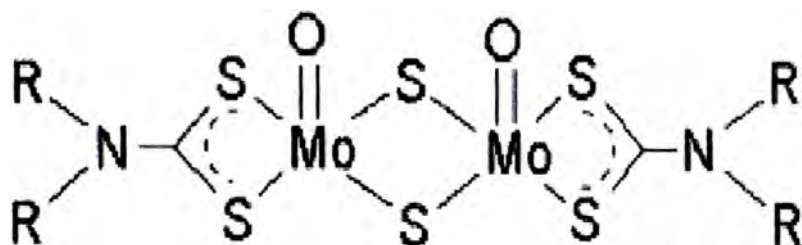


Crystal Structure of Molybdenum Disulfide
The black circles are Mo atoms and the open circles
Sulfur atoms

Existe un fuerte enlace

covalente entre el sándwich de S-Mo-S y enlaces relativamente débiles entre las capas de S-S, creando un plano de fácil deslizamiento entre las capas adyacentes de los cristales de MoS₂.

ORGANIC MOLYBDENUM COMPLEX



Molybdenum Dialkyldithio Carbamate
R = C₂H₅ or C₃H₇

DIALKILDITIO CARBAMATO DE MOLIBDENO

¿Qué es el molibdeno?

Este compuesto ocurre naturalmente como el mineral molibdenita y cuando se refina es un polvo resbaloso gris-azuloso. Se usa como lubricante por sí mismo y como un aditivo en los lubricantes para reducir el desgaste y sostener altas cargas.

El trabajo de desarrollo original con el Bisulfuro de Molibdeno, como lubricante, procedió lentamente ya que los requerimientos de los lubricantes en aquellos tiempos eran más sencillos y podían ser resueltos fácilmente con los lubricantes de petróleo ordinarios.

La historia comercial importante del Molibdeno comienza después de la Segunda Guerra Mundial cuando se introdujo un grado de Molibdeno más puro y los requerimientos para los lubricantes fueran más exigentes.

Desde ese momento, las investigaciones y desarrollos conducidos a través de una serie de Fuentes variadas – los militares, la administración de Aeronáutica y del Espacio, compañías petroleras importantes, suplidores de especialidades, y fabricantes de automóviles han

mantenido el ritmo de desarrollo al paso del constante crecimiento y disponibilidad de lubricantes conteniendo molibdeno.

¿PORQUE USAR EL MOLIBDENO?

El bisulfuro de molibdeno sirve para reducir el desgaste y para sostener la lubricación en condiciones de frontera. Estas condiciones ocurren si el fluido ha sido expulsado de las superficies que soportan la carga por lo que puede resultar contacto metal con metal. Cuando esto ocurre por cargas muy altas, por velocidades que varían o por condiciones de arranque, el Molibdeno se hace cargo de la función de lubricación. También contribuye significativamente bajo condiciones elastohidrodinámicas cuando solo una pequeña película del lubricante mantiene las superficies metálicas separadas.

Adicional a su función como lubricante de frontera, el Molibdeno trabaja bien bajo una serie de condiciones ambientales extremas. Las características poco usuales del Molibdeno le permiten retener su habilidad de lubricar desde temperaturas criogénicas hasta 400 C (752 F) en aire y aun a temperaturas más altas en atmósferas no oxidantes. El Molibdeno también trabaja bien al vacío y bajo exposición a altos niveles de radiación.

CÓMO DIFIERE EL MOLIBDENO DE OTROS LUBRICANTES SÓLIDOS?

En contraste con el Molibdeno, el grafito no es un lubricante sólido intrínseco. La baja fricción del grafito depende no solo de su estructura cristalina en capas, sino también de la presencia de vapores condensables (agua, hidrocarburos, etc.) para promover fácil movimiento.

Por estas razones, el Molibdeno es el lubricante escogido para las aplicaciones aeroespaciales, como en los satélites y las cápsulas espaciales, que encuentran temperaturas que van desde -150 C (-238 F) hasta 300 C (572 F). Mas importante aun para los usuarios industriales, el Molibdeno se adhiere tenazmente a cualquier superficie metálica y tiene una resistencia de película de más de 500 kpsi (3450 Mpa).

El PTFE o politetrafluoroetileno (Teflón), un material polimérico, no trabaja bien bajo altas cargas, debido a su tendencia a fluir en frío. Además, la temperatura máxima de trabajo del PTFE está limitada a 260 C (500 F).

CÓMO FUNCIONA EL MOLY.

No importa que tan pulida o maquinada este, todas las superficies permanecen compuestas de picos y valles (asperezas). Siempre que una película de lubricante separe dos superficies opuestas, la fricción se mantiene baja y el desgaste es mínimo. Sin embargo, las películas de lubricante ordinario se pueden romper debido a la presencia de partículas contaminantes de tipo abrasivo, temperaturas extremas y alta presión o velocidad,

permitiendo que las superficies se toquen. Esta condición, llamada lubricación de frontera, ocurre cuando la película de lubricante no soporta completamente la presión que recibe. Aquí aumentan la fricción y el desgaste, la superficie se deforma, y los picos se pueden soldar. La operación repetida fractura los picos, creando más partículas de desgaste que a su vez aumentan las pérdidas por fricción y desgaste.

El Moly provee protección aun cuando las películas ordinarias se rompen. El Moly forma una capa de partículas sólidas sobre la superficie del sustrato. En vez de una reacción química en la superficie o en el fluido, las partículas lubricantes son atraídas hacia la superficie (metal, Madera, cerámica, plástica, etc.) y se bruñen formando una película protectora.

Debido a que las partículas en esta película tienen una estructura tipo laminar o de capas, se van a deslizar fácilmente. Bajo lubricación de frontera, o contacto de metal con capas superpuestas del lubricante sólido se deslizan en lugar de ser el sustrato. Esta acción deslizante permite soportar cargas mayores sin que se suelden asperezas. Esto es lo que llamamos "Lubricación más allá del aceite".

Una fácil analogía es relacionar las plaquetas sólidas con un paquete de naipes o cartas. Las cartas resbalan fácilmente con movimiento horizontal, pero soportan altas presiones cuando se les hace un esfuerzo vertical.

QUE ES UNA DISPERSION COLOIDAL

En forma simple, son dispersiones que contienen millones de partículas lubricantes microscópicas que aumentan la efectividad de un lubricante líquido. Cuando se añaden al lubricante líquido, el Moly trabaja constantemente reduciendo la fricción. Esto resulta en menos desgaste, menor consumo de energía y se aumenta la capacidad de soportar carga.

**Cargador para
Minería
Subterránea**



R1600G



Motor

Modelo de motor	Cat [®] 3176C EUI ATAAC	
Potencia bruta – SAE J1995	185/200 kW	248/268 hp

Especificaciones de operación

Capacidad de carga útil nominal	10.200 kg	22.487 lb
Peso bruto en orden de trabajo	29.800 kg	65.698 lb

Capacidades de cucharón

Capacidad de cucharón – Estándar	4,8 m ³	6,3 yd ³
-------------------------------------	--------------------	---------------------

Cargador R1600G para Minería Subterránea

Diseñado para rendir. Diseñado para proporcionar comodidad. Fabricado para durar.

Tren de fuerza – Motor

El motor diesel 3176C EUI ATAAC Cat* proporciona la potencia y fiabilidad necesarias para obtener un excelente rendimiento en las aplicaciones más exigentes de minería subterránea. Diseñado para proporcionar una operación eficiente, excelente eficiencia de combustible, menores emisiones, reducción de ruido del motor y disminución de los costos de operación. **pág. 4**

Facilidad de servicio

El R1600G está diseñado para facilitar y agilizar el servicio. Las características de mantenimiento y servicio simplificado reducen el tiempo muerto, permitiendo que la máquina permanezca menos tiempo en servicio y más tiempo en producción. **pág. 11**

Tren de potencia – Transmisión

La servotransmisión planetaria de cuatro velocidades Cat se caracteriza por tener componentes para servicio pesado para hacer frente a los trabajos más exigentes. Los controles electrónicos permiten hacer cambios suaves para mayor productividad y durabilidad de la máquina y de los componentes. **pág. 5**

Respaldo al cliente

Los distribuidores Caterpillar* proporcionan respaldo sin igual al producto, en cualquier parte del mundo. Con la mejor disponibilidad de piezas de la industria y una gama de opciones de mantenimiento y servicio, los distribuidores Caterpillar tienen lo necesario para que su cargador permanezca en operación en las minas. **pág. 12**

Sistemas hidráulicos

Los potentes sistemas hidráulicos Cat suministran fuerzas de excavación y levantamiento superiores para mover materiales rápidamente. Las bombas de volumen alto y los cilindros grandes proporcionan una respuesta rápida y potente, y tiempos de ciclo rápidos. Las palancas universales operadas por el sistema piloto proporcionan una operación que requiere bajo esfuerzo y un control más suave. **pág. 6**

Rendimiento y agilidad.

Diseño compacto, motor de potencia alta, mayor reserva de par, componentes resistentes y su excelente maniobrabilidad aseguran que el Cargador R1600G es un equipo sólido y ágil.

Comodidad incomparable para el operador.

Cabina del operador de clase mundial equipada con controles electrónicos e hidráulicos revolucionarios para una operación que requiere bajo esfuerzo y proporciona mayor productividad.



Estructuras

Los componentes estructurales son la razón de la duración del R1600G. El bastidor para servicio pesado del cargador está diseñado y fabricado para absorber las fuerzas de torsión, de impacto y de carga altas para proporcionar máxima duración y fiabilidad. El varillaje de barra en Z genera potentes fuerzas de desprendimiento y proporciona un ángulo de carga óptimo. **pág. 7**

Seguridad

Caterpillar® establece la norma en lo que se refiere a seguridad en el diseño y fabricación de equipos pesados para la industria minera. La seguridad no es un concepto adicional en Caterpillar, sino parte integral del diseño de todas las máquinas y los sistemas. **pág. 13**

Estación del operador

La cabina ergonómica diseñada para comodidad y fácil operación permite al operador enfocarse en la producción. Los controles y medidores están ubicados al alcance del operador para una eficiencia óptima y un control superior en todas las marchas. **pág. 8**

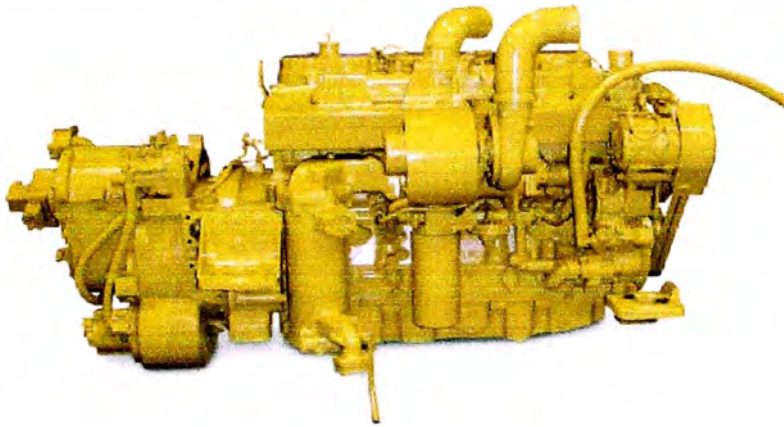
Cucharones

Los cucharones de los cargadores Cat para minería subterránea están diseñados para facilitar la carga óptima con una estructura resistente para las condiciones de minería más exigentes. Está disponible una amplia gama de tamaños y configuraciones para adaptar la máquina a las condiciones del material y elevar al máximo la productividad. **pág. 10**



Tren de fuerza – Motor

El motor diesel 3176C Cat® suministra la potencia y fiabilidad necesarias para las aplicaciones más exigentes de minería subterránea.



Motor. El motor diesel Cat 3176C EUI ATAAC con turbocompresión, de cuatro tiempos y seis cilindros, se ha diseñado con precisión y se ha probado rigurosamente para mantener la tradición de calidad. Se caracteriza por un rendimiento que aumenta las utilidades, duración y fiabilidad para trabajo pesado, facilidad de servicio incorporada, excelente economía de combustible y niveles de emisiones bajos.

Gran reserva de par. Proporciona una fuerza de arrastre incomparable durante los trabajos de excavación, empuje y movimiento horizontal en pendientes pronunciadas. La reserva de par iguala eficazmente los puntos de cambio de la transmisión para obtener máxima eficiencia y tiempos de ciclo cortos.

Con turbocompresor y posenfriador.

El posenfriamiento de aire a aire proporciona mayor economía de combustible al suministrar aire más frío y más denso a los cilindros para generar una combustión más completa de combustible y disminuir las emisiones.

Inyección unitaria electrónica. El sistema de inyección electrónica detecta las condiciones de operación y regula el suministro para proporcionar una óptima eficiencia de combustible. El comprobado sistema de combustible de alta presión mejora los tiempos de respuesta y quema con más eficiencia el combustible lo que resulta en menos humo y emisiones.

Pistones. Los pistones enfriados por aceite tienen mayor disipación térmica para prolongar su vida útil.

Radiador. El radiador modular tiene parrillas giratorias que proporcionan un acceso fácil para la limpieza y reparación. Una mirilla incorporada facilita las revisiones rápidas y seguras de los niveles de refrigerante.

Tren de potencia – Transmisión

Diseñada para durar, la servotransmisión Cat proporciona una operación suave, un alto rendimiento y la máxima fiabilidad en las condiciones más difíciles.

Servotransmisión. La servotransmisión planetaria de cuatro velocidades Cat acoplada con el motor diesel 3176C entrega potencia constante en una amplia gama de velocidades de operación.

Diseño robusto. Diseñada para resistir condiciones exigentes en aplicaciones de minería subterránea, la servotransmisión planetaria de calidad comprobada está fabricada para proporcionar una vida útil prolongada entre reacondicionamientos generales.

Controles electrónicos.

- Los controles electrónicos permiten cambios suaves sobre la marcha para proporcionar mayor productividad.
- La modulación hidráulica amortigua los cambios y disminuye la tensión que experimentan de los componentes.
- El mando de la bomba y la transferencia de salida usan relaciones de engranaje de contacto altas para disminuir los niveles de ruido.
- Los conjuntos de embragues de gran diámetro montados en el perímetro controlan la inercia para efectuar cambios suaves y prolongar la vida útil de los componentes.

Convertidor de par. El convertidor de par de capacidad alta entrega más potencia a las ruedas para aumentar la eficiencia del tren de fuerza.

Transmisión automática electrónica. La transmisión automática electrónica aumenta la eficiencia del operador y optimiza el rendimiento de la máquina. El operador puede escoger entre las modalidades de cambios manuales o automáticos.

Neutralizador de la transmisión. Usando el pedal del freno izquierdo, el operador puede conectar los frenos de servicio y neutralizar la transmisión, manteniendo las rpm altas del motor para un flujo hidráulico pleno, que mejora las funciones de excavación y carga.



Mandos finales. Los mandos finales trabajan como un sistema con la servotransmisión planetaria para entregar máxima potencia al terreno. Fabricados para resistir las fuerzas de par alto y las cargas de impacto, los mandos finales de reducción doble proporcionan alta multiplicación de par para reducir aún más los esfuerzos del tren de fuerza.

Ejes. Los ejes para servicio pesado están fabricados para proporcionar una larga vida útil en los ambientes más exigentes.

Eje trasero oscilante. El eje trasero oscilante asegura el contacto de las cuatro ruedas con el suelo para proporcionar mayor tracción y estabilidad en todo momento.

Diferencial. El diferencial de antipatinaje trasero reduce el desgaste de los neumáticos y aumenta al máximo la tracción en terreno irregular.

Frenos. Los frenos de disco, herméticos e inmersos en aceite, incorporan pistones independientes para los frenos de servicio y de estacionamiento. Los circuitos independientes de accionamiento hidráulico proporcionan rendimiento y fiabilidad mejorada.

Técnico Electrónico. La herramienta de servicio Técnico Electrónico (ET) proporciona a los técnicos de servicio un acceso fácil a los datos de diagnóstico guardados mediante el Data Link Cat para simplificar el diagnóstico de problemas y aumentar la disponibilidad.

Embrague de traba del convertidor de par controlado electrónicamente. Combina la máxima fuerza de tracción en las ruedas mientras está en marcha en convertidor de par con la eficiencia y rendimiento de la transmisión mecánica cuando la traba está conectada.

Sistemas hidráulicos

El sistema hidráulico Cat suministra la potencia y el control necesarios para mantener el material en movimiento.



Sistema hidráulico. Los potentes sistemas hidráulicos Cat suministran excelentes fuerzas de excavación y levantamiento y tiempos de ciclo rápidos.

Sistema de levantamiento e inclinación. Las altas tasas de flujo hidráulico permiten la respuesta rápida de los cilindros hidráulicos y proporcionan fuerzas de levantamiento muy potentes. Los cilindros de inclinación y levantamiento de diámetro grande proporcionan resistencia, rendimiento y duración excepcionales.

Controles piloto. El control del implemento con palanca universal operada por el sistema piloto requiere bajo esfuerzo y proporciona funciones simultáneas de levantamiento e inclinación para optimizar la eficiencia de la operación. Los controles de circuito optativos permiten que el cucharón expulsor sea controlado desde el interruptor en la palanca universal.

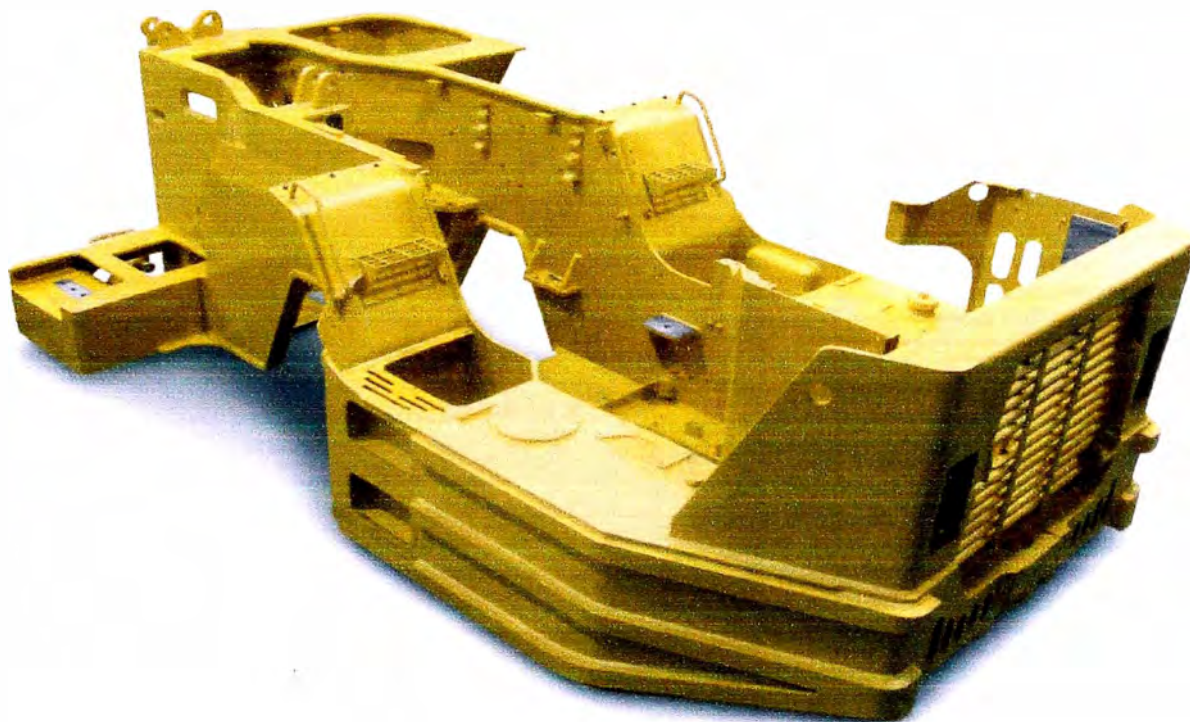
Sistema de dirección. El sistema de control STIC™ integra la dirección y la transmisión en un controlador único para proporcionar una óptima respuesta máxima y un control más suave.

Control de amortiguación optativo. El control de amortiguación automático mejora la amortiguación de la máquina y el rendimiento en velocidades mayores que 5 km/h (3 mph).

Mangueras hidráulicas Cat. La manguera hidráulica Cat XT de alta presión, de rendimiento comprobado en el campo, es excepcionalmente resistente y flexible para proporcionar la máxima fiabilidad al sistema y una larga duración en las condiciones más exigentes. Los acoplamientos reutilizables con sellos anulares de ranura proporcionan un rendimiento superior, libre de fugas, y prolongan la vida útil del conjunto de manguera.

Estructuras

Diseñadas para proporcionar máxima resistencia y durabilidad en las condiciones de operación más exigentes.



Diseño del bastidor. El bastidor se caracteriza por tener componentes estructurales robustos para una duración incomparable en las condiciones de carga más exigentes. Caterpillar integra procesos avanzados en el diseño y fabricación de los bastidores y estructuras Cat. El modelado por computador y el Análisis de Elementos Finitos (FEA) se usan ampliamente en todo el diseño.

Bastidor de acero. Las estructuras del bastidor de acero resistente están diseñadas para resistir fuerzas de torsión, impactos torsionales y tensiones generados durante el ciclo de carga mientras protegen la línea de mando y los componentes del sistema hidráulico.

Brazos de levantamiento. Los brazos de levantamiento de acero sólido absorben los esfuerzos altos generados durante la carga, sin sacrificar la resistencia o duración. El diseño del varillaje ofrece un alcance y espacio libre de descarga excelentes para una mejor productividad. Los pasadores del cucharón evitan que se bajen los brazos de levantamiento durante el servicio y el mantenimiento.

Torre de carga. La torre de cuatro planchas del cargador proporciona un montaje sólido para los brazos de levantamiento, los cilindros de levantamiento y la palanca de inclinación de la barra en Z. El bastidor del cargador está diseñado y fabricado para absorber las cargas de choque de alto impacto y las fuerzas de torsión.

Tubo transversal de acero fundido. El tubo transversal de acero fundido proporciona excelente resistencia a las cargas de impacto y de torsión, manteniendo los orificios de los pasadores bien alineados y prolongando la vida útil de los componentes.

Pasadores sellados. Los pasadores sellados se adaptan a todos los puntos de articulación de los cucharones y brazos de levantamiento para aumentar la vida útil de los pasadores y bujes. Esto reduce los costos de mantenimiento y extiende los intervalos de servicio. Las juntas selladas retienen la lubricación y evitan la entrada de contaminantes.

Enganche. El diseño de enganche extendido amplía la distancia entre las planchas del enganche superior e inferior para distribuir las fuerzas y aumentar la vida útil del cojinete. Las planchas del enganche más gruesas reducen la deformación. La abertura más amplia proporciona un fácil acceso durante el servicio. Los pasadores superior e inferior del enganche pivotan en cojinetes de rodillos para distribuir las cargas horizontal y verticalmente sobre un área superficial mayor. Calces ajustados de precarga reducen el tiempo de mantenimiento. Un pasador de traba del bastidor de dirección integrado se coloca para evitar la articulación durante el mantenimiento y el servicio.

Estación del operador

Un nuevo estándar en la industria para mayor comodidad y eficiencia.



Disposición ergonómica. La Cabina del operador R1600G está diseñada ergonómicamente para un control total de la máquina en un ambiente cómodo, productivo y seguro. Todos los controles, palancas, interruptores y medidores están situados de modo que aumentan la productividad y minimizan los errores del operador.

Controles piloto. Los controles con palanca universal de operación piloto requieren bajo esfuerzo e integran las funciones de la dirección, la transmisión y el implemento para ciclos más rápidos y suaves con menos fatiga del operador.

Cambios automáticos electrónicos.

Los cambios automáticos electrónicos permiten al operador escoger cambios manuales o automáticos de la transmisión. En la modalidad automática, el operador usa un interruptor montado en el tablero para seleccionar el cambio de velocidad más alta. En esta modalidad, la transmisión cambia en puntos de cambio preconfigurados en fábrica de modo que cada cambio ocurre en el par y velocidad de desplazamiento óptimos para obtener el máximo rendimiento de la máquina.

Pedal de freno doble. El pedal izquierdo funciona como freno y como neutralizador de la transmisión, lo que permite mantener una alta velocidad del motor para obtener un flujo hidráulico máximo y tiempos de ciclo rápidos.

Estructura de protección. La estructura de la estación del operador tiene integrada una Estructura de Protección Contra Vuelcos ROPS y una Estructura de Protección Contra Objetos que Caen FOPS. Esta estructura se monta en el bastidor con un sistema flexible que disminuye la vibración para el operador y proporciona un desplazamiento con mayor comodidad.

Cabina cerrada optativa. La cabina ROPS optativa para supresión de ruido proporciona un ambiente de trabajo silencioso y seguro. Las ventanas grandes ofrecen excelente visibilidad en todas las direcciones. El diseño cerrado proporciona circulación de aire con control de temperatura, presurizada y fresca, con la comodidad que brinda el aire acondicionado para un ambiente de trabajo más cómodo. El sistema usa Refrigerante R134a que no contamina el medio ambiente.

Control de amortiguación optativo. El sistema usa un acumulador de aceite lleno de nitrógeno en el circuito de levantamiento hidráulico que actúa como un amortiguador para el cucharón y los brazos de levantamiento. La respuesta del cucharón y del brazo de levantamiento al movimiento es amortiguada en terreno irregular, disminuyendo el balanceo longitudinal, mejorando los tiempos de ciclo y la retención de la carga. Un desplazamiento más suave y cómodo proporciona al operador la confianza para desplazarse a velocidades más altas durante las aplicaciones de carga y acarreo.

Asiento con suspensión. El asiento con suspensión proporciona una posición de manejo óptima y aumenta la comodidad al operador en todo el turno de trabajo.



Control de dirección STIC™. El control STIC™ combina la selección de velocidad y de sentido de marcha y la dirección en una sola palanca para aumentar al máximo la eficiencia. Un movimiento lateral sencillo gira la máquina hacia la izquierda o la derecha. Los cambios de la transmisión (avance/neutral/retroceso) se controlan usando un interruptor basculante de tres posiciones. Los botones de cambios ascendentes y descendentes operados con la mano controlan los cambios manuales.

Sistema monitor. El Sistema Monitor Caterpillar® proporciona continuamente datos importantes de la máquina para mantener el rendimiento a los más altos niveles de producción. El sistema de advertencias alerta al operador de problemas inmediatos o potenciales relacionados con la presión de aceite del motor, conexión de los frenos de estacionamiento, presión del aceite de los frenos, sistema eléctrico, nivel de combustible bajo, temperatura del aceite hidráulico, temperatura/nivel de refrigerante, temperatura del aceite de la transmisión y peligro en la aplicación del freno (optativo).

• **Pantalla digital.** En la modalidad "Normal" muestra el horómetro, el odómetro o el tacómetro digital. En la modalidad de "Servicio" muestra los parámetros de operación, los códigos de diagnóstico y las lecturas fuera de gama de los medidores.



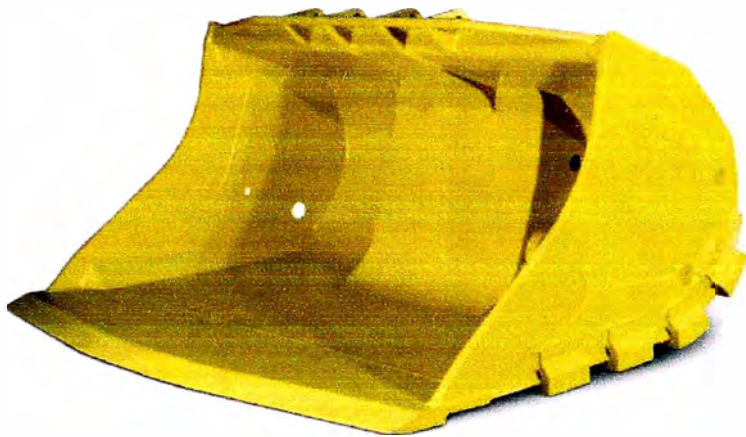
• **Grupo de indicadores.** Mantiene una visualización constante de las funciones vitales de la máquina, incluidas las siguientes: temperatura del refrigerante del motor, temperatura del aceite de transmisión, temperatura del aceite hidráulico y nivel de combustible.



• **Módulo de Velocímetro/Tacómetro.** Muestra la velocidad del motor, la velocidad de desplazamiento, el indicador de marcha y el sentido de desplazamiento de la máquina.

Cucharones

Los cucharones Cat proporcionan la flexibilidad para adaptar la máquina al tipo de material y a las condiciones del terreno.



Cucharones. El diseño de los cucharones Cat de gran resistencia suministra productividad sin igual en las aplicaciones más exigentes. Los cucharones para minería subterránea están diseñados para facilitar la carga óptima y proporcionan fiabilidad estructural para ayudar a reducir los costos por tonelada.

Selección del cucharón. Los cucharones para los cargadores Cat para minería subterránea están disponibles en dos estilos para cumplir con una gama de condiciones de carga, acarreo y descarga.

- Cucharones de descarga
- Cucharones expulsores

Capacidad de los cucharones. Los cucharones están disponibles en una gama de tamaños y capacidades que se adaptan perfectamente a la mayoría de tipos y densidades de material.

Paquetes de desgaste optativos. Las planchas de desgaste soldadas en áreas de desgaste alto son estándar. Los paquetes de desgaste adicionales, incluidas las cintas de desgaste de sacrificio y las cubiertas protectoras Cat, protegen los bordes de daños y reducen la necesidad de reconstrucciones costosas del cucharón.

Cuchillas optativas. Las cuchillas de media flecha Cat y de media flecha fundida prolongan la vida útil del cucharón en aplicaciones de desgaste alto.

Facilidad de servicio

Menos tiempo en mantenimiento significa más tiempo productivo.

Acceso de servicio. El rápido acceso a los puntos de servicio diario facilita y disminuye el tiempo empleado en el mantenimiento de rutina.

Acceso a nivel del suelo. Proporciona gran comodidad para prestar servicio a todos los tanques, filtros, puntos de lubricación y drenajes de compartimientos.

Filtros de aire. Los filtros de aire de sello radial son fáciles de cambiar, reduciendo el tiempo necesario para su mantenimiento.

Mirillas. Las mirillas hacen más fácil la revisión del nivel de los fluidos.

Diagnóstico. La herramienta de servicio Técnico Electrónico (ET) permite un diagnóstico electrónico rápido del rendimiento de la máquina y los datos de diagnóstico claves para un mantenimiento y reparación eficaces.

Conectores eléctricos sellados. Los conectores eléctricos son sellados para impedir la entrada de humedad y polvo.

Análisis Periódico de Aceite. Las válvulas de muestreo S*O*SSM agilizan la toma de muestras y aumentan la fiabilidad de los análisis.



Respaldo al cliente

Los distribuidores Caterpillar® tienen lo necesario para mantener productivo su Cargador para Minería Subterránea.



Selección de la máquina. Haga comparaciones detalladas de las máquinas que esté considerando adquirir antes de la compra. Los distribuidores Caterpillar pueden ayudarle a hacer comparaciones detalladas entre las máquinas que considera comprar antes de decidirlo.

Compra. Mire más allá del precio inicial. Considere las opciones de financiamiento disponibles así como los costos de operación diarios. Este es también el momento de fijarse en los servicios ofrecidos por los distribuidores que pueden incluirse en el costo de la máquina para reducir los costos de posesión y operación del equipo a largo plazo.

Financiación. Su distribuidor es un experto para configurar opciones de financiamiento disponibles para todos los productos Caterpillar.

Respaldo al producto. Podrá encontrar casi todas las piezas en el mostrador de piezas del distribuidor. Los distribuidores Caterpillar usan una red mundial computarizada para localizar las piezas en existencias a fin de reducir el tiempo muerto de la máquina. Ahorre dinero con las Piezas Remanufacturadas Caterpillar. Reciba la misma garantía y fiabilidad que los nuevos productos con unos ahorros del 40 al 70 por ciento.

Respaldo con publicaciones. Los Manuales de Operación y Mantenimiento son fáciles de usar y le ayudan a obtener el máximo valor de la inversión de su equipo.

Convenios de servicio al cliente. Caterpillar ofrece una variedad de convenios de respaldo al producto y trabaja con los clientes para desarrollar el plan que mejor cumpla con sus necesidades. Los planes pueden cubrir toda la máquina, incluidos los accesorios, para proteger sus inversiones.

Operación. La mejora en las técnicas de operación puede aumentar sus utilidades. Su distribuidor Caterpillar tiene videos de capacitación, publicaciones y otras ideas para mejorar su productividad.

Reemplazo. ¿Reparar, reconstruir o reemplazar? Su distribuidor Cat le puede ayudar a evaluar los costos relacionados de manera que pueda tomar la decisión correcta.

Productos de tecnología. Los distribuidores Cat ofrecen a los clientes y operadores una gama de productos de tecnología avanzada para minería, diseñada para mejorar la eficiencia de la flota, aumentar la productividad y reducir los costos.

www.cat.com. Para obtener información completa sobre los productos Cat, los servicios del distribuidor y soluciones para la industria, visítenos en la Web en www.cat.com.

Seguridad

La seguridad es la prioridad en el diseño de las máquinas y los sistemas de minería Caterpillar.

Seguridad del producto. Caterpillar ha sido y sigue siendo proactiva en el desarrollo de máquinas de minería que cumplen o exceden las normas de seguridad. La seguridad es una parte integral de todos los diseños de máquinas y sistemas.

Interruptor de parada del motor. Hay un interruptor secundario de parada del motor ubicado a nivel del suelo.

Sistemas de frenos. Un sistema de frenos de cuatro esquinas enfriado por aceite proporciona un control excelente. Los frenos de servicio se activan por presión hidráulica modulada, mientras que la función de freno de estacionamiento se conecta por resorte y se desconecta hidráulicamente. Este sistema asegura el frenado en caso de una falla hidráulica completa.

Estructura de protección. La estructura de la estación del operador tiene integrada una Estructura de Protección Contra Vuelcos ROPS y una Estructura de Protección Contra Objetos que Caen FOPS. Esta estructura se monta en el bastidor con un sistema flexible que disminuye la vibración para el operador y proporciona un desplazamiento con mayor comodidad.

Características de seguridad estándar.

- Superficies de cubierta superior antideslizantes
- Luz inferior de cabina
- Mirillas de compartimento a nivel de suelo
- Mayor visibilidad
- Acceso de 3 puntos a la cabina y a la máquina
- Vidrio de seguridad expulsable
- Asiento con suspensión
- Cinturón de seguridad retráctil y trabable por inercia
- Pasadores de soporte del brazo de levantamiento
- Lado caliente y lado frío del motor



- Traba del bastidor de la dirección
- Protectores del cárter abisagrados
- Mampara contra el fuego
- Escape con protector térmico

Motor

Modelo de motor	Cat [®] 3176C EUI ATAAC	
Potencia nominal	2.100 rpm	
Potencia bruta – SAE J1995	185/200 kW	248/268 hp
Potencia neta – SAE J1349	165/180 kW	221/241 hp
Potencia neta – ISO 9249	165/180 kW	221/241 hp
Potencia neta – 80/1269/EEC	165/180 kW	221/241 hp
Calibre	125 mm	4,9 pulg
Carrera	140 mm	5,5 pulg
Cilindrada	10,3 L	629,4 pulg ³

- Las clasificaciones de potencia se aplican a una velocidad nominal de 2.100 rpm, cuando se prueba bajo las condiciones de referencia para la norma específica.
- Valores nominales basados en condiciones normales del aire SAE J1995 a 25° C (77° F) y 100 kPa (29,61 mm Hg). Potencia estimada con un combustible de densidad API de 35 grados a 16° C (60° F) y un poder calorífico bajo de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) cuando el motor se usa a 30° C (86° F).
- La reducción de potencia del motor empezará a una altitud de 3.000 m (9.842,5 pies).
- Cumple con las normas de emisión Tier 2 de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de los EE.UU.

Especificaciones de operación

Capacidad de carga útil nominal	10.200 kg	22.487 lb
Peso bruto en orden de trabajo	29.800 kg	65.698 lb
Carga límite de equilibrio estático en línea recta con los brazos de levantamiento en posición horizontal	28.100 kg	61.950 lb
Carga límite de equilibrio estático en giro pleno con los brazos de levantamiento en posición horizontal	23.500 kg	51.809 lb
Fuerza de desprendimiento (SAE)	19.280 kg	42.505 lb

Pesos

Vacío	29.800 kg	65.698 lb
Eje delantero	12.516 kg	27.593 lb
Eje trasero	17.284 kg	38.105 lb
Cargado	40.000 kg	88.185 lb
Eje delantero	28.000 kg	61.729 lb
Eje trasero	12.000 kg	26.456 lb

Transmisión

Avance 1	5 km/h	3,1 mph
Avance 2	8,7 km/h	5,4 mph
Avance 3	15,2 km/h	9,5 mph
Avance 4	22,1 km/h	13,7 mph
Retroceso 1	5,7 km/h	3,5 mph
Retroceso 2	9,9 km/h	6,2 mph
Retroceso 3	17,2 km/h	10,7 mph
Retroceso 4	23,8 km/h	14,8 mph

Tiempo de ciclo hidráulico

Subida	7,6 segundos
Descarga	1,6 segundos
Bajada, vacío, libre	2 segundos
Tiempo del ciclo total	11,2 segundos

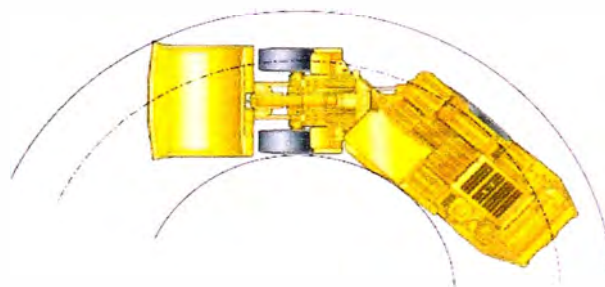
Capacidades del cucharón

Capacidad de cucharón – Estándar	4,8 m ³	6,3 yd ³
Ancho de cucharón (sobre la cuchilla)	2.600 mm	102,4 pulg
Capacidad de cucharón – optativo	4,2 m ³	5,5 yd ³
Capacidad de cucharón – optativo	5,6 m ³	7,3 yd ³
Capacidad de cucharón – optativo	5,9 m ³	7,7 yd ³
Capacidad de cucharón – optativo (expulsor)	4,8 m ³	6,3 yd ³

Dimensiones de giro

Radio de giro externo**	6.638 mm	261,3 pulg
Radio de giro interno**	3.291 mm	129,6 pulg
Oscilación del eje	10°	
Ángulo de articulación	42,5°	

**Las dimensiones de espacio libre se usan sólo como referencia.



Neumáticos

Tamaño de neumático	18.00 × 25 – 28 TELAS STMS L5S
---------------------	-----------------------------------

Capacidades de llenado de servicio

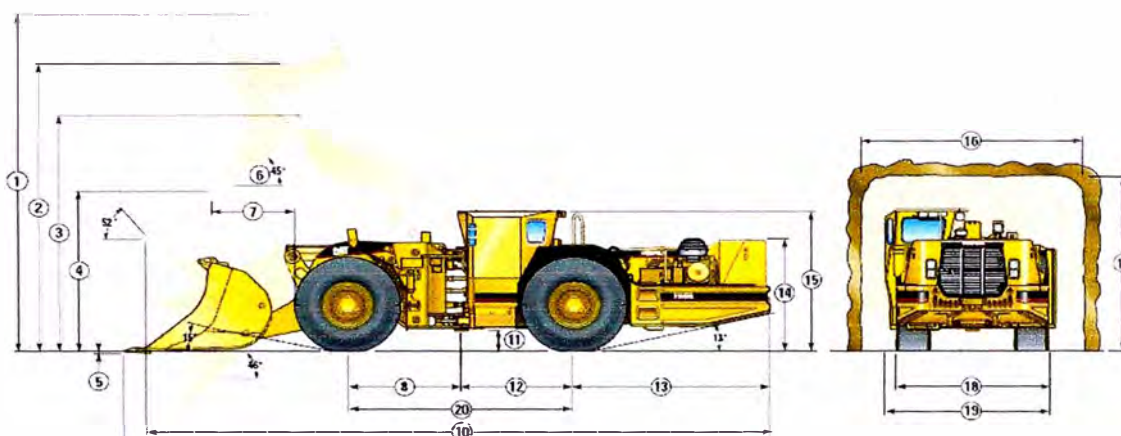
Cárter del motor con filtro	36,1 L	9,5 gal
Transmisión	47 L	12,4 gal
Tanque hidráulico	125 L	33 gal
Sistema de enfriamiento	53 L	14 gal
Diferencial delantero y mandos finales	70 L	18,5 gal
Diferencial trasero y mandos finales	70 L	18,5 gal
Diferenciales y mandos finales delanteros (con enfriador de aceite de eje)	80 L	21,1 gal
Diferenciales y mandos finales traseros (con enfriador de aceite del eje)	80 L	21,1 gal
Tanque de combustible	400 L	105,7 gal
Tanque de combustible secundario (si tiene)	330 L	87,2 gal

Normas

Frenos	ISO3450, AS2958.1, CAN-CSA424.30-M90
Cabina/FOPS	BS EN ISO3449, SAEJ231, AS2294.3
Cabina/ROPS	ISO3471, SAEJ1040, AS2294.2, EN13510

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



	227-4702*	203-1792* (Cucharón estándar)	227-4704	227-4703*	229-1676 Cucharón expulsor
Capacidad del cucharón	4.2 m ³ (5.5 yd ³)	4.8 m ³ (6.3 yd ³)	5.6 m ³ (7.3 yd ³)	5.9 m ³ (7.7 yd ³)	4.8 m ³ (6.3 yd ³)
Ancho de cucharón sobre la cuchilla	2.600 mm (8'6")	2.600 mm (8'6")	2.600 mm (8'6")	2.900 mm (9'6")	2.600 mm (8'6")
1 Altura total con el cucharón levantado	5.114 mm (16'9")	5.204 mm (17'1")	5.282 mm (17'4")	5.242 mm (17'2")	5.385 mm (17'8")
2 Máxima altura de descarga	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.565 mm (15')
3 Altura del pasador del cucharón a altura máxima de levantamiento	3.752 mm (12'3")	3.752 mm (12'3")	3.752 mm (12'3")	3.752 mm (12'3")	3.752 mm (12'3")
4 Espacio libre de descarga a altura máxima de levantamiento	2.311 mm (7'7")	2.207 mm (7'3")	2.042 mm (6'8")	2.114 mm (6'11")	2.120 mm (6'11")
5 Profundidad de excavación	28 mm (1")	39 mm (2")	54 mm (2")	45 mm (2")	47 mm (2")
6 Angulo de descarga a altura máxima de levantamiento	45°	45°	45°	45°	45°
7 Alcance	1.304 mm (4'3")	1.408 mm (4'7")	1.573 mm (5'2")	1.504 mm (4'11")	1.495 mm (4'11")
8 Distancia de la línea de centro del eje delantero a la línea de centro del enganche	1.768 mm (5'7")	1.768 mm (5'7")	1.768 mm (5'7")	1.768 mm (5'7")	1.768 mm (5'7")
9 Longitud total (excavación)	9.955 mm (32'8")	10.107 mm (33'2")	10.347 mm (33'11")	10.243 mm (33'7")	10.233 mm (33'7")
10 Longitud total (empuje)	9.619 mm (31'1")	9.711 mm (31'10")	9.853 mm (32'4")	9.790 mm (32'1")	9.948 mm (32'8")
11 Espacio libre sobre el suelo	344 mm (1'6")	344 mm (1'6")	344 mm (1'6")	344 mm (1'6")	344 mm (1'6")
12 Distancia de la línea de centro del eje trasero a la línea de centro del enganche	1.768 mm (5'9")	1.768 mm (5'9")	1.768 mm (5'9")	1.768 mm (5'9")	1.768 mm (5'9")
13 Longitud desde el eje trasero hasta el parachoques	3.055 mm (10')	3.055 mm (10')	3.055 mm (10')	3.055 mm (10')	3.055 mm (10')
14 Altura hasta la parte superior del capó	1.895 mm (6'3")	1.895 mm (6'3")	1.895 mm (6'3")	1.895 mm (6'3")	1.895 mm (6'3")
15 Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")
16 Ancho libre del túnel**	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")
17 Altura libre del túnel**	3.000 mm (9'10")	3.000 mm (9'10")	3.000 mm (9'10")	3.000 mm (9'10")	3.000 mm (9'10")
18 Ancho total de los neumáticos	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")	2.400 mm (7'11")
19 Ancho total, excluido el cucharón	2.564 mm (8'5")	2.564 mm (8'5")	2.564 mm (8'5")	2.564 mm (8'5")	2.564 mm (8'5")
20 Ancho total, incluido el cucharón	2.723 mm (8'11")	2.723 mm (8'11")	2.723 mm (8'11")	3.018 mm (9'11")	2.723 mm (8'11")
21 Distancia entre ejes	3.536 mm (11'7")	3.536 mm (11'7")	3.536 mm (11'7")	3.536 mm (11'7")	3.536 mm (11'7")

*Las dimensiones se muestran con cucharón para material de tamaño estándar. Los cucharones también están disponibles en versiones de alta penetración.

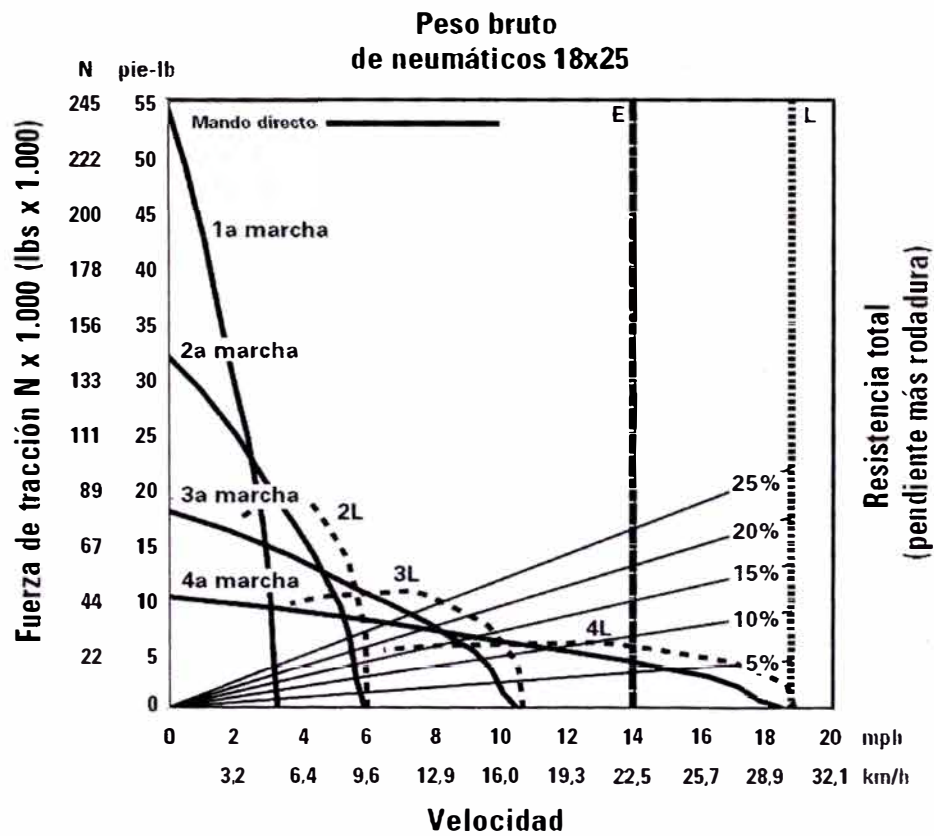
**Las dimensiones de espacio libre se usan sólo como referencia.

Rendimiento en pendientes/Velocidad/Tracción

Para determinar el rendimiento en pendientes: Vaya desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de la resistencia total. La resistencia total es igual al porcentaje de pendiente real más la resistencia a la rodadura. Como guía general, utilice el 2% para la resistencia a la rodadura en aplicaciones subterráneas o consulte el

Manual de Rendimiento de Caterpillar. Desde este punto de resistencia total, vaya horizontalmente hasta la curva con la marcha máxima posible y desde allí hacia abajo para obtener la velocidad máxima. La tracción utilizable en las ruedas dependerá de la tracción disponible y del peso sobre las ruedas de tracción.

----- Peso vacío típico en la obra
 Peso cargado



E - Vacía 29.800 kg (65.698 lb)
 L - Cargada 40.000 kg (88.185 lb)

Equipo estándar

El equipo estándar puede variar. Consulte con su distribuidor Caterpillar para obtener más detalles.

SISTEMA ELÉCTRICO

- Alternador de 95 amperios
- Interruptor de desconexión de la batería a nivel del suelo
- Disyuntor de 80 amp
- Rociado de protección contra la corrosión
- Conector de diagnóstico
- Arranque eléctrico de 24 voltios
- Interruptor de parada del motor
- Sistema de luces externas delanteras y traseras
- Baterías de bajo mantenimiento
- Alarma de retroceso
- Sistema de arranque y carga
- Ambiente del operador
- Sistema Monitor Electrónico Caterpillar (CEMS)
- Bocinas eléctricas
- Medidores
 - Temperatura del refrigerante del motor
 - Nivel de combustible
 - Aceite hidráulico
 - Velocímetro
 - Tacómetro
- Controles del sistema hidráulico piloto del implemento de una palanca
- Estructura ROPS/FOPS
- Asiento con suspensión con cinturón de seguridad retráctil
- Dirección con volante

Tren de fuerza

- Motor diesel 3176C EUI ATAAC Cat
- Antefiltro de admisión de aire del motor
- Tecnología de 6 cilindros
- Refrigerante de larga duración
- Frenos SAFR™ herméticos de discos múltiples en aceite completamente hidráulicos
- Protectores térmicos
- Servotransmisión planetaria con control de transmisión automática y 4 velocidades en avance/4 velocidades en retroceso
- Convertidor de par con embrague de traba automática
- Neutralizador de la transmisión
- Otros equipos estándar
 - Enfriamiento del eje de freno
 - Posicionador del cucharón, retomo a excavación
 - Grupo de purificador de escape catalítico/silenciador
 - Protectores del cárter de la transmisión y del motor
 - Parachoques delantero y trasero
 - Mampara contra el fuego
 - Enfriador de aceite hidráulico – (abatible hacia afuera)
 - Barras de protección contra desgaste del bastidor trasero de 100 × 50 mm (4 × 2 pulg)
 - Parrilla del radiador abatible hacia afuera
 - Neumáticos, 18.00 × 25 – 28 TELAS STMS L5S

Equipo optativo

El equipo optativo puede variar. Consulte con su distribuidor Caterpillar para obtener más detalles.

Configuraciones alternativas de neumáticos	Temporizador de funcionamiento en vacío
Sistema automático de lubricación	Adaptadores para muestras de aceite
Receptáculo de arranque auxiliar	Estación de operadores
Luz de freno	Aire acondicionado
Manómetros de freno	Presurizador
Configuraciones de desconexión del freno	Luz del techo
Deflectores de acero del talón del cucharón	Lista para instalación de radio
Configuración de banda antidesgaste de sacrificio del cucharón	Sistema de control de carga útil (PCS)
Sistema de lubricación manual centralizado	Sistema contra incendios activado remotamente
Accesorio de barra de tiro empemada	Sistemas de control remoto
Tanques de combustible dobles	Proporcional
Lista para instalación de cucharón expulsor	Accesorio de recuperación
Módulo electrónico de acceso	Luz indicadora de presión residual de freno montada en el tablero
Sistema de llenado rápido	Dirección reversible con volante
Refrigerante	Sistema de control de amortiguación
Motor	Fundas para el asiento
Combustible	Sistema de dirección secundaria
Sistema hidráulico	Herramientas de servicio
Transmisión	Receptáculo de arranque
Extintores de fuego	Dirección STIC™
Sistema contra incendios	Asiento en te
Protectores de luces delanteras	
Calentador y acondicionador de aire	

Cargador R1600G para Minería Subterránea

Para obtener más información sobre productos Cat, servicios del distribuidor y soluciones de la industria, visite nuestro sitio Web www.cat.com

© 2007 Caterpillar
Todos los derechos reservados.
Impreso en los EE.UU.

Materiales y especificaciones sujetos a cambio sin previo aviso.
Las máquinas que aparecen en este catálogo pueden incluir equipos opcionales.
Consulte a su distribuidor Caterpillar para conocer las opciones disponibles.

CAT, CATERPILLAR, sus logotipos respectivos, el color "Caterpillar Yellow", y la imagen comercial POWER EDGE, así como la identidad corporativa y del producto aquí utilizados, son marcas comerciales registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin previa autorización.

ASHQ5606-01 (9-07) (Traducción: 1-08)

CATERPILLAR[®]

FORMATOS FIRMADOS



Alameda el Espinil 259
 Urb. Las Brisas de Villa - Chorrillos
 Telefax: 719-6319
 E-mail: betko@betkoperu.com
 Web: www.betkoperu.com

Antecedentes del sistema de Lubricación (Grasa) de equipos pesados

Compañía: SERVICIO MINERO GLORIA S.A.C.

Lubricante Utilizado: **MOBIL XHP 222**

Equipo: SCOOP R1600G CAT

Código: SMG 079


Ciclos de Lubric: CADA 12 HRS (MANUAL) y 2/3 (AUTOMÁTICO)


Modelo: R1600G


Serie:

Sist.Lubric: Manual y automático

Ciclos de lubricación	Sistema de lubricación	ITEM	Puntos de lubricación	FECHA						Observación
				17/08/2008	17/08/2008	18/08/2008				
				ENGRASES	M y A	M y A	M y A			
				HORA INICIO	08:00	20:00	08:00			
				TIEMPO	15 min	15 min				
				HORIMETRO			1320.8			
				Horas trabajo						
				Cant.	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe
12 horas	Manual	1	Fin de cucharón izquierdo		4	20				* Estos puntos son engrasados al inicio de cada guardia, en la mañana y en la noche. * En la mañana del día 17 se engrasó con la bomba de pie. * En la noche del día 17 se engrasó con la bomba neumática. * El día 18 la máquina estuvo parada todo el turno día por lluvia. * Se tarquero pin derecho de cucharón: 2280 Nm; Anillo: 1800 Nm.
		2	Fin de cucharón derecho		6	22				
		3	Link de cucharón		3	16				
		4	Fin de balancín inferior		4	10				
		5	Fin de balancín central		9	25				
126 horas	Manual	6	Cardanes y crucetas							* Estos puntos son lubricados en cada RM de la máquina, es decir a la 125 Hrs según horómetro.
2/3	Automático	7	Se lubrica: 17 puntos con este sistema							* El ciclo es de 2/3, es decir, cada 2 horas lubrica 6 minutos. Esta bomba inyectora aprrox. 2.8 gr. minuto, con lo que cada 2 horas está lubricando = 6 * 2.8 = 16.8 gr. / (2 Hrs.)
Cantidad de total de golpes				Ingrase con bomba de pie	25					NOTA: Bomba de pie 18gr /golpe Bomba neumática 5gr /golpe Bomba manual 1.2gr /golpe Sist. Automático: 16.8gr / (2 Hrs.) * Se considera 10 horas por turno * En cada turno se está consumiendo 0.534 Kg. * Cada día se está consumiendo: 1.068 Kg.
				Ingrase con bomba neumática		93				
				Ingrase con bomba manual						
Total de grasa sistema manual (Kg.)					0.46	0.466				
Total de grasa sistema automático (Kg.)					0.084	0.084				
Total de grasa por turno (Kg./10 Hrs.)					0.534	0.549				
Total de grasa por día (Kg./día)					1.068					


 Ing. Arturo Obregón Ruiz
 Supervisor SEMIGLO - ANDAYCHAGUA


 Percy Mayta Deizo
 Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA


 Edwin Condori Coila
 Supervisor Mantto. - ANDAYCHAGUA

CERTIFICO

QUE LOS DATOS VOLCADOS EN ESTE FORMATO SON VERDADEROS

FECHA: 22.08.08

NOMBRE: Arturo Obregón R

DNI: 73662484

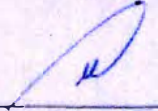
Antecedentes del sistema de Lubricacion (Grasa) de equipos pesados


Compañía: SERVICIO MINERO GLORIA S.A.C.
 Equipo: SCOOP R1600G CAT
 Modelo: R1600G

Lubricante Utilizado: **SL-M2 SENTINEL**
 Ciclos de Lubric: CADA 48 HRS (MANUAL) y 9/5 (AUTOMÁTICO)
 Sist. Lubric: Manual y automático

Ciclos de Lubricación	Subsistema de Lubricación	ITEM	AÑO: 2008											Observación	
			FECHA	18-Jun	19-Jun	19-Jun	20-Jun	20-Jun	21-Jun	21-Jun	22-Jun	22-Jun	23-Jun		
		Puntos de lubricación	ENGRASES	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	MyA	
			HORA INICIO	08:00	08:10	-	07:30	-	-	-	07:30	-	-	-	
			TIEMPO	15 min	20 min	-	15 min	-	-	-	15 min	-	-	-	
			HOROMETRO	13:21	1332	1341	1351	1359	1389	-	-	1389	-	-	
			Horas trabajo	00.8	0.8	18.1	0	08.1	37.8	-	-	-	-	-	
			Cent	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	golpe	
48 horas	Manual	1	Pin de cucharón izquierdo	80	-	70	-	27	-	65	24	-	-	-	* Estos puntos son engrasados cada dos días, al inicio de cada guardia.
		2	Pin de cucharón derecho	80	-	70	-	27	-	65	25	-	-	-	* Se aprovecho para lubricar los puntos manuales con la grasa SL-M2
		3	Link de cucharón	80	-	45	-	27	-	50	24	-	-	-	* En este engrase se utilizó 0.9 Kg. (los 5 pines)
		4	Pin de balancín inferior	70	-	50	-	27	-	50	24	-	-	-	* El día 17 (noche) y 18 (noche), el sistema centralizado se dejó en 1/8 para presurizar. Con este ciclo trabajo hasta la mañana del día 19, luego se cambió a
		5	Pin de balancín central	80	-	70	-	28	-	80	25	-	-	-	
250 horas	Manual	6	Cardanes y crucetas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* Estos puntos son lubricados en cada 2 PM de la máquina, es decir a la 250 Hrs. según horómetro.
		7	Se lubrican 17 puntos con este sistema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	* El ciclo es de 9/5, es decir, cada 9 horas lubrica 10 minutos. Esta bomba inyectora aprox. 2.8 gr./minuto, con lo que cada 9 horas esta lubricando = 10*2.8 = 28gr./9 Hrs.)
Cantidades de total de golpes			Engrase con bomba de pie												NOTA: Bomba de pie: 18gr./golpe Bomba neumática: 5gr./golpe Bomba manual: 1.2gr./golpe Sist. Automático: 28gr./9 Hrs.) * Se considera 10 horas por turno * Cada dos (2) días se está consumiendo (Kg.): automático 0.112 y manual 0.37. son total = 0.476 Kg. Cada dos días
			Engrase con bomba neumática												
			Engrase con bomba manual	380		308				310					
			Total de grasa sistema manual (Kg.)	0.9	0.46	0.37		0.00		0.37					
			Total de grasa sistema automático (Kg.)	0.448	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028		
			Total de grasa por turno (Kg./10 Hrs.)	1.348	0.48	0.028	0.39	0.028	0.028	0.028	0.400	0.028			
			Total de grasa por día (Kg./día)	1.35	0.51	0.42		0.056		0.428					


 Ing. Arturo Obregon Ruiz
 Supervisor SEMIGLO - ANDAYCHAGUA


 Percy Mayta Delzo
 Supervisor Mantto - ANDAYCHAGUA


 Edwin Condori Coila
 Supervisor Mantto - ANDAYCHAGUA

CERTIFICO

QUÉ LOS DATOS VOLCADOS EN ESTE FORMATO SON VERDADEROS

FECHA: 22.06.10

NOMBRE: Arturo Obregon Ruiz

DNI: 28622684