

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Mejora en el sistema de lubricación en los Motores eléctricos de  
los compresores de frío de una planta embotelladora"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERA MECÁNICA**

Presentado por:

Maria Gabriela Pachay Macías

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

## AGRADECIMIENTO

A mis padres que siempre se esforzaron en darnos la mejor educación y ser una buena guía en mi vida.

A mis amigos que siempre me animaron a concluir con este proceso.

A mi esposo por su gran ayuda incondicional y a nuestro bebé en camino.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Victor Guadalupe  
VOCAL

---

PhD. Alfredo Barriga  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Maria Gabriela Pachay Macias

## RESUMEN

El objetivo principal es obtener, en la parte del mantenimiento preventivo, la más alta disponibilidad de los compresores, que venían presentando problemas por fallas de lubricación en los motores eléctricos, lo que ocasionaba paradas no programadas de mantenimiento y adicional la parada de producción, lo que trae consigo pérdidas económicas.

Para lograr nuestro propósito, nos enfocamos en los siguientes puntos:

- 1.- Aplicando el método de Análisis Causa Raíz y la inspección visual pudimos analizar el problema, donde nos pudimos dar cuenta de las posibles causas de las fallas frecuentes de los rodamientos de los motores eléctricos (lubricante incorrecto, mal aplicación de frecuencias de lubricación, entre los más relevantes).
- 2.- Se estableció un procedimiento para mejorar el plan de lubricación de los equipos que depende de las características de operación (velocidades, cargas, medio ambiente y temperaturas) y así escoger la grasa lubricante que mejor se adapte a nuestro entorno operacional.
- 3.- Se ingresaron los datos recopilados de dimensiones, tipo del rodamiento y sus condiciones de funcionamiento, para con el uso del programa DIALSET escoger el lubricador y la frecuencia de re lubricación óptima para los mismos.

4.- Se reemplazó la lubricación manual por un sistema de lubricación automática, a través de lubricadores automáticos monopunto con accionamiento electromecánico.

Con esta propuesta del cambio del tipo de grasa por una más adecuada según los parámetros arriba expuestos y el de implementar un sistema de lubricación automática, logramos darle una solución de bajo costo que beneficia al cliente en muchos aspectos, que son los siguientes:

- Incrementar la confiabilidad de los equipos.
- Reducir el consumo de lubricante.
- Prolongar la vida útil de los rodamientos.
- Minimizar los errores humanos.

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
ISO	International Organization for Standardization.
SKF	Svenska Kullagerfabriken AB.
IP	Índice de Protección.
LED	Light-emitting diode.
ACR	Análisis Causa Raíz.
NLGI	National Lubricating Grease Institute



## SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados.
°F	Grados Fahrenheit.
cSt	Centi Stokes (Viscosidad Cinemática Americana a 40 y 100°C).
CC	Corriente Continua.
V	Voltios.
Hz	Hertz.
HP	Horse Power.
C/A	Corriente Continua / Alterna.
Dm	Diámetro Medio.
RPM	Revoluciones por minuto.
Gr	Gramo.
Gr/día	Gramo por día.
Hrs.	Horas.
Kg.	Kilogramos.
ISO VG	grado de viscosidad para los aceites industriales.

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1.1. Aportes de la lubricación automática	19
Figura 1.2. Comparación entre la lubricación automática VS manual	20
Figura 1.3. Lubricador automático electromecánico	22
Figura 2.1. Foto del rodamiento lado del acople	24
Figura 2.2. Foto del rodamiento lado de la tapa del motor	25
Figura 2.3. Rodamiento que muestra la degradación de la grasa	25
Figura 2.4. Pista exterior del rodamiento del lado del acople	26
Figura 2.5. Exceso de lubricante del lado del acople del motor	26
Figura 2.6. Diagrama de Causa-Raíz	28
Figura 3.1. Procedimiento de proceso de lubricación	31
Figura 3.2. Programa DIALSET SKF	38
Figura 3.3. Cálculo del DIALSET SKF	40
Figura 3.4. Motor Eléctrico Compresor 8	41

## INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.Dimensiones del Rodamiento 6313	32
Tabla 3.2.Viscosidad del aceite base según factor de velocidad	32
Tabla 3.3.Influencia de la viscosidad del aceite base	33
Tabla 3.4.Valores de carga de rodamientos	34
Tabla 3.5.Clasificación de grasas según el NLGI	35
Tabla 3.6.Relación entre el espesante y las propiedades de las grasas	36
Tabla 3.7.Hoja técnica de grasa SKF LGHP 2	37
Tabla 3.8.Condiciones de operación	39
Tabla 3.9.Cuadro de motores eléctricos del área de frio	41
Tabla 3.10.Cuadro comparativo de paros año1 vs año 2	42
Tabla 3.11.Ruta de lubricación compresores de refrigeración	42
Tabla 3.12.Comparación de consumo en el motor	43
Tabla 3.13.Comparación de costos Lubricador vs reparación del motor	43

## INDICE

RESUMEN.....	6
ABREVIATURAS.....	8
SIMBOLOGÍA.....	9
INDICE DE TABLAS.....	11
INDICE.....	12
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO 1.....	16
1. IMPORTANCIA DE LUBRICACIÓN.....	16
1.1. Concepto de lubricación.....	16
1.2. Periodicidad de la lubricación.....	17
1.3. Lubricación básica de los rodamientos.....	18
1.4. Sistema de lubricación automático.....	19
CAPITULO 2.....	23
2. Diagnóstico de Fallas.....	23
2.1. Descripción del problema.....	23
2.2. Inspección visual.....	24
2.3. Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla.....	27

2.4. Análisis Causa-Raíz. ....	27
CAPITULO 3.....	29
3. Propuesta de mejora.....	29
3.2. Determinación del tipo de carga. ....	33
3.3. Determinación de la temperatura de trabajo.....	34
3.4. Determinación de la grasa.....	35
3.5. Ingreso de los datos en el programa DIALSET. ....	38
3.6. Programación del lubricador automático según los resultados del DIALSET. ....	39
3.7. Resultados del DIALSET SKF.....	40
3.8. Resultados Obtenidos. ....	42
CAPITULO 4.....	44
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
4.1. Conclusiones.....	44
4.2. Recomendaciones.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	47
ANEXOS.....	48
Anexo A.- Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla. .	49

Anexo C.- Hoja técnica del rodamiento 6312 y 6313.....	51
Apéndice E. Ficha técnica de la grasa LGHP 2.....	55
CUADRO DE REFERENCIAS .....	57

# INTRODUCCIÓN

En busca de la optimización de los programas de mantenimiento y buscando aumentar la fiabilidad de los equipos se trabajó en un plan de mejora del sistema de lubricación en motores que son considerados equipos críticos en el sistema de producción.

En el capítulo uno se analiza la importancia de la lubricación, su periodicidad para el buen funcionamiento de los equipos y las opciones de lubricación que existen. Además de las diferencias entre una lubricación manual y una lubricación automática.

El capítulo dos describe el problema que se encontró en el cliente y como mediante un análisis causa raíz e inspección visual del equipo se detectaron los problemas de la mala lubricación que ocasionó la falla de los rodamientos.

En el capítulo tres se planteó un procedimiento para la selección de grasa según las condiciones de trabajo y se analizó la implementación de un lubricador monopunto y calculó con ayuda del programa DIALSET la frecuencia de lubricación de los rodamientos del motor.

Y en el capítulo 4 se detalla las conclusiones que se obtuvieron de este trabajo y las recomendaciones que se deben seguir para el buen funcionamiento del equipo.

# CAPITULO 1

## 1. IMPORTANCIA DE LUBRICACIÓN

El 36% de los fallos prematuros de rodamientos se debe a problemas de lubricación, si se incluye la contaminación esa cifra asciende a más del 50% por ende la importancia de una lubricación y una limpieza correcta es evidente a la hora de calcular la vida de un rodamiento. (Ref. 1).

### 1.1. Concepto de lubricación.

La principal función de un lubricante es formar una película que separe los componentes del rodamiento en movimiento, reduciendo la fricción produciendo que el equipo funcione de manera confiable, también sirve para proteger contra la corrosión las piezas, contribuye a la refrigeración del sistema, facilita la evacuación de impurezas y ayuda en la transmisión de potencia. (Ref.4)

Los lubricantes se componen de una base lubricante y un paquete de aditivos. Esta combinación se divide entre (70-99%) aceite básico y (30-1%) de aditivos y dependen del trabajo que van a realizar. (ref.4).

Las bases lubricantes pueden ser minerales, sintéticos o vegetales.

Los aditivos son compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o suspendidos (como sólidos) en el aceite y su función es de la de mejorar las propiedades de los aceites bases. (Ref.4)



Algunas de las propiedades importantes de un lubricante son la viscosidad, la capacidad de formación de la película y la consistencia en el caso de la grasa.

### **1.2. Periodicidad de la lubricación.**

Los lubricantes poseen cierta facilidad para degradarse, lo cual se refleja en el nivel de acidez del lubricante. Esta degradación se presenta primero a nivel químico, hasta llegar a convertirse en una degradación física del lubricante.

Conforme el grado de oxidación aumenta, el lubricante puede llegar a sufrir un cambio de viscosidad, lo cual es una característica física del mismo muy importante, ya que de ella depende mucho el espesor de la película que un lubricante puede formar.

Este proceso hace que la película se caliente lo cual no solo hace variar la viscosidad de un lubricante, sino que también aumenta la facilidad con que el mismo se oxida.

Eventualmente, llegará un momento en que el lubricante ya se ha oxidado tanto que no es capaz de seguir cumpliendo sus funciones, y será necesario reemplazarlo.

El tiempo que transcurre entre la aplicación de lubricante nuevo y la relubricación o recambio es conocido como frecuencia de lubricación, y varía dependiendo de varios factores, entre los cuales tenemos las

condiciones ambientales de trabajo, temperatura de funcionamiento, contaminación (agua, polvo), velocidad de trabajo, carga de trabajo.

Esta frecuencia de lubricación por lo general es establecida como recomendación del fabricante y debe ser añadida a una rutina de mantenimiento preventivo. (ref.4)

### **1.3. Lubricación básica de los rodamientos.**

Teóricamente, un rodamiento correctamente lubricado tiene más posibilidades de alcanzar su vida máxima de servicio.

- Lubricación con grasa: cuando el rodamiento funciona en condiciones normales de velocidad y temperatura se elige este tipo de lubricación. Su ventaja es que requiere un sistema más sencillo y barato, mejor adhesión y protección contra la humedad y los contaminantes del ambiente de trabajo. Aproximadamente un 90% de los rodamientos se lubrican con grasa. (ref. 4).
- Lubricante con aceite: cuando la velocidad y las condiciones de funcionamiento no permiten usar grasa o cuando es necesario evacuar el calor del rodamiento. Muchas veces se emplea aceite debido a los requisitos de otros componentes, es decir, obturaciones, engranajes, cojinetes lisos, etc. (ref. 4).

#### 1.4. Sistema de lubricación automático.

La lubricación automática, nos da la ventaja que proporciona pequeñas cantidades de lubricante limpio en cortos intervalos de tiempo y de una manera constante, mejorando así el funcionamiento de los rodamientos. Otras ventajas son el aumento de la seguridad y el ahorro de tiempo para el personal encargado del área de lubricación.

Según los conceptos de SKF una lubricación automática me puede aportar una optimización y una reducción de recursos importantes, según se detallan en la figura 1.1. (Ref. 1).

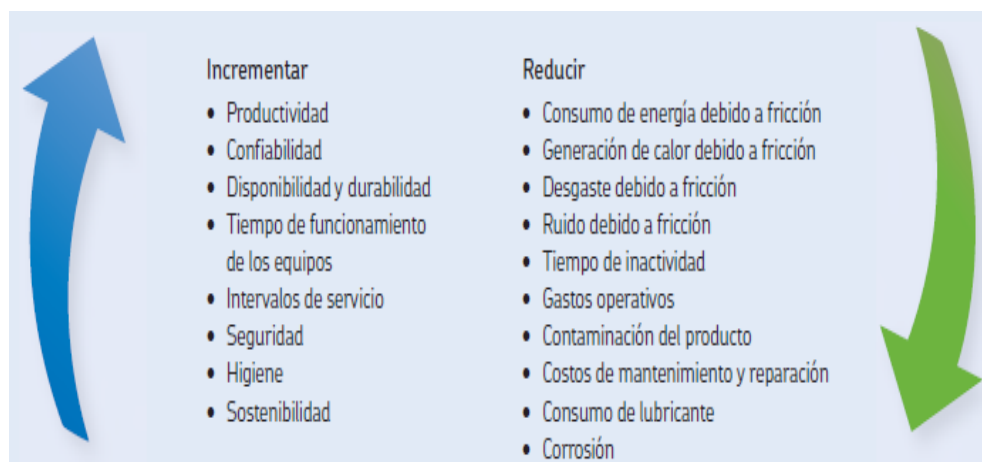


Figura 1.1- Aportes de la lubricación automática.<sup>1</sup>

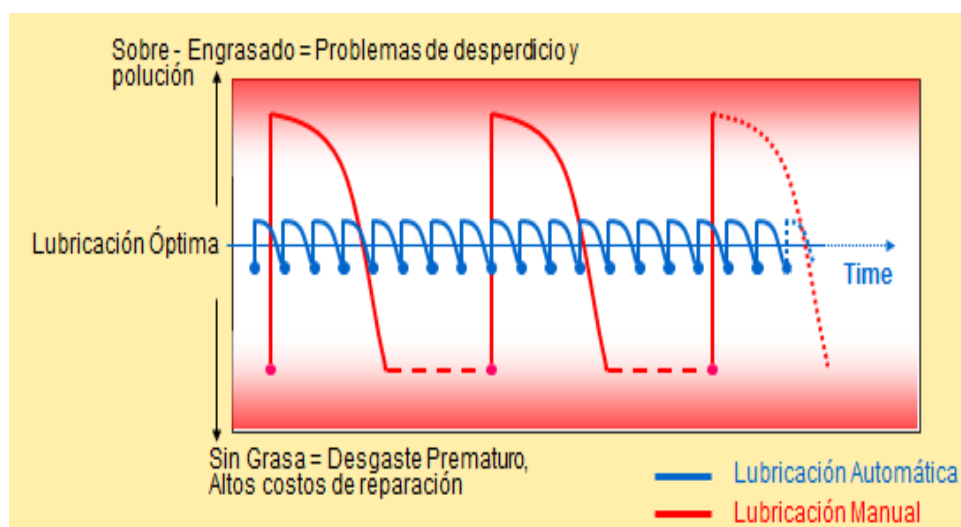
Estableciendo el período y la cantidad óptima de re-engrase, la lubricación manual tiene la desventaja que en el momento que se debe lubricar un punto, se debe entregar toda la cantidad de grasa

requerida por el mismo, lo que va a ocasionar un exceso de lubricación al inicio y una carencia de lubricación al final del período de lubricación (zonas de lubricación deficiente), lo que origina un desgaste del equipo. (Figura 1.2).

La lubricación automática proporciona una lubricación más ajustada, precisa y en forma constante al punto que se debe lubricar, con lo que se logra alargar la vida útil de los equipos rotativos. (ref.1).

Entre las ventajas de la lubricación automática podemos citar:

- Perfecta lubricación con un consumo mínimo.
- Hasta cuatro veces mayor vida útil del rodamiento



**Figura 1.2.-Comparación entre la lubricación automática vs manual.**

Entre los Sistemas de lubricación más comunes se pueden citar los siguientes, desde lo más sencillo y funcional:

- ✓ Lubricadores Automáticos Monopunto.
- ✓ Lubricadores Automáticos Multipuntos.
- ✓ Sistemas centralizados de lubricación.
  - Sistema de lubricación de simple línea.
  - Sistema de lubricación progresivo.
  - Sistema de lubricación doble línea.

#### **1. Lubricadores Automáticos Monopunto.**

Son lubricadores automáticos de un solo punto de lubricación, con accionamiento electromecánico. Se suministran llenos de grasa, con lo cual se logra eliminar la posibilidad de contaminación por manejo inadecuado del producto, tienen una dosificación ajustable que va de 1 hasta 12 meses dependiendo de la cantidad de grasa requerida, posee una clase de protección IP 65, lo que permite usarlo en entornos húmedos y sucios.

La activación es sencilla, mediante un dial de clara programación que ayuda a minimizar los errores de ajuste.

El envase transparente, permite la inspección visual de la tasa de suministro, mientras que las funciones

electromecánicas se indican mediante sencillos indicadores LED rojos y verdes, en la figura 1.3 se aprecia el dispositivo. (ref. 1).

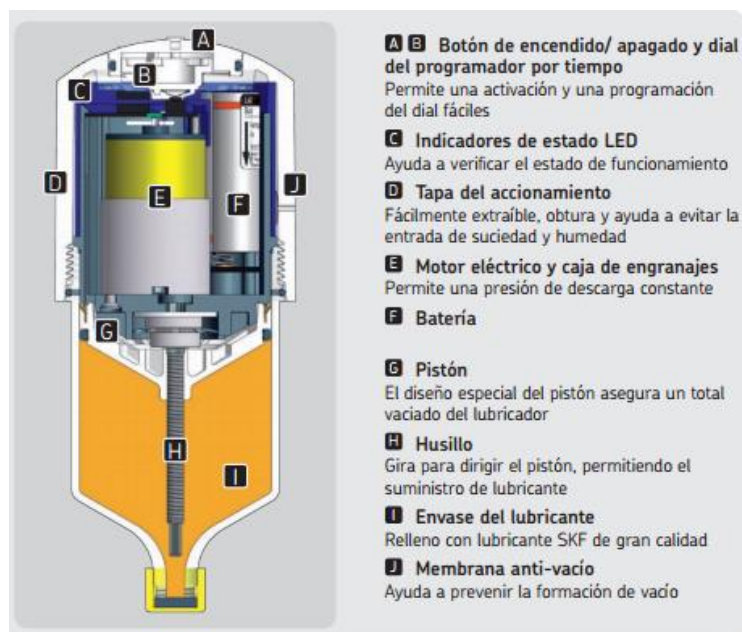


Figura 1.3.- Lubricador automático electromecánico.

## CAPITULO 2

### **2. Diagnóstico de Fallas.**

Para identificar correctamente un problema, se debe que tener mucho cuidado con todos los elementos que intervienen. Para hacer una evaluación de un motor, hay que preservar el equipo y sus componentes para su inspección por todos los investigadores.

Esta tiene que ser minuciosa, comparando las observaciones con experiencias y tablas de desgaste conocidas. Para este caso se basó en la utilización de 3 herramientas:

#### **2.1. Descripción del problema.**

Se presentó la falla del motor eléctrico del compresor Mycom #8 que tenía aproximadamente un año de funcionamiento en la planta de embotelladora.

El equipo es un motor Toshiba Modelo B3001FLG3BML de 500 HP C/A, que había sido intervenido anteriormente por una falla imprevista. En esta primera intervención luego de un análisis de fallas se sugirió el cambio de los rodamientos tipo insocoat que son los recomendados para motores que trabajan con variadores de frecuencia y revisión de ajustes del rodamiento en el eje. Luego de estas correcciones el motor volvió a fallar a los 4 meses de trabajo produciendo fallos inesperados y horas de paradas no programadas.

Se procedió a inspeccionar los rodamientos afectados se verificó que había un problema con la lubricación y el ajuste de los mismos.

Para este análisis se utiliza tres herramientas de diagnóstico:

- ✓ Inspección Visual.
- ✓ Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla.
- ✓ Análisis Causa Raíz.

## 2.2. Inspección visual.

En la inspección visual se analizó las huellas que se encuentran en los rodamientos que fallaron, y se pudo detectar las posibles fallas: Desgaste en pistas de rodadura de ambos rodamientos, pero más acentuado en rodamiento lado acople por pérdida de la película de lubricante como se puede observar en la figura 2.1 y figura 2.2.



Figura 2.1.- foto del rodamiento lado del acople.



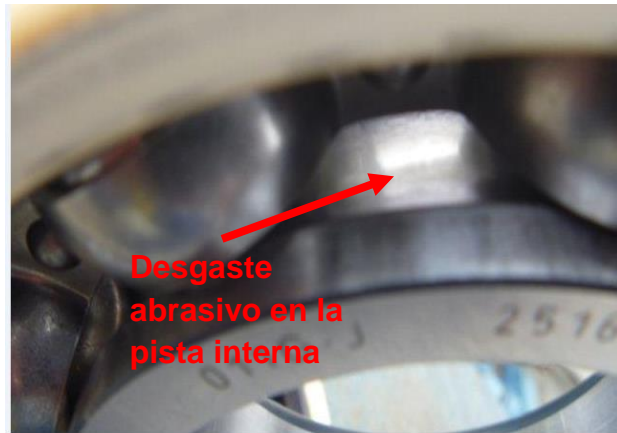


Figura 2.2.- foto del rodamiento lado de la tapa del motor

- Degradación del lubricante, MOBILITH SHC 460. Se observó que se estaba “separando” su espesante de su aceite base y aditivos, como se puede observar en la figura 2.3.



Figura 2.3.- rodamiento que muestra la degradación de la grasa.

- Falta de ajuste en alojamientos, más acentuado en lado acople (figura 2.4).



Figura 2.4.-pista exterior del rodamiento del lado del acople.

- Exceso de lubricante que sale por la tapa delantera, observado motor compresor # 8. (Figura 2.5).



Figura 2.5.- exceso de lubricante del lado del acople del motor.

- Los rodamientos 6313 c3 J20AA (insocoat) no presentan evidencia de fatiga por fugas de corrientes parasitas.

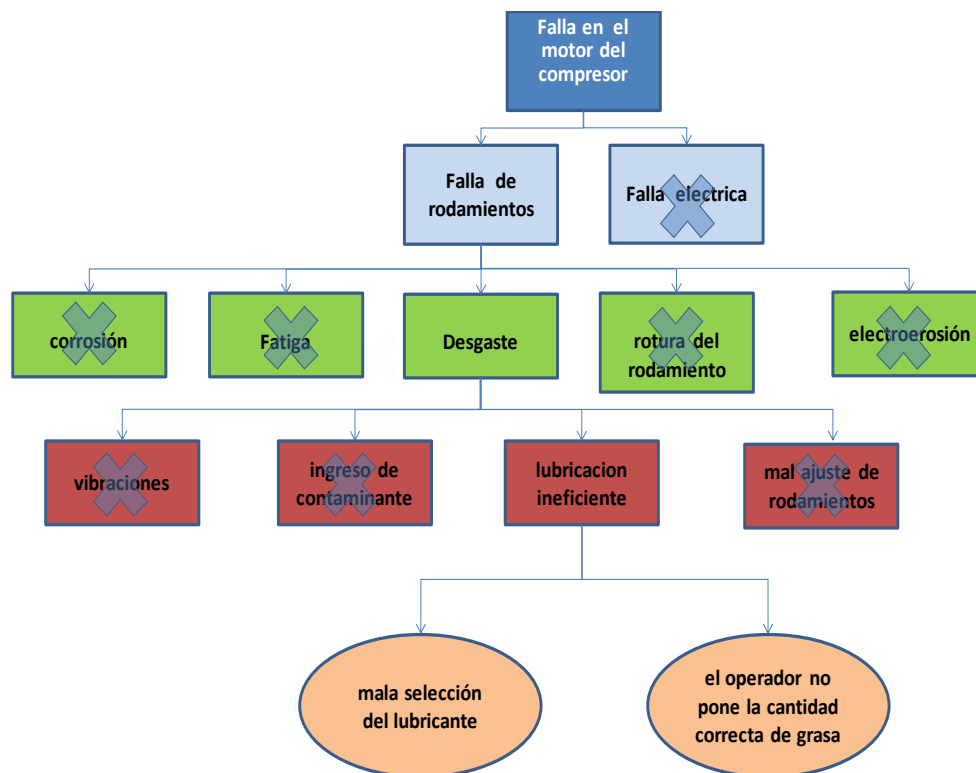
### **2.3. Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla.**

La norma ISO 15243 se basa principalmente en características que son visibles en los elementos rodantes, caminos de rodadura y otras superficies funcionales como se puede ver en el apéndice A y así comparando los rodamientos del motor con las imágenes se puede corroborar que la falla es por desgaste abrasivo en las pistas.

### **2.4. Análisis Causa-Raíz.**

Se procedió a realizar un ACR basado en la falla presentada para determinar las posibles causas. Determinando como hipótesis la falla del motor por problemas de rodamientos o problema eléctrico. Se procedió a revisar el motor detectando la falla en los rodamientos, y se plantea como posibles causas físicas en los rodamientos corrosión, fatiga de los elementos, desgaste, rotura del rodamiento o electroerosión. Y con ayuda de la inspección visual se pudo observar huellas en las pistas que indican un desgaste abrasivo en las mismas. El desgaste abrasivo en pistas se puede dar por problemas de sobrecarga del equipo, fuga de corrientes, lubricación ineficiente o un ajuste no adecuado en los rodamientos. Cómo se puede observar en la figura 2.6 Se llegó a la conclusión que la falla en los rodamientos se debió a lubricación ineficiente. Indicando como causas latentes la

mala selección del lubricante y falta de preparación por parte del mecánico.



**Figura 2.6. Diagrama de CAUSA-RAIZ.**

En el apéndice B podemos observar las posibles causas y fallas más comunes de rodamientos presentes en la industria.

## CAPITULO 3

### 3. Propuesta de mejora.

De acuerdo a los resultados del capítulo 2 se procedió a elaborar un procedimiento que elimine la falla de los motores por problemas de lubricación ineficiente

#### **PROCEDIMIENTO DE LUBRICACION**

##### **Política**

Mejorar los programas de mantenimiento y la confiabilidad de los equipos.

##### **Objetivo**

Establecer un plan de lubricación y seleccionar la grasa adecuada para los motores del área de refrigeración de la planta.

##### **Alcance**

Este procedimiento sirve para Motores de compresores del área de refrigeración de 300 a 500 HP.

##### **Procedimientos Relacionados**

Procedimiento de montaje de rodamientos.

**Definiciones.**

Mantenimiento: conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un sistema en el cual sus funciones pueden ser cumplidas. (ref.5).

Confiabilidad: puede ser definida como la confianza que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un periodo de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. (ref.5).

DIALSET: es un programa que calcula fácilmente los intervalos de lubricación para una aplicación específica. Después de seleccionar los criterios y la grasa correspondientes a la aplicación, el programa proporciona la configuración correcta para los lubricadores automáticos SKF. (ref.1).

## Procedimiento.

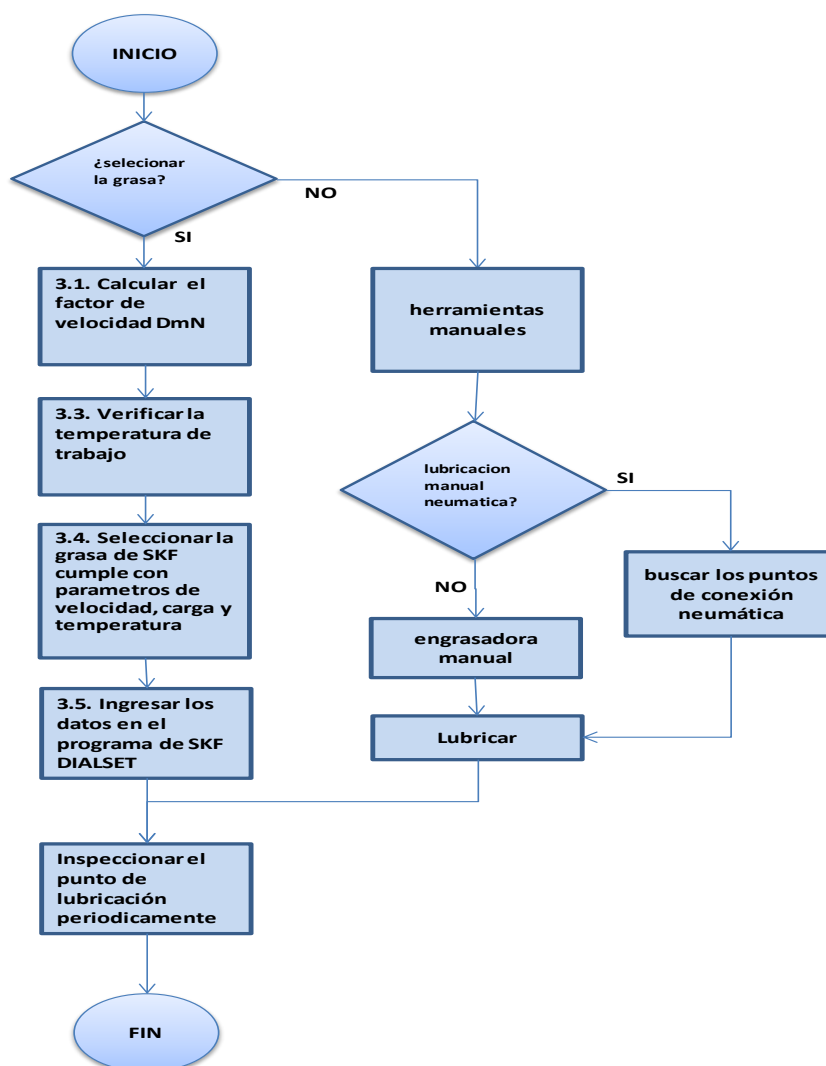


Figura3.1.-Procedimiento de proceso de lubricación.

### 3.1. Cálculo del factor de velocidad.

Para el proyecto, el rodamiento utilizado en el motor del compresor es un 6313, en la tabla 3.1 se pueden ver las dimensiones del mismo, que se pueden corroborar en el apéndice C.

<b>Rodamiento 6313</b>
<b>d:</b> 65 mm
<b>D:</b> 140 mm
<b>B:</b> 33 mm

Tabla 3.1.- Dimensiones del Rodamiento 6313.

Dónde:

d: Diámetro menor

D: Diámetro mayor

B: Ancho

La velocidad de operación del equipo es de 3600 RPM. De acuerdo a la siguiente fórmula obtenemos el factor de velocidad **DmN**.

$$Dm \times N = \frac{(D + d) \times R.P.M.}{2}$$

Se obtiene el valor de DmN de 369000 y luego se verifica en la tabla 3.2, cual es el valor de la viscosidad del aceite base (grado ISO VG) en base a esa relación de velocidad. (ref.2)





<b>FACTOR DE VELOCIDAD DmxN</b>	<b>VISCOSIDAD ACEITE BASE (GRADO ISO VG)</b>
SOBRE 400.000	22 Y 32
200.000 - 400.000	100
100.000 - 200.000	150
100.000 - 200.000	220 (ALTA HUMEDAD, TEMPERATURA Y CARGA)
BAJO 100.000	460

Tabla 3.2. Viscosidad del aceite base según factor de velocidad



La viscosidad requerida para la grasa es de un ISO VG 100 (Primer factor que se corrige al cliente, ya que estaban usando una grasa con una viscosidad ISO VG 460, lo cual no es recomendable para las aplicaciones de motores eléctricos).

Se complementó el criterio, de acuerdo a la tabla 3.3 que nos indica en forma general la viscosidad del aceite base de las grasas de acuerdo al tipo de aplicación requerida.

VISCOSIDAD A 40°C	Ejemplo de aplicación	Carga	Resistencia al agua	Velocidad	Separación del aceite
22 cSt	Husillos de alta velocidad	BAJA		ALTA	
100 cSt	Motores eléctricos				
150 cSt	Rodamientos de las ruedas				
220 cSt	Laminación de acero				
460 cSt	Máquinas de papel				
1500 cSt	Acoplamientos de carga pesada y baja velocidad				

**Tabla 3.3 Influencia de la viscosidad del aceite base**

### 3.2. Determinación del tipo de carga.

Se procedió a calcular la relación de la carga, y se lo comparó según el criterio de la siguiente tabla 3.4.

Carga	
VH = muy alta	$C/P < 2$
H = alta	$C/P \sim 4$
M = media	$C/P \sim 8$
L = baja	$C/P 15$

**Tabla 3.4. Valores de carga de rodamientos.**

Dónde:

C: Capacidad de carga básica dinámica (KN).

P: Carga dinámica equivalente (KN).

Para un rodamiento 6313, el valor de  $C = 97.5$  KN y para el valor de la carga dinámica se consulta al usuario, el cual nos indica que tiene una  $P = 7.4$  KN. Al realizar el cálculo de la relación  $C/P$ , se obtiene un valor de 13.17, lo que indicó que los rodamientos están sometidos a una carga media, este valor es el que se utilizó en el programa Dial Set.

### **3.3. Determinación de la temperatura de trabajo.**

Este valor debe ser medido con un termómetro infrarrojo para tener un dato más exacto, para este caso se tomó la temperatura de un compresor de similares características. Por lo general estos equipos trabajan en un rango de temperatura de 63 a 78°C.

### 3.4. Determinación de la grasa.

Para hacer esta selección se tomó en cuenta los datos ya calculados y relacionarlos con las características técnicas que corresponden a la grasa. (ref.4)

- ✓ Consistencia de la grasa.
- ✓ Rango de temperatura de trabajo de la grasa.
- ✓ Punto de goteo.
- ✓ Espesante

La consistencia se encuentra establecida en la tabla 3.5 de la NLGI y es el grado de rigidez de una grasa, depende principalmente del tipo y cantidad de espesante. Va desde el grado 000 hasta 6. Para rodamientos se recomienda generalmente grasas de NLGI 2 y 3. Las NLGI 0 y 1 se utilizan en sistemas centralizados de lubricación o en aplicaciones a muy bajas temperaturas. (ref. 3).

Número NLGI	Penetración trabajada	Descripción
000	445-475	Semilíquida
00	400-430	-
0	355-385	Líquido viscoso
1	310-340	-
2	265-295	Fluida
3	220-250	-
4	175-205	Resistencia al flujo
5	130-160	-
6	85-115	Dura, similar a cera

**Tabla 3.5 Clasificación de grasas según el NLGI**

Rango de temperatura: Las grasas están elaboradas para trabajar dentro de un rango de temperatura, si trabajan fuera de estos tienden a degradarse más rápidamente y dejan de cumplir su función de lubricar. (ref. 4)

Punto de goteo: Es la temperatura en la que el aceite base se libera del espesante y no puede ser absorbida por el mismo. Se ve afectado por el tipo de espesante utilizado. (ref.4).

Espesante: Proporciona cuerpo y estructura a la grasa, y dependiendo del espesante con el que trabajemos se relacionan los parámetros de velocidad, punto de goteo, resistencia al agua y a la temperatura. (ref.4).

En la tabla 3.6 se pudo observar como se relacionan estos datos técnicos.

Esposante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo °C	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Marginal	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno
Poliurea	Excelente	Excelente	>250	Sobresaliente

Tabla 3.6. Relación entre el espesante y las propiedades de las grasas.

Con estas consideraciones, se recomendó al cliente el cambio de grasa por una que se ajuste más a sus necesidades operativas, de

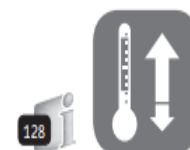
acuerdo al manual de SKF, el producto adecuado es una grasa a base de poliurea SKF LGHP 2 (Apéndice E) con una viscosidad ISO VG 100, que soporta un rango de cargas bajas a medias y velocidad de trabajo medias a altas.

A continuación en la tabla 3.7 se detallan las características técnicas de la grasa seleccionada de acuerdo al factor de velocidad y los demás parámetros analizados. (ref.1)

## LGHP 2

### Grasa SKF de alto rendimiento para altas temperaturas

LGHP 2 es una grasa de gran calidad, basada en aceite mineral y con un espesante moderno de poliurea (di-urea). Es adecuada para rodamientos de bolas (y rodillos) que requieran un funcionamiento silencioso con temperaturas desde  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  y velocidades medias/altas.



- Larga vida de servicio a altas temperaturas de funcionamiento
- Amplio rango de temperaturas
- Excelente protección frente a la corrosión
- Alta resistencia térmica
- Buen funcionamiento en arranques de máquina a baja temperatura
- Compatible con las grasas de poliurea comunes
- Compatible con las grasas con espesante de complejo de litio

#### Aplicaciones

- Motores eléctricos: pequeños, medianos y grandes
- Ventiladores industriales: incluidos los de alta velocidad
- Bombas de agua
- Rodamientos de rodillos en máquinas textiles, papeleras y secadoras
- Aplicaciones con rodamientos de bolas de alta velocidad que operan a temperaturas medias y altas
- Rodamientos de embrague
- Vagonetas de hornos y rodillos
- Aplicaciones de eje vertical
- Aplicaciones con vibración

#### Condiciones de funcionamiento del rodamiento

Temperatura	Media a alta
Velocidad	Media a alta
Carga	Baja a media
Eje vertical	+
Rotación aro exterior	-
Movimientos oscilantes	-
Altas Vibraciones	+
Carga de choque o arranques frecuentes	○
Bajo ruido	+
Baja fricción	○
Resistencia a la corrosión	+
+ = Recomendado    ○ = Adecuado    - = No adecuado	

#### Tamaños envase disponibles LGHP 2

SYSTEM 24		
420 ml cartucho	1 kg lata	5 kg lata
18 kg lata	50 kg bidón	

TABLA 3.7. Hoja técnica grasa SKF LGHP-2

### 3.5. Ingreso de los datos en el programa DIALSET.

Para determinar la cantidad de grasa y los intervalos de lubricación apropiados para una aplicación determinada, SKF (Mapro) ha desarrollado DialSet, como se observa en la figura 3.2, es un sencillo programa informático que permite calcular la relubricación. Los intervalos de lubricación calculados se basan en las últimas teorías sobre lubricación y dependen del tipo de rodamiento utilizado, las condiciones de la aplicación y las propiedades de la grasa seleccionada.

Cabe mencionar que existen un sin número de fórmulas y aplicaciones con el mismo fin de los distintos fabricantes de rodamientos del mundo y otras empresas relacionadas con el área de la tribología. (ref.1)

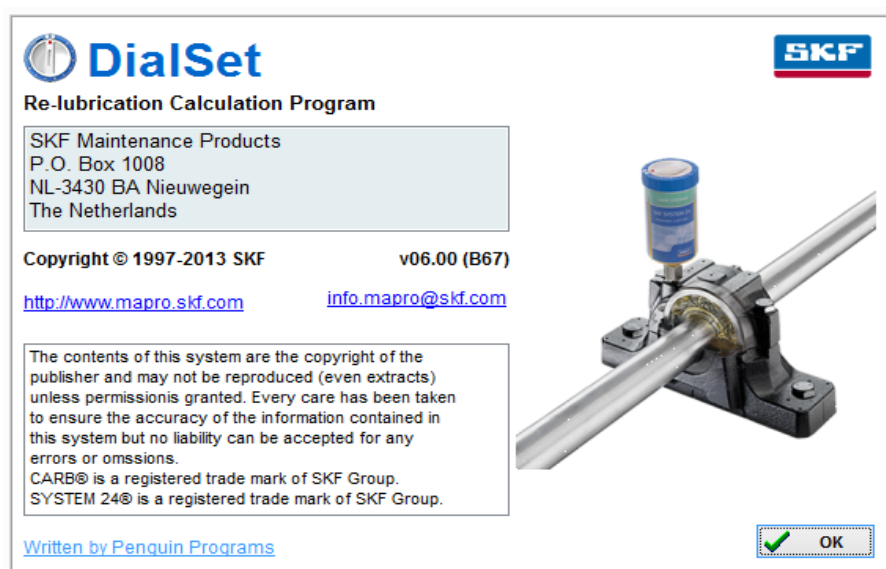


Figura 3.2.- Programa DIALSET SKF

Para empezar a usar el programa, se debe en primer lugar revisar las condiciones operativas (Tabla 3.8) del equipo e ingresar los valores pertinentes junto con las dimensiones del rodamiento requerido.

Condiciones de Operación	
Temperatura: Entre 63 y 78°C	Cargas de Impacto: No
Velocidad: 3600 RPM	Condición Ambiente (Humedad/Contaminación): Alta
Carga: Media	Temperatura ambiente: Media

**Tabla 3.8. Condiciones de operación**

Las cargas de impacto se consideran nulas por tratarse de un motor eléctrico, no está sometido a las mismas

Referente al tiempo de trabajo, se lo considera que lo realiza las 24 horas al día.

### **3.6. Programación del lubricador automático según los resultados del DIALSET.**

Una vez completado todos los valores el programa Dial Set nos indica la cantidad de grasa que lleva el rodamiento y el tiempo de óptimo de relubricación, según se puede apreciar en la figura 3.3.

Los valores obtenidos en el programa y que fueron presentados a la jefatura de mantenimiento del área de servicios, son:

<b>Cantidad de grasa (gr)</b>	<b>23</b>
<b>Dosificación media (gr/día)</b>	<b>1.02</b>
<b>Intervalo de Relubricación (hrs)</b>	<b>500</b>

SKF DialSet

Opciones Imprimir Idioma Acerca de

Programación Dosificación Condiciones de funcionamiento Cálculos Tabla de selección Accesorios

**Datos Básicos de Rodamientos**

Dimensiones

d 65 2.56  
D 140 5.51  
B 33 1.30  
mm in

Tipo  
Deep groove ball bearings

**Lubricante**

LAGD 60  TLSD 125  TLMR 120ml  LAGD 400  
 LAGD 125  TLSD 250  TLMR 380ml  LAGD 1000

**Grasa**

No  LGHB2  LGHP2  LGFP2  
 LGEV2  LGWM1  LGMT2  LGWM2  
 LGEM2  LGEP2  LGLT2  
 LGWA2  LGMT3  LGGB2

**Condiciones de funcionamiento**

n - Velocidad 3600 rpm Op hrs/día 24 hrs

Temperatura de funcionamiento

Baja: 47 a 63 °C  
 Normal: 63 a 78 °C  
 Alta: 78 a 93 °C  
 Muy alta: 93 a 107 °C

Contaminación/Humedad: Alto

Bajo  Moderado  Alto

Carga: Moderado  
Carga de impacto: No  
Temperatura ambiente: Media  
Orientación del eje: Horizontal  
Rellenado: Desde el lateral  
Aro exterior giratorio: No

**Resultados**

t-relub: Intervalo de relubricación 3800 hrs t-relub: Intervalo de corrección 500 hrs

Gp: Cantidad de grasa 23.0 gr Qf: Dosificación media 1.05 gr/día

Programación TLSD 250

8 Meses

Nota: 1/1  
En caso de entrada de contaminación, se debe realizar una relubricación con mayor frecuencia, con el fin de reducir los efectos negativos de partículas contaminantes sobre la grasa, a la vez que se reducen los efectos perjudiciales causados por el excesivo giro de las partículas. Los contaminantes fluidos (agua, fluidos de proceso) también exigen un intervalo de relubricación menor. Si la contaminación es alta, se debe




Figura 3.3.- cálculos del DIALSET

### 3.7. Resultados del DIALSET SKF.

De los valores obtenidos, se recomienda al cliente el uso de un lubricador automático monopunto SKF TLSD 250, para una duración de 8 meses, con lo cual se asegura una correcta relubricación de forma constante y limpia.



Al lograr implementar los lubricadores automáticos monopunto en el compresor que tuvo el problema y al ver los buenos resultados que se iban obteniendo con la lubricación de este motor (Figura 3.4).



**Figura 3.4. Motor Eléctrico Compresor 8**

El cliente solicitó que se hicieran los cálculos de relubricación e implementación de los lubricadores en todos los motores eléctricos de la sala de frío del área de servicios. En la tabla 3.9 se detallan los valores de los mismos

MOTOR	RPM	HP	RODAMIENTOS
MYCOM # 1	3565	500	6313 C3 / 6313 C3
MYCOM # 3	3600	500	6313 C3 / 6313 C3
MYCOM # 4	3600	500	6313 C3 / 6313 C3
MYCOM # 5	3555	300	6312 C3 / 6312 C3
MYCOM # 6	3600	500	6313 C3 / 6313 C3
MYCOM # 7	3600	500	6313 C3 / 6313 C3
MYCOM # 8	3600	500	6313 C3 / 6313 C3

**Tabla 3.9. Cuadro de motores eléctricos del área de frío.**

En el apéndice D, se detallan los valores operativos y cálculos realizados en el programa Dial Set para la implementación total de los lubricadores automáticos en la sala de frío.

### 3.8. Resultados Obtenidos.

Se logró eliminar los paros inesperados al instalar los lubricadores monopunto.

TAREAS PREVENTIVAS	periodo	año 1 (hora)	año 2 (hora)
cambio de filtro del compresor	semestral	16	16
mantenimiento del motor	anual	12	12
mantenimiento del compresor	cada 25000 hr	72	72
cambio de lubricadores	cada 8 meses		0,62
<b>TAREAS CORRECTIVAS</b>			
Falla por electroerosión	anual	16	0
Falla por problemas de lubricación	anual	16	0

**Tabla 3.10 Comparación de Paras año 1 vs año 2.**

Se creó una ruta de inspección y control en el plan de lubricación que ayudó a la optimización del plan de mantenimiento.

RUTA DE LUBRICACIÓN COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
equipos	actividad	\$ mensual	frecuencia												
motores compresores 1, 3, 4, 5	inspección visual de lubricadores	\$ -	mensual												
	cambio de lubricadores	\$ 400,00	cada 8 meses												
motores compresores 6, 7,8	inspección visual de lubricadores	\$ -	mensual												
	cambio de lubricadores	\$ 300,00	cada 8 meses												

**Tabla 3.11 Ruta de lubricación compresores de refrigeración.**

Se generó una reducción del desperdicio de grasa, ya que estos lubricadores monopunto entregan la cantidad adecuada de grasa en el momento adecuado, en pequeños ciclos de relubricación, evitando que la grasa en el envase sufra degradación.

<b>Comparación de consumo en el motor</b>	<b>kg</b>
consumo grasa por lubricación manual (kg/año)	4,36
consumo grasa por lubricador automático (2)(kg/año)	0,77
ahorro de consumo de grasa	3,59
Ahorro de grasa por año (%)	<b>82,44</b>

**Tabla 3.12 Comparación de consumo en el motor**

Se planteó una solución de bajo costo, que son los lubricadores monopunto.

<b>Lubricador</b>			<b>Reparacion del motor</b>	
lubricador	\$ 142,00	<b>Vs.</b>	costo de reparación del motor	\$ 5.000,00
cartucho	\$ 50,00			
total	\$ 192,00		total	\$ 5.000,00

**Tabla 3.13 costo lubricador vs. Costo de reparación del motor**

# CAPITULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 4.1. Conclusiones.

- Se hizo el análisis de falla de los rodamientos usando tres métodos donde se determinó que la falla de los rodamientos fue por desgaste abrasivo en las pistas.
- Se realizó el cambio de grasa a una más adecuada según las condiciones de trabajo, que alarga la vida útil del rodamiento. La grasa seleccionada es la SKF LGHP que es una grasa ISO VG 100, óptima para motores en general.
- Se instalaron los lubricadores automáticos monopunto.
- Se eliminó el tiempo de parada no programada por paros inesperados.
- Se estableció una ruta de inspección y control en el plan de lubricación.
- La instalación del lubricador monopunto evitó la falla de los rodamientos por contaminación de la grasa por manipulación

inadecuada. Dado que no hay contacto con el ambiente o manipulación humana.

- El uso de los lubricadores monopunto eliminó los residuos de grasa por exceso de lubricación tratando de minimizar el impacto de estos residuos en el medio ambiente.
- Se Redujo el riesgo de accidente por salpicadura de lubricante o por engrase de los rodamientos por método manual.
- Se Redujo el riesgo de accidentes en puntos de lubricación de difícil acceso.
- Se planteó una solución a bajo costo, vs todos los costos que involucra una reparación del motor.

#### **4.2.Recomendaciones.**

Para mejorar el plan de mantenimiento preventivo de estos equipos y de evitar futuras fallas y paralizaciones por problemas de lubricación se hicieron las siguientes recomendaciones:

- Implementar los lubricadores automáticos a los demás equipos críticos para el proceso.
- Implementar un plan de mantenimiento predictivo (análisis de vibraciones, termografía) con frecuencia trimestral para prever futuras fallas.

- Actualizar la ruta de lubricación y crear una política de registro de lubricación.
- Hacer la correcta alineación del sistema motor-compresor, una vez que ya está reparado el motor y se procede a acoplar.
- Se recomienda hacer el cambio de los lubricadores con los equipos paralizados, para evitar accidentes.

**BIBLIOGRAFIA**

1. LUIS CUATRESCASAS, Total Productive Maintenance, Edición 1, Editorial Gestión 2000.
2. SKF, Catálogo de Rodamientos, ES 6000.
3. Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo de 2006 UTP, ISSN 0122-1701.
4. SKF, Catálogo de lubricantes.
5. SKF, Productos de Mantenimiento y Lubricación SKF, 2008/04.
6. SKF, Productos de Mantenimiento y Lubricación SKF, 2011/07.
7. MOBIL, Guía de Referencia Lubricantes Mobil.
8. FAG, Averías de los rodamientos.
9. SKF, artículo las 5c de una correcta lubricación.
10. NORIA, seminario, Como implementar un programa de lubricación de clase mundial.
11. NORIA, seminario, Análisis de Aceite Parte 1.
12. NORIA, seminario, Lubricación de Maquinaria parte 1.
13. SKF, Manual para la buena salud de los rodamientos, Programa de certificación.
14. Lubrication Managment, IKE-TEKNIKER.
15. SKF, manual lubricación SKF entrenamiento grasa.

**ANEXOS**

Anexo A.- Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de fallas.

Anexo B.- Relación entre características y causas de daños en rodamientos.

Anexo C.- Hoja técnica del Rodamiento 6313.

Anexo D.-Cálculo de los compresores del área de refrigeración.



## Anexo A.- Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla.

### Clasificación ISO de daños en rodamientos y modos de falla




La norma ISO 15243 se basa principalmente en características que son visibles en los elementos rodantes, caminos de rodadura y otras superficies funcionales.

**Causas de daño pre-operativo:**

- Ajuste incorrecto del eje y alojamiento.
- Asiento del rodamiento defectuoso en eje y alojamiento.
- Falta de alineación estática.
- Técnica de montaje inadecuada.
- Paso de corriente eléctrica a través del rodamiento (voltaje excesivo).
- Transporte, manipulación y almacenamiento.

**Causas de daño operativo:**

- Fatiga del material.
- Lubricación no efectiva.
- Sellado no efectivo.
- Vibración (falta de alineación).
- Falta de alineación en operación.
- Paso de corriente eléctrica a través del rodamiento (fuga de corriente).

**Fatiga**

**Fatiga iniciada debajo de la superficie**



Fragmentación de partículas como resultado de microfisuras por debajo de la superficie del camino de rodadura.

**Fatiga iniciada en la superficie**



Fragmentación de partículas como resultado de estiramiento superficial.

**Desgaste**

**Desgaste abrasivo**



El resultado de una lubricación inadecuada o la entrada de contaminantes.

**Desgaste adhesivo**



Transferencia de material de una superficie a otra como resultado de calor friccional.

**Corrosión**

**Corrosión por humedad**



Dañación de las superficies en presencia de humedad.

**Corrosión por fricción**



La oxidación y el desgaste de las asperezas superficiales bajo el efecto del microacoplamiento inducido entre las superficies de contacto.

**Electroerosión**

**Voltaje excesivo**



Corrosión química (traspunte y localizada) por efecto del paso de corriente en la zona de contacto debido a un aislamiento insuficiente.

**Fuga de corriente**



La generación de trépanos poco profundos por efecto del paso de Ohm (corriente). Con el tiempo se transforman en escoriaduras.

**Deformación plástica**

**Sobrecarga**



Deformación permanente causada por sobrecargas estáticas o de impacto (dirección verdadera).

**Interferencia por partículas**



Abolladuras como resultado de partículas que son laminadas en la zona de contacto entre el elemento rodante y el camino de rodadura.

**Fracturas y roturas**

**Fractura forzada**



Una fractura como consecuencia de una combinación de tensiones superiores a la resistencia o la tenacidad del material.

**Fractura por fatiga**



Una fractura como consecuencia de un ciclo frecuentamiento o esfuerzo lento de fatiga del material.

**Fisura térmica**



Gratas generadas como consecuencia de un alto calentamiento por fricción. Usualmente se presentan perpendicularmente a la dirección del movimiento de contacto.

Este gráfico ha sido suministrado como una referencia de

Para obtener más información sobre daños en rodamientos, consulte el capítulo "Daños en rodamientos y sus causas" en el manual de mantenimiento de rodamientos SKF.

## Anexo B.- Relación entre características y causas de daños en rodamientos.



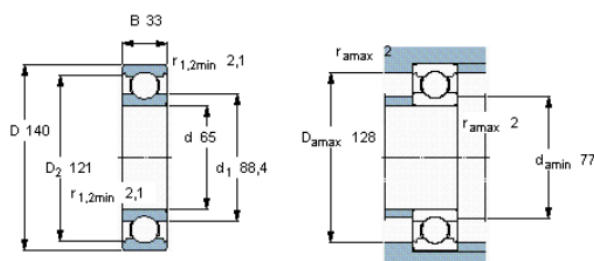
Modos de falla con características		Causas posibles		Funcionamiento					Factores ambientales				Lubricación					Montaje					Otras					
				Sobrecarga	Exceso de velocidad	Cambio excesivo en los ciclos de carga / velocidad	Vibraciones	Deflexión del eje / soporte	Alta / baja temperatura	Ingreso de polvo / partículas	Ingreso de agua	Fuga de corriente	Viscosidad inadecuada (consistencia)	Selección de aditivos	Falta de lubricante	Exceso de lubricante	Impurezas	Manipulación incorrecta (cargas de impacto)	Procedimiento de montaje	Ajuste demasiado apretado	Ajuste demasiado suelto	Inclinación / Desalineamiento	Asiento defectuoso	Fijación inapropiada (sujeción)	Almacenamiento	Transporte (Vibración / impactos)	Selección del rodamiento	Diseño del equipo
Fatiga	Descamación, fisuras, peladuras	X			X		X			X	X	X			X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pulido, micro grietas		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X				X		X	X	X	X	X	X	X
Desgaste	Abrasivo	Desgaste excesivo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		X				X
		Arañazos, ralladuras		X	X				X			X		X		X	X						X					
	Adhesivo	Marcas de agarrotamiento, embadurnado	X		X		X	X		X		X	X	X		X	X	X	X					X	X	X	X	X
		Transferencia de material por calor	X	X	X		X	X		X		X	X	X		X	X		X	X			X	X	X	X	X	X
Corrosión	Corrosión por humedad								X			X		X		X						X	X		X			
	Corrosión por fricción	X		X	X	X											X	X	X	X				X	X	X	X	
	Falsa brimelación			X	X						X						X					X	X	X				
Electroerosión	Cráteres, acanaladuras											X												X				
Deformación plástica	Hendiduras	X				X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Indentación por partículas						X						X		X	X								X	X			
	Melladuras, cincelados														X	X									X			
Fracturas y roturas	Fractura forzada	X	X				X								X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	
	Fractura por fatiga	X	X	X	X	X											X	X	X	X			X	X	X	X	X	
	Fisura térmica	X	X	X			X			X	X	X			X	X			X					X			X	

## Anexo C.- Hoja técnica del rodamiento 6312 y 6313.



Deep groove ball bearings, single row

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed		
mm			kN		r/min		<b>* SKF Explorer bearing</b>
<b>65</b>	140	33	97,5	60	10000	6700	<b>6313 *</b>



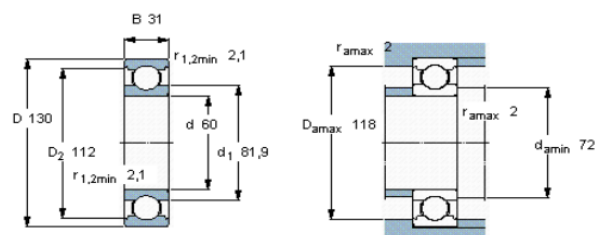
Calculation factors

$k_r$  0,03  
 $f_0$  13



Deep groove ball bearings, single row

Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed		
mm			kN		r/min		<b>* SKF Explorer bearing</b>
<b>60</b>	130	31	85,2	52	11000	7000	<b>6312 *</b>



Calculation factors

$k_r$  0,03  
 $f_0$  13

## Anexo D.- Cálculo de lubricadores de los motores de compresores de Refrigeración.



### REPORTE DE ACTIVIDADES REALIZADAS

CLIENTE:

REGION/ZONA:

Guayaquil

ATENCION:

Ing. Franklin Montalvan

CARGO:

Planificador Mantenimiento Eléctrico

Ing. Anibal Zavala

CARGO:

Planificador Mantenimiento Mecánico

ELABORADO:

Ing. Gabriela Pachay

CARGO:

Asesora Industrial

#### ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Se realizó visita al ingeniero Montalvan debido a que necesitaban asesoramiento de frecuencias y cantidades de lubricación en los rodamientos de los compresores de amoniaco

#### Datos técnicos y operativos:

Top = Media Carga (C/P)

Rodamientos = SKF 6313 M/C3VL0241 Media

SKF 6312 M/C3VL0241 Media

RPM = 1750 a 3600

Grasa = Mobilith SHC 460

#### RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones operativas de los compresores se recomienda el cambio a la grasa SKF LGHP 2

LGHP 2 es una grasa de gran calidad, basada en aceite mineral y con espesante de poliurea (di-urea). Tiene unas propiedades de lubricación excelentes para un amplio rango de temperaturas desde -40 °C hasta 150 °C

Adicional adjuntamos recomendaciones de frecuencia de re-lubricación de los rodamientos tomando en cuenta las condiciones operativas

Cálculos de Relubricación Cervecería Nacional	
<b>Rodamiento 6313 (Compresores de amoníaco 1, 3, 4, 6 y 7)</b>	
d: 65 mm	Øm: 102.5 mm
D: 140 mm	NØm: 369000
B: 33 mm	
Condiciones de Operación	
Temperatura: Entre 63°C y 78°C	Cargas de Impacto: No
Velocidad: 3600 RPM	Condición Ambiente (Humedad/Contaminación): Alta
Carga: Media	Temperatura ambiente: Media
RECOMENDACIONES	
RESULTADOS	
<b>Relubricación: 500 horas (aproximadamente 20.83 días)</b> <b>Cantidad de grasa a aplicar: 23 gramos</b> <b>Cantidad de grasa diaria: 1.05 gramos/día</b>	

Rodamiento 6312 (Compresor de amoníaco 5)	
d: 60 mm	Øm: 95 mm
D: 130 mm	NØm: 342000
B: 31 mm	
Condiciones de Operación	
Temperatura: Entre 63°C y 78°C	Cargas de Impacto: No
Velocidad: 3555 RPM	Condición Ambiente (Humedad/Contaminación): Alta
Carga: Media	Temperatura ambiente: Media
RECOMENDACIONES	
<p>The screenshot shows the SKF DialSet software interface. It includes sections for 'Datos Básicos de Rodamientos' (Basic Bearing Data) with dimensions d=60, D=130, B=31 mm and type 'Deep groove ball bearings'. The 'Lubricante' (Lubricant) section shows 'Grasa' (Grease) selected as 'No' and 'TLSD 250' chosen. The 'Condiciones de funcionamiento' (Operating Conditions) section shows 'n - Velocidad' at 3555 rpm, 'Op hrs/día' at 24 hrs, and 'Temperatura de funcionamiento' (Operating Temperature) set to 'Normal: 63 a 78 °C'. The 'Contaminación/Humedad' (Contamination/Humidity) is set to 'Alto' (High). The 'Resultados' (Results) section shows a lubrication interval of 4500 hrs, a correction interval of 600 hrs, a grease quantity of 20.0 gr, and a daily dosage of 0.77 gr/day. A dial indicates a lubrication interval of 9 months. A note states: 'Nota: 1/1 En caso de entrada de contaminación, se debe realizar una relubricación con mayor frecuencia, con el fin de reducir los efectos negativos de partículas contaminantes sobre la grasa, a la vez que se reducen los efectos perjudiciales causados por el excesivo giro de las partículas. Los contaminantes fluidos (agua, fluidos de proceso) también exigen un intervalo de relubricación menor. Si la contaminación es alta, se debe'.</p>	
RESULTADOS	
Relubricación: 600 horas (aproximadamente 25 días)	
Cantidad de grasa a aplicar: 20 gramos	
Cantidad de grasa diaria: 0.77 gramos/día	

## Apéndice E. Ficha técnica de la grasa LGHP 2.

# LGHP 2

## Grasa SKF de alto rendimiento para altas temperaturas

LGHP 2 es una grasa de gran calidad, basada en aceite mineral y con un espesante moderno de poliurea (di-urea). Es adecuada para rodamientos de bolas (y rodillos) que requieran un funcionamiento silencioso con temperaturas desde -40 °C a 150 °C y velocidades medias/altas.

- Larga vida de servicio a altas temperaturas de funcionamiento
- Alta resistencia térmica
- Amplio rango de temperaturas
- Excelente protección frente a la corrosión
- Buen funcionamiento en arranques de máquina a baja temperatura
- Compatible con las grasas de poliurea comunes
- Compatible con las grasas con espesante de complejo de litio

### Aplicaciones

- Motores eléctricos: pequeños, medianos y grandes
- Ventiladores industriales: incluidos los de alta velocidad
- Bombas de agua
- Rodamientos de rodillos en máquinas textiles, papeleras y secadoras
- Aplicaciones con rodamientos de bolas de alta velocidad que operan a temperaturas medias y altas
- Rodamientos de embrague
- Vagonetas de hornos y rodillos
- Aplicaciones de eje vertical

### Condiciones de funcionamiento del rodamiento

Temperatura	Media a alta
Velocidad	Media a alta
Carga	Baja a media
Eje vertical	+
Rotación aro exterior	—
Movimientos oscilantes	—
Altas Vibraciones	○
Carga de choque o arranques frecuentes	○
Bajo ruido	+
Baja fricción	○
Resistencia a la corrosión	+
+ = Recomendado    ○ = Adecuado    — = No adecuado	

### Tamaños envase disponibles LGHP 2

SYSTEM 24	420 ml cartucho	1 kg lata	5 kg lata
18 kg lata	50 kg bidón	180 kg bidón	



Relubricación



### Datos técnicos

<b>Designación</b>	LGHP 2		
<b>Código DIN 51825</b>	K2N-40	<b>Resistencia al agua:</b>	
<b>Consistencia NLGI</b>	2-3	DIN 51 807/1, 3 horas a 90 °C	1 máx.
<b>Tipo de jabón</b>	di-urea	<b>Separación de aceite:</b>	
<b>Color</b>	azul	DIN 51 817, 7 días a 40 °C, estática, %	1 - 5
<b>Tipo de aceite base</b>	mineral	<b>Capacidad de lubricación:</b>	
<b>Gama de temperatura de funcionamiento, °C</b>	-40 a 150	SKF R2F, prueba de funcionamiento B a 120 °C	Apto
<b>Punto de goteo DIN ISO 2176, °C</b>	240 min.	<b>Corrosión al cobre:</b>	
<b>Viscosidad del aceite base:</b>		DIN 51 811, 110 °C	1 máx. (150 °C)
40 °C, mm <sup>2</sup> /s	96	<b>Vida de la grasa para rodamientos :</b>	
100 °C, mm <sup>2</sup> /s	10,5	Prueba SKF ROF L50, vida a 10.000 rpm, horas	1 000 min. a 150 °C
<b>Penetración DIN ISO 2137:</b>		<b>Rendimiento EP:</b>	
60 golpes, 10 <sup>-1</sup> mm	245 - 275	Marca de desgaste DIN 51350/5, 1.400 N, mm	-
100 000 golpes, 10 <sup>-1</sup> mm	365 máx.	Prueba de 4 bolas, carga a soldadura DIN 51350/4	-
<b>Estabilidad mecánica:</b>		<b>Corrosión de contacto:</b>	
Estabilidad a la rodadura, 50 horas a 80 °C, 10 <sup>-1</sup> mm	365 máx.	ASTM D4170 (mg)	7 *
Prueba SKF V2F	-	<b>Designación:</b>	LGHP 2/ (tamaño envase)
<b>Protección contra la corrosión:</b>		* Valor típico	
Norma SKF Emcor			
- estándar ISO 11007	0 - 0		
- lavado con agua destilada	0 - 0		
- test agua salina (100% agua de mar)	0 - 0		



## CUADRO DE REFERENCIAS

Referencia 1. Catálogo Mapro

Referencia 2. Guía de Referencia lubricantes Mobil

Referencia 3. Lubrication Managment, IKE-TEKNIKER.

Referencia 4. SKF, manual lubricación SKF entrenamiento grasa

Referencia 5. Scientia et Technica Año XII, No 30, Mayo de 2006 UTP, ISSN  
0122-1701.