

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**APLICACIÓN DE UNA GRASA EN CHUMACERAS DE LOS MOLINOS DE CAÑA
DEL INGENIO LA UNIÓN.**

TESIS

PRESENTADA A LA
JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JUAN RODRIGO JORDÁN SUTTER ALEGRÍA.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 1,995.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

24
T. 3810
J. J.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**APLICACIÓN DE UNA GRASA EN
CHUMACERAS DE LOS MOLINOS DE CAÑA
DEL INGENIO LA UNIÓN**



JUAN RODRIGO JORDAN SUTTER ALEGRÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA:

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
VOCAL 1ro.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL 2do.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL 3ro.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL 4to.	Br. Freddy Estuardo Rodríguez Quezada.
VOCAL 5to.	Br. Mario Nephtalí Morales Solís.
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
EXAMINADOR	Ing. Raymund Ludwig Taylor Cruz.
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek.
EXAMINADOR	Ing. Héctor Belisario Santizo Obando.
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López.

Guatemala, Febrero 2, 1995.

Ingeniero
Jorge Chilo Sigüere Rockstroh
Director de Escuela.
Ingeniería Mecánica.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señor Director:

Atendiendo a la designación que se me hiciera como Asesor del Trabajo de Tesis, "**Aplicación de una Grasa en Chumaceras de los Molinos de Caña del Ingenio La Unión**", solicitado por el estudiante, Juan Rodrigo Jordán Sutter Alegría, previo a optar al Título de Ingeniero Mecánico y luego de la revisión de su contenido, me permito informarle que el trabajo desarrollado satisface el Protocolo propuesto y recomiendo que el presente trabajo de Tesis sea aprobado.

Atentamente,



Ing. Carlos Aníbal Chicojón Coloma.
Col. No. 2309

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área Materiales y Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y, habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Aplicación de una Grasa en Chumaceras de los Molinos de Caña del Ingenio La Unión, del estudiante Juan Rodrigo Jordán Sutter Alegría, recomienda la autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Arturo Estrada Martínez

Coordinador de Área

Guatemala, marzo de 1,995.

/bedei.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area Materiales y Complementaria al trabajo de tesis titulado **Aplicación de Una Grasa en Chumaceras de los Molinos de Caña del Ingenio La Unión**, del estudiante **Juan Rodrigo Jordán Sutter Alegria**, procede a la autorización del mismo.

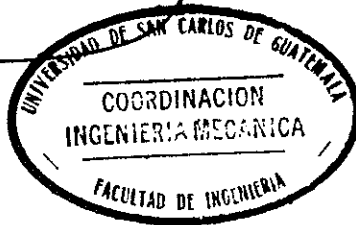
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge C. Siguere Rockstroh

DIRECTOR DE ESCUELA

Guatemala, mayo de 1,995.

/bedei.





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Jorge C. Siquere Rockstroh, al trabajo de tesis titulado **Aplicación de Una Grasa en Chumaceras de los Molinos de Caña del Ingenio La Unión**, presentado por el estudiante universitario Juan Rodrigo Jordán Sutter Alegria, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Julio Ismael Gonzalez Podszueck". The signature is stylized and somewhat cursive.

ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK

DECANO

Guatemala, mayo de 1,995.

/bedei.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Eterna gratitud

mi abuela

Berta Susana Trullás de Alegría (Q.E.P.D.)

Por haber hecho de mi lo que hoy soy.

mi abuelo

Lic. Jordán Alegría Alvarez

Por darme su amor de padre y guiarme con el ejemplo de su vida.

mi madre

Olga Lucrecia Alegría Trullás

Por apoyarme en todo momento.

mi novia

Ana Elisa Franco Jordán

Con todo mi corazón.

mis primos

Gustavo Alegría Toruño

Claudia E. Salazar Alegría de Díaz

Diana V. Salazar Alegría de Bonilla

Con mucho aprecio.

mis amigos

Mario B. Pereira Padilla

Carlos Lionel Morales Hernández

Edy Jonathan Flores

Por ser los hermanos que nunca tuve.

mis tíos, primos y sobrinos

mis amigos:

Guillermo Callén
Nolo Domínguez
Nestor del Valle
Maria Elena Turcios
Mario Arturo Ruíz
Guillermo Lam Guzmán
Ing. Herbert Miranda
Sergio de León Urizar y familia
Familia Amézquita Urrutia

Agradecimiento a:
Rafael Francisco Navajas B.
Ingenio La Unión.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE GRÁFICAS	II
ÍNDICE DE TABLAS	III
GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS	IV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1. LA LUBRICACIÓN Y SUS PRINCIPIOS	3
1.1 TIPOS DE LUBRICACIÓN	6
1.1.1 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA	7
1.1.2 LUBRICACIÓN HIDROSTÁTICA	8
1.2 LUBRICACIÓN CON ACEITE	8
1.3 LUBRICACIÓN CON GRASA	11
1.4 COMPARACIÓN ENTRE UNA GRASA Y UN ACEITE	14
CAPITULO 2	
2. LUBRICACIÓN DE UNA CHUMACERA	15
2.1 EFECTOS A CONSIDERAR EN LA LUBRICACIÓN	18
2.1.1 EFECTO DE LA FRICCIÓN	18
2.1.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA	19
2.1.3 EFECTO DE LA VISCOSIDAD	19
2.1.4 EFECTO DE LA CARGA	20
2.1.5 EFECTO DE LA VELOCIDAD	21
2.2 FACTORES QUE AFECTAN A LAS CHUMACERAS CAÑERAS	22

CAPITULO 3

3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN LOS MOLINOS AZUCAREROS DEL INGENIO UNIÓN 25

3.1 DESCRIPCIÓN 25

3.2 PARTES DEL SISTEMA 26

CAPITULO 4

4. PRUEBA DE LUBRICACIÓN CON UNA GRASA GRADO (NLGI 0) 39

4.1 PROBLEMAS 39

4.2 FACTORES A CONSIDERAR 40

4.3 RANGOS DE TEMPERATURAS 41

4.4 CONSUMOS Y COSTOS 66

CONCLUSIONES VII

RECOMENDACIONES VIII

REFERENCIAS IX

BIBLIOGRAFÍA X

INDICE DE FIGURAS

No	NOMBRE	PAGINA
1.1	AMPLIACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE METAL	4
1.2	SUPERFICIES METÁLICAS EN CONTACTO DIRECTO	5
1.3	LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA	8
1.4	PRUEBA DE PENETRACIÓN PARA UNA GRASA	13
2.1	CUÑA FLUIDA SEPARADORA	17
2.2	DISTRIBUCIÓN DEL ACEITE CON CARGA	17
2.3	RANURA DE LUBRICACIÓN EN UNA CHUMACERA	24
3.1	VÁLVULA DUAL MEDIDORA	25
3.2	VISTA RECORTADA DE LA PRENSAETOPA	27
3.3	CAJA DISTRIBUIDORA DE FLUJOS	29
3.4	VISTA RECORTADA DE UN COMPRESOR	32
3.5	POSICIONES PARA DIRECCIÓN DEL FLUJO	33

INDICE DE GRÁFICAS

No	NOMBRE	PAGINA
4.1	MOLINO 1 LADO CORONA	43
4.2	MOLINO 1 LADO DE ESPIGA	45
4.3	MOLINO 2 LADO CORONA	47
4.4	MOLINO 2 LADO DE ESPIGA	49
4.5	MOLINO 3 LADO CORONA	51
4.6	MOLINO 3 LADO DE ESPIGA	53
4.7	MOLINO 4 LADO CORONA	55
4.8	MOLINO 4 LADO DE ESPIGA	57
4.9	MOLINO 5 LADO CORONA	59
4.10	MOLINO 5 LADO DE ESPIGA	61
4.11	MOLINO 6 LADO CORONA	63
4.12	MOLINO 6 LADO DE ESPIGA	65

INDICE DE TABLAS

1.1	COMPARACIÓN DE GRADOS DE VISCOSIDAD	13
1.1	CLASIFICACIÓN NLGI PARA LAS GRASAS	14
1.2	GRASA CONTRA ACEITE	17
4.1	MOLINO 1: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	42
4.2	MOLINO 1: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	44
4.3	MOLINO 2: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	46
4.4	MOLINO 2: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	48
4.5	MOLINO 3: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	50
4.6	MOLINO 3: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	52
4.1	MOLINO 4: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	54
4.2	MOLINO 4: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	56
4.3	MOLINO 5: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	58
4.4	MOLINO 6: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	60
4.5	MOLINO 6: LADO CORONA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	62
4.6	MOLINO 6: LADO ESPIGA, DÍA CONTRA TEMPERATURA	64

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

ADITIVO: componente químico que se le agrega al lubricante con el propósito de dar nuevas propiedades o mejorar las propiedades que el lubricante ya tiene.

AGMA: siglas de (American Gear Manufacturers Association) Sociedad Americana de Fabricantes de Engranajes.

BAGAZO: restos de caña que resultan después de la extracción del jugo.

CONGLUTINANTE: sustancia química que se utiliza para pegar o juntar varias sustancias.

DISGREGAR: que se pueden separar o desunir.

GRAVEDAD API: es una escala arbitraria de medidas de la densidad de los aceites, el cual fue adoptada por el Instituto Americano del Petróleo.

EMULSION: sustancia que se prepara mezclando íntimamente con agua, dando un aspecto lácteo.

HERRUMBRE: capa de óxido de hierro hidratado, que cubre al hierro en contacto prolongado con el aire húmedo.

INDICE DE VISCOSIDAD: es una escala arbitraria usada para mostrar la magnitud de los cambios que sufre la viscosidad, según los cambios de temperatura.

INHIBIDOR: compuestos que disminuyen o detienen un proceso químico perjudicial, tal como la corrosión u oxidación.

ISO: siglas de (International Standards Organization) Organización Internacional de Normas.

LUBRICANTES EP: son lubricantes que tienen la habilidad de soportar presiones extremas.

JABON: término general que se le da a los componentes químicos que sirven para mantener el aceite atrapado.

NLGI: una de las escalas para clasificar la consistencia de las grasas lubricantes, basada en la prueba del cono de penetración.

PRENSAESTOPA: cavidad cilíndrica, rellena de un material metálico, que sirve para evitar los escapes en las máquinas.

PUNTO DE FLUIDEZ: es la temperatura más baja a la cual un lubricante fluye y pierde sus propiedades.

PUNTO DE INFLAMACION: es la temperatura más baja a la cual los productos derivados del petróleo forman vapores, bajo condiciones experimentales específicas, en un rango suficiente para mantener ardiendo el producto con una pequeña llama.

SAG: siglas de (Society of Automotive Engineers) Sociedad de Ingenieros Automotrices.

SUS: siglas de (Saybolt Universal Seconds) Segundos Saybolt Universales.

VISCOSIDAD: es la medida de la fricción interna de la resistencia que tiene un líquido al fluir.

INTRODUCCIÓN

El azúcar de caña es el resultado de varias etapas de producción que se lleva a cabo en los ingenios azucareros. Como primera etapa, se tiene la siembra, cosecha y transporte de la caña de azúcar al ingenio o fábrica. Seguidamente la caña es prelavada y picada, y luego transportada a una serie de 6 ó 7 molinos, o como usualmente se le llama, Tándem de Molinos. Cada molino consiste de tres o cuatro rodillos o mazas de varias toneladas de peso cada una, que giran a pocas revoluciones por minuto, entre los cuales, la caña previamente lavada y triturada es sometida a altas presiones para extraerle el jugo o guarapo. Luego el guarapo es llevado a evaporadores, clarificadores y otros procesos que permitirán obtener el azúcar en su estado refinado. La falla en cualquiera de estas etapas ocasionaría el paro de todo un proceso y grandes pérdidas.

En los molinos, los ejes de las mazas o rodillos descansan y rotan sobre chumaceras de bronce de gran tamaño (alrededor de 2 pies de largo y 1 pie de diámetro). La costumbre ha sido la de lubricar tales chumaceras con aceites de alta viscosidad, inclusive de base asfáltica (los cuales tienen apariencia negra y pegajosa), por medio de un sistema centralizado de lubricación. Debido a las altas cargas y bajas velocidades de las mazas, no logra formarse una película de lubricante que prevenga el contacto de metal con metal.

Como resultado se tiene una alta fricción y un gran desgaste. Además, en el caso de usar aceites de base asfáltica, se tienen desventajas tales como:

una alta contaminación en el área de molinos, taponamiento de los conductos del sistema de lubricación y una apariencia sucia.

En este trabajo de Tesis, se demostrará la conveniencia de lubricar tales chumaceras con una grasa grado NLGI 0, con elementos sólidos de Grafito y Disulfuro de Molibdeno (MoS_2), y de un aceite de base de alta viscosidad (100 cst.). Tal demostración se llevará a cabo en el Ingenio La Union, mediante el control y análisis de las temperaturas presentes en los ejes y en las chumaceras durante el período de zafra. Se verá que la ausencia de altas temperaturas es indicativa de una baja fricción, los beneficios de un menor desgaste, un mucho menor consumo de lubricante, y una mayor limpieza en el área de Molinos.

Capítulo 1

1. LA LUBRICACIÓN Y SUS PRINCIPIOS

Se conoce como lubricación al principio de soportar una carga deslizante sobre una película reductora de fricción. La sustancia de que está compuesta esta película es un lubricante y el aplicarlo es lubricar.

Estos conceptos no son nuevos ni tampoco particularmente complicados. Siglos atrás, los campesinos lubricaban los ejes de sus carretas de bueyes con grasa animal. Actualmente, la maquinaria moderna se ha vuelto mucho más complicada desde los tiempos de las carretas de bueyes y las demandas impuestas sobre los lubricantes se han vuelto proporcionalmente más exigentes. La lubricación moderna se ha convertido en un estudio complejo, aun cuando su principio básico de prevención de contacto de metal a metal por medio de una capa intermedia de material fluido, sigue prevaleciendo.

Todos los líquidos, en cierto modo, proveen lubricación aunque algunos lo hacen mucho mejor que otros. La diferencia entre un material lubricante y otro es, con frecuencia, la diferencia entre el éxito o fracaso con que se opera una máquina. El mercurio, por ejemplo, carece de adhesión o de las propiedades de mojar el metal; estas propiedades son deseables para conservar un lubricante en contacto íntimo con la superficie del metal que debe proteger.

El alcohol por otra parte, a pesar de que moja con facilidad la superficie del metal, es demasiado delgado para mantener una película de lubricante de adecuado espesor en aplicaciones convencionales. El gas es otro fluido que ofrece posibilidades de lubricante. De hecho, el aire comprimido ha sido usado como lubricante para propósitos muy especiales, pero ninguno de estos

fluidos pueden ser considerados lubricantes prácticos para la multitud de requerimientos que existen ordinariamente.

Si nosotros pudiéramos ampliar la superficie de un metal, la observaríamos según la Figura.



Figura 1.1 Ampliación de una superficie de metal.

Las partículas metálicas de una pieza deslizante podrían bajo condiciones de extrema presión fundirse y soldarse a la pieza opuesta (Figura 1.2), lo que crea el rozamiento de dos superficies en contacto, que es lo que la lubricación tiende a evitar.

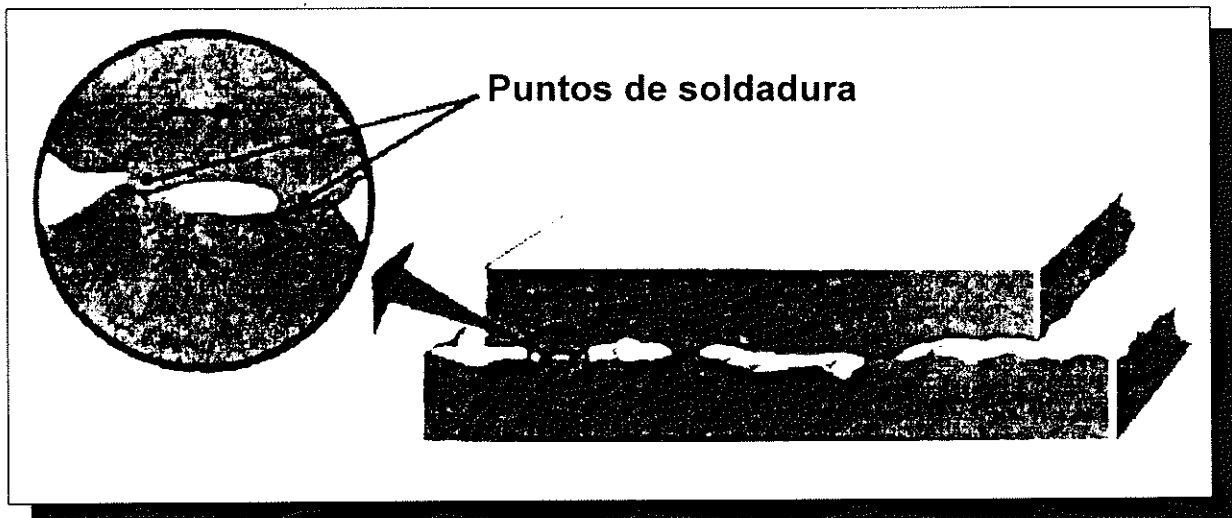


Figura 1.2 Superficies metálicas en contacto directo.

La finalidad de la lubricación es el desplazamiento mutuamente relativo de dos superficies en la presencia de un lubricante, lo cual origina la formación de una película del lubricante que aísla las dos superficies entre sí. Cuando la lubricación es eficaz, ambas superficies no llegan a tocarse y sus numerosas irregularidades no llegan a originar fricción, calor ni desgaste. La fricción nunca puede ser anulada por completo, pues el lubricante está afecto a una resistencia o fricción interna. Entre la lubricación perfecta y la falta de toda lubricación, existen infinitas condiciones de lubricación parcial, con diferentes grados de fricción, calor y pérdida energética.

Una cantidad igual de dos lubricantes diferentes aplicados de manera exactamente igual puede producir un resultado enteramente distinto. Mientras que uno de los aceites puede proteger perfectamente las superficies el otro, puede fracasar en forma total bajo las mismas condiciones de carga, velocidad y temperatura, debido a las distintas resistencias mecánicas de las películas de ambos aceites. La resistencia de película constituye una medida de la carga que puede soportar la película de aceite, sin disgregarse.

En un aceite mineral puro, la resistencia de película depende en gran parte de la viscosidad; cuanto más viscoso es el aceite, tanto mayor será la carga que puede soportar. Bajo la acción de presiones extremas o de cargas súbitas, un aceite mineral puro puede fallar, permitiendo que los metales entren en contacto mutuo, aun cuando su alta viscosidad justifique su utilización en el cojinete bajo condiciones normales. En estos casos, se recurre a un aceite provisto con aditivos que aumentan su capacidad de soporte de carga, es decir: que le impartan propiedades de E.P. (extrema presión) o de gran resistencia de película. La formación de una película de aceites en un buje depende de la carga, velocidad y temperatura del buje, método y punto de aplicación de lubricante, diseño del buje y de las características del lubricante utilizado.

Cuando un eje se encuentra detenido, la película de aceite que se ha formado entre el eje y el buje es expulsada y la carga actúa directamente sobre el buje en lugar de aplicarse sobre la película. Al iniciarse el funcionamiento de la máquina, la rotación del eje arrastra el aceite; en efecto, el eje actúa como una bomba y forma, en la zona donde actúa la presión, una película de aceite que viene a soportar la carga del eje. Si bien la mayoría de las grasas son demasiado consistentes para fluir como un aceite, las mismas actúan de manera esencialmente igual en un cojinete y quedan sometidas a influencias similares.

1.1. TIPOS DE LUBRICACIÓN

Uno de los mayores problemas que enfrentan los ingenieros es controlar la fricción. Para dicho propósito, hace tiempo que se reconoce que si

dos cuerpos deslizantes son separados por un fluido o una especie de película fluida, la fricción entre ellos disminuye grandemente.

Entre las formas de lubricación más utilizadas para disminuir la fricción encontramos la Lubricación Hidrodinámica e Hidrostática.

1.1.1 LUBRICACIÓN HIDRODINÁMICA

Se conoce también como lubricación fluida y es la más común y aplicable en casi todos los tipos de acción de deslizamiento continuo donde no existen presiones extremas. Ya sea que el deslizamiento ocurra en superficies planas, como en la mayoría de los cojinetes de empuje, o bien que las superficies sean cilíndricas, como en el caso de una chumacera simple o de buje, el principio es esencialmente el mismo.

Sería razonable suponer que cuando una pieza se desliza sobre otra, la película protectora de aceite entre ellas sea desalojada al ser desplazada por otra.

La lubricación hidrodinámica se pierde con altas cargas por unidad de área; esto quiere decir que cuando las cargas son extremas, el lubricante es desplazado y existe el contacto metal metal. Otra de las causas que ocasiona pérdida de lubricación es la baja viscosidad del aceite que se utiliza, la baja velocidad y el funcionamiento.

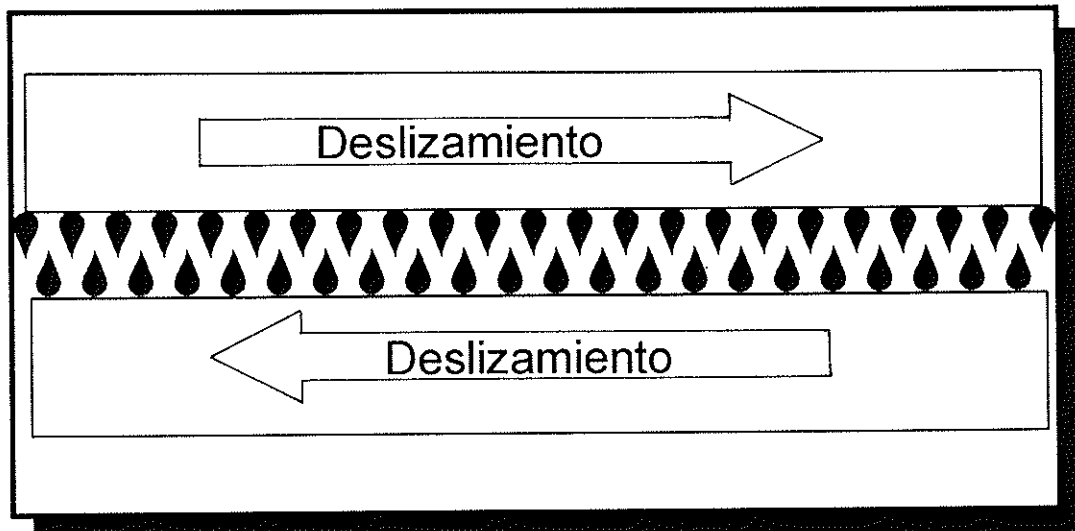


Figura 1.3 Lubricación Hidrodinámica.

1.1.2 LUBRICACIÓN HIDROSTÁTICA

La diferencia que se encuentra entre la lubricación hidrostática e hidrodinámica, es que en la hidrostática no hay necesidad de sustituir continuamente el lubricante utilizado. Este tipo de lubricación se utiliza para cargas livianas y para materiales que no necesiten de lubricación. Es conocida como lubricación de capa límite.

1.2. LUBRICACIÓN CON ACEITE

El petróleo es una mezcla compleja de compuestos orgánicos. Estos varían desde gases sumamente volátiles hasta los alquitranes sólidos que se funden a más de 100°C. El formulador de aceites elige las fracciones que resultan útiles para obtener características específicas. Al contar con tantos ingredientes diferentes, resulta posible formular productos adecuados para cualquier necesidad. Además de los

derivados del petróleo, se agregan a los lubricantes aditivos que proveen características adicionales.

Del petróleo se elaboran lubricantes de dos tipos diferentes: los aceites y las grasas.

Las propiedades de un aceite lubricante varían según el petróleo crudo del que se deriva, los procedimientos de refinación utilizados en su manufactura, el grado de refinación, la fracción particular del petróleo crudo de la cual se obtiene y los aditivos que contiene.

Es por esto que casi cualquier aceite puede aplicarse a un cojinete. Sin embargo, sólo determinados lubricantes proveen una lubricación adecuada. Por esto, es importante elegir un lubricante cuyas cualidades satisfagan las condiciones de operación.

La capacidad de un aceite para cumplir con sus requisitos de lubricación, depende de ciertas propiedades físicas o químicas del mismo. Entre estas propiedades podemos encontrar: viscosidad, índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, resistencia a la oxidación.

Todo tipo de aceite puede ser mejorado por medio de aditivos, dándoles nuevas propiedades tales como mejorar el índice de viscosidad, depresores del punto de congelación, inhibidores de la oxidación, agentes antiespumantes, inhibidores de herrumbre y corrosión, detergentes dispersantes, soportadores de extrema presión, agentes antidesgaste y agentes adhesivos.

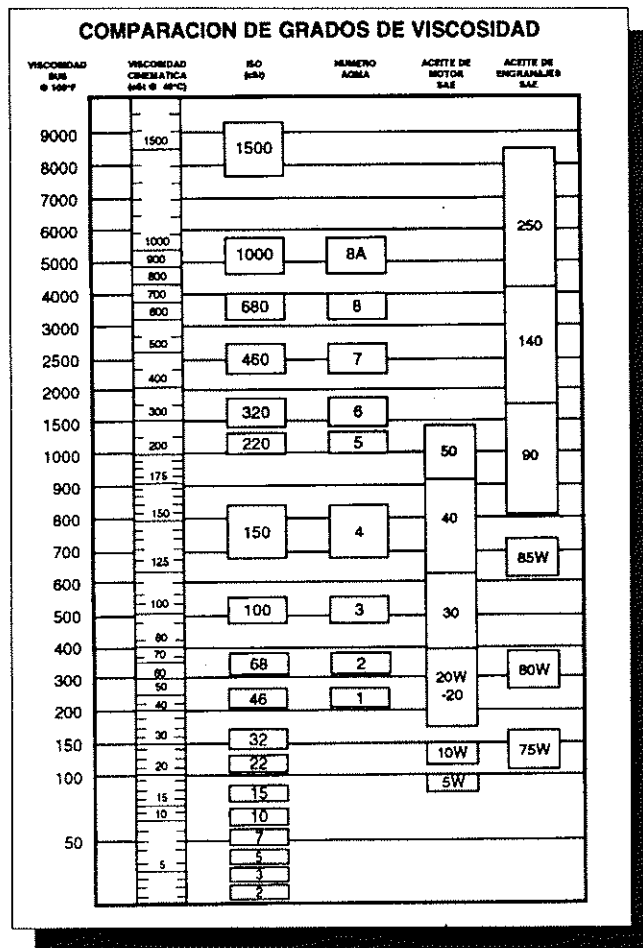


Tabla 1.1 Comparación de grados de viscosidad.

En el manejo de lubricantes con aceite, se debe de tomar en cuenta la contaminación (polvo, agua, solventes), el método de aplicación (manual o por dispositivos) y el lugar de aplicación (en la maquinaria lugar de más baja presión), que nos pueden dar un mejor rendimiento en el uso de aceites en lubricación.

Los aceites se clasifican según su viscosidad a temperaturas estipuladas; para esto, existen diferentes escalas de viscosidad como lo son ISO para aceites industriales, AGMA para engranajes industriales, SAE para aceites de motor y engranajes automotrices.

1.3. LUBRICACIÓN CON GRASA

La mayoría de las grasas consisten en aceites minerales de petróleo, espesados con jabón que les da una consistencia plástica. Se clasifican según su grado de dureza o consistencia (método NLGI) y por el tipo de jabón.

CLASIFICACIÓN NLGI PARA LAS GRASAS	
No. NLGI	Penetración ASTM Trabajada a 77°F
000	445 - 475
00	400 - 430
0	355 - 385
1	310 - 340
2	265 - 295
3	220 - 250
4	175 - 205
5	130 - 160
6	085 - 115

Tabla 1.2 Clasificación NLGI para las grasas.

La grasa común es producida con un jabón de calcio (grasa con base de cal) o de sodio (grasa con base de soda). Algunas grasas son de base mixta, incorporando a la vez jabones de calcio y de sodio u otras combinaciones de jabones. También se elaboran grasas con jabón de litio. Las grasas con base de calcio constituyen buenos lubricantes de uso general. Son insolubles en el agua, pero sólo se pueden utilizar a temperaturas moderadas. La mayoría de las grasas con base de calcio contiene una pequeña cantidad de agua, que actúa como conglomerante entre el aceite y el jabón. Si esta grasa es sometida a una temperatura próxima al punto de ebullición del agua, este líquido se evapora,

disgregándose en consecuencia la estructura del jabón. Por lo tanto, las grasas comunes con base de calcio no deben alcanzar temperaturas superiores a los 82°C; la mayoría de las grasas con base de calcio son de consistencia blanda.

Las grasas con base de soda son hidrosolubles; su uso no queda limitado a las temperaturas bajas. Tal es así, que algunas grasas con base de sodio pueden ser utilizadas a temperaturas bastante superiores a los 150°C. Es posible elaborar grasas con base de sodio de consistencia uniforme, aunque muchas presentan un aspecto fibroso.

Las grasas con base mixta o de base de sodio y calcio exhiben generalmente algunas de las propiedades de ambos tipos individuales. Pueden presentar una buena resistencia a la acción del agua y un comportamiento moderadamente bueno a altas temperaturas, hasta los 100°C o posiblemente hasta los 120°C.

Actualmente se producen grasas de uso múltiple con base de litio. Tienen una buena resistencia al agua y se pueden utilizar a temperaturas relativamente elevadas (hasta 150°C). Por lo general, son más caras que las grasas con base de sodio o de calcio.

La consistencia de las grasas varía desde productos semi- fluidos, poco más espesos que un aceite viscoso a tipos sólidos casi tan duros como la madera blanca.

La consistencia de una grasa no es un factor uniforme, varía a medida que es sometida a fricción interna similar a la que se produce en un cojinete, con lo que generalmente se ablanda.

En el laboratorio puede simularse este efecto mecánico haciendo subir y bajar una plancha perforada en el interior de un recipiente cerrado que

contiene a la grasa. La consistencia determinada, luego de esta elaboración, es conocida como la penetración trabajada, mientras que la consistencia de la grasa, tal como se presenta envasada de fábrica, constituye la penetración sin trabajar.

Al calentarse, la grasa se ablanda y la temperatura a la cual fluye la primera gota de una muestra de grasa (es una prueba patrón) es su punto de goteo. El punto de goteo constituye una indicación parcial de las características de una grasa a altas temperaturas. Por sí sola no puede ser considerada como una indicación de la temperatura máxima de trabajo de una grasa, pues algunas grasas pueden oxidarse o sufrir una descomposición química a temperaturas inferiores a sus puntos de goteo.

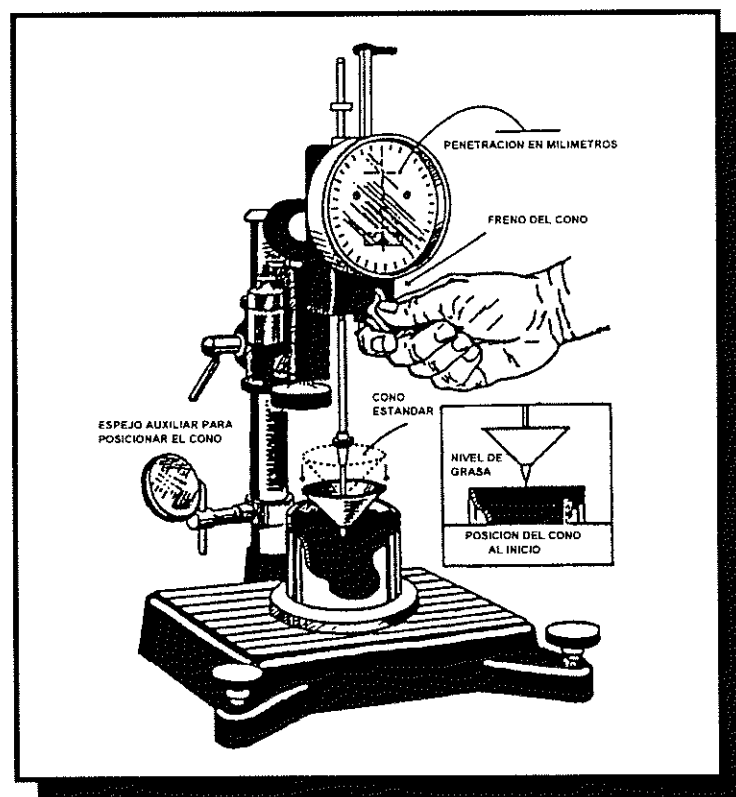


Figura 1.4 Prueba de penetración para una grasa.

1.4. COMPARACIÓN ENTRE UNA GRASA Y UN ACEITE

La comparación que se da entre una grasa y un aceite se puede presentar de una forma concisa y clara mediante la siguiente tabla:

GRASA contra ACEITE	
La grasa	El aceite
Dura más	Menos fricción interna
Gotea menos	Mejor a altas velocidades
Sella mejor	Mejor en tolerancias estrictas
Protege contra polvo, agua, etc.	Remueve calor

Tabla 1.3 Grasa contra aceite.

La Grasa así como el Aceite cuando tienen contacto directo con la piel causa irritaciones y si éstas se prolongan por mucho tiempo tienden a causar enfermedades cancerígenas.

Capítulo 2

2. LUBRICACIÓN DE UNA CHUMACERA

Los cojinetes o chumaceras simples, a diferencia de los tipos antifricción (cojinetes de bolillas y de rodillos), son aquéllos en los cuales una superficie se desplaza, apoyada en otra superficie, realizando un movimiento deslizante. Existen tres tipos de cojinetes simples: bujes, cojinetes de guía y cojinetes de empuje.

Bujes: en los cuales una de las superficies es cilíndrica y gira dentro de una cubierta de forma concordante. La carga aplicada al cojinete actúa en ángulo recto, respecto a la dirección longitudinal del eje rotatorio. Un buen ejemplo es un cojinete de bancada en un motor de automóvil.

Cojinetes de guía: el movimiento se realiza generalmente en línea recta, efectuando una de las superficies un movimiento alternativo respecto de la otra. Un cojinete de guía puede o no sostener una carga. Las camisas de los cilindros de un motor constituyen cojinetes de guía para los aros de pistón.

Cojinetes de empuje: el movimiento es rotatorio, pero la carga actúa según la dirección longitudinal del eje rotatorio. En el ventilador de un automóvil, se emplea un cojinete de empuje, que resiste la tracción rotatoria del ventilador.

En cada uno de estos tres tipos, el cojinete debe cumplir ciertos requisitos:

- a. Sostener las cargas de apoyo.
- b. Ser resistente al desgaste y a las deformaciones.
- c. Reducir la fricción.
- d. Alojarse un lubricante.

La importancia relativa de estos requisitos varía de uno a otro cojinete, y existen numerosos tipos para satisfacer condiciones particulares.

En lo que respecta a la lubricación de chumaceras, se sabe que el principio hidrodinámico es correctamente aplicable a la lubricación de las mismas. Aquí la carga es radial y debe dejarse un pequeño espacio entre el muñón y sus cojinetes para permitir la formación de una película en forma de cuña.

Supongamos, por ejemplo, que un muñón soporta su cojinete, como en el caso de un carro de ferrocarril de los que tienen cojinetes simples. El muñón es una extensión del eje y por medio del cojinete soporta su porción de carga representada por el carro.

Toda la fuerza ejercida por el cojinete contra el muñón, es aplicada en la parte superior de éste. Ninguna fuerza es aplicada a la parte inferior. Cuando el carro está detenido, la película de aceite entre el cojinete y la parte superior del muñón ha sido desplazada hacia afuera dejando una fina capa adherida que no es suficientemente resistente para evitar algún contacto de metal a metal.

Como en el caso del bloque deslizante, la carencia de una película lubricante adecuada produce una alta fricción inicial. Tan pronto el muñón empieza a rotar, el aceite se introduce en el cojinete por la parte inferior de éste donde la ausencia de carga favorece una mayor separación. Algo del aceite se adhiere al muñón y es llevado dando la vuelta hasta la parte superior, arrastrando cantidades adicionales de aceite con él.

De esta forma, el aceite es bombeado hacia el estrecho espacio en lo alto del muñón, donde se necesita. El consecuente flujo de aceite de un área de baja presión, através de un canal convergente hacia un área de alta

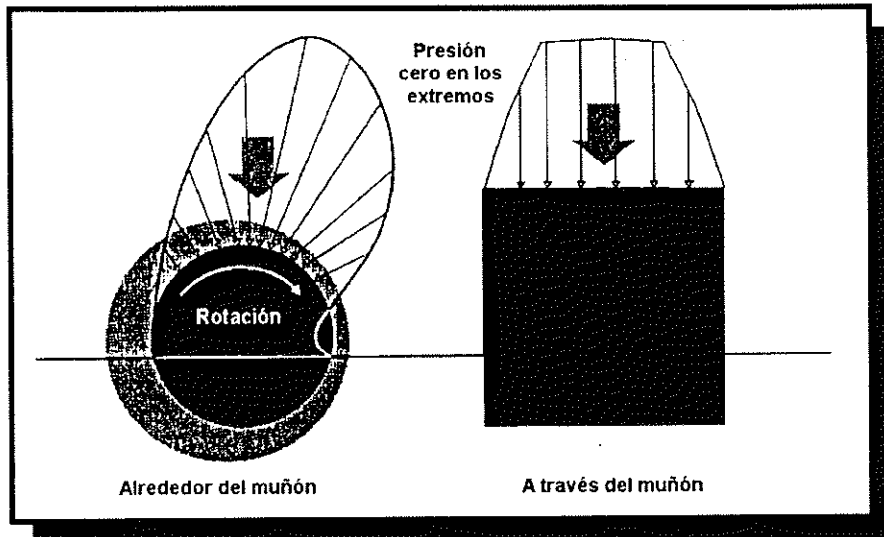


Figura 2.1 Cuña fluida separadora.

presión produce una cuña fluida que separa el cojinete de la parte superior del muñón eliminando el contacto de metal a metal.

Cuando se logra un estado de equilibrio, la magnitud del flujo de entrada desplaza el cojinete hacia un lado, mientras la carga sobre el cojinete reduce el grosor de la película en la parte superior. La situación es análoga a la del cojinete de empuje de zapatas oscilantes. En uno y otro caso, el canal en forma de cuña, esencial para la lubricación hidrodinámica, se logra automáticamente.

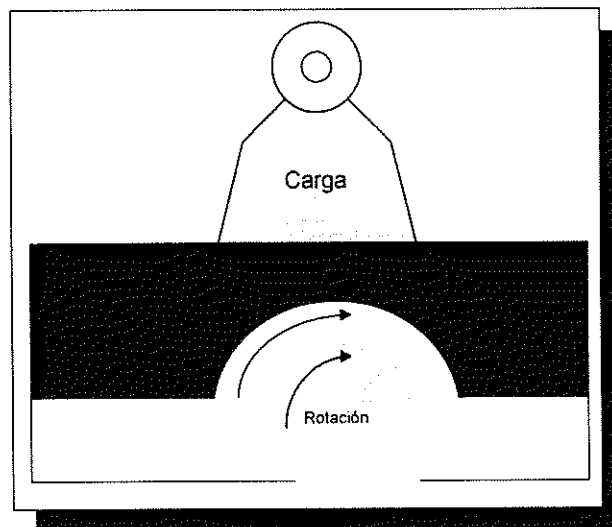


Figura 2.2 Distribución del aceite con carga.

Si la carga fuera invertida, el cojinete que soporta el muñón, como sucede en la mayoría de los casos, la posición relativa del muñón debería invertirse. La región de baja presión estaría en la parte superior del muñón y la película protectora estaría en la parte inferior.

2.1. EFECTOS A CONSIDERAR EN LA LUBRICACIÓN

2.1.1 EFECTO DE FRICCIÓN

Casi todos los mecanismos involucran el deslizamiento de una parte contra otra. En este caso, la fricción es indeseable. Se requiere trabajo para vencer esta fricción y la energía así gastada supone una pérdida de potencia y eficiencia.

Cada vez que se vence la fricción, la dislocación de las partículas de la superficie genera calor y las temperaturas excesivas desarrolladas en esta forma pueden fácilmente ser destructivas. El calor friccional es el que enciende un fósforo y el que deteriora los cojinetes de un motor.

Además, donde hay fricción sólida, ocurre desgaste: una pérdida de material debido a la cortante acción de las asperezas opuestas y al rompimiento de las minúsculas superficies soldadas. En casos extremos, por otra parte, la soldadura puede a su vez causar el aferramiento de las partes móviles. Así como en un anillo de un pistón, un diente de engranaje o en una chumacera los efectos de fricción son altamente perjudiciales, a tal extremo que pueden parar el mecanismo.

2.1.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA

La viscosidad de un líquido no es constante, pues varía con la temperatura. A medida que un aceite se calienta, se vuelve más delgado. Contrariamente, un aceite se vuelve más espeso a baja temperatura y por lo tanto no fluirá tan rápidamente. Por eso, cuando uno se refiere al valor numérico de la viscosidad de un fluido, este número no significa nada a menos que se indique la temperatura a que se determinó la viscosidad.

Pueden generarse temperaturas elevadas dentro del cojinete mismo, invariablemente como resultado de la fricción debido a factores tales como cojinetes demasiado apretados, ejes desalineados, vibraciones excesivas, sobrecargas, bajas velocidades y suciedad.

Un aceite puede ser utilizado no sólo como lubricante, sino también como sistema de refrigeración por un sistema de lubricación intermitente. Si utilizamos una grasa como lubricante, se debe considerar su base para que resista altas temperaturas.

2.1.3 EFECTO DE LA VISCOSIDAD

A medida que el bloque se levanta de la superficie de deslizamiento, se va acumulando más aceite debajo de él hasta que la película de aceite alcanza un espesor equilibrado. En este punto, el aceite que está debajo del bloque es expulsado por la presión del peso de éste, tan rápidamente como entra. Nuevamente es la viscosidad del aceite la que evita la pérdida excesiva causada por la acción aplastante del peso del bloque.

Con las dos superficies completamente separadas, se ha establecido una completa película del lubricante y la fricción ha sido disminuida a un mínimo valor.

Debe elegirse el producto más liviano, que sea capaz de evitar el desgaste. Cuando se emplea una grasa, conviene utilizar un producto cuyo aceite base tenga la misma viscosidad que la que deberá tener un aceite utilizado como único lubricante bajo las mismas circunstancias. Los productos de mayor viscosidad sirven para las velocidades reducidas o las cargas o temperaturas altas. Cuando se utiliza un lubricante de la viscosidad correcta, se obtiene una reducción de las pérdidas por fricción, asegura las temperaturas normales de operación y facilita la puesta en marcha en días fríos.

2.1.4 EFECTO DE LA CARGA

Si un cojinete es sometido a una carga aproximadamente igual a la resistencia de la película del lubricante, la carga tenderá a sobrepasar la presión acumulada en la película que yace debajo del eje y a empujar el eje hacia abajo, atenuando el espesor de la película. En estas condiciones, los metales pueden llegar a tocarse. Si la carga sigue aumentando, la película lubricante puede ser totalmente desplazada o disgregada; los metales entrarán entonces en contacto directo entre sí, con el consiguiente desgaste del cojinete y la generación de calor. En estos casos, debe recurrirse a un lubricante más pesado o con mayor capacidad de soporte de carga.

2.1.5 EFECTO DE LA VELOCIDAD

Cuanto mayor es la velocidad del eje, tanto mayor es el efecto de bombeo que hace que el lubricante se interponga entre las superficies en movimiento y en el mismo grado aumenta la presión interna de la película de aceite. Esto significa que puede utilizarse un aceite de menor viscosidad, sin correr el peligro de que se rompa la película. Al mismo tiempo, el roce que se origina en el seno del lubricante se halla en proporción directa a la velocidad del cojinete; es decir, que aumenta la fricción al aumentar la velocidad. Esta característica también indica la conveniencia de recurrir a un lubricante de baja viscosidad para las altas velocidades. Conviene hacer notar que lo que interesa aquí es la velocidad en la superficie del cojinete y no la velocidad de rotación.

En un cojinete de baja velocidad, no conviene utilizar un aceite liviano, pues éste no formará una película ininterrumpida. Para estos cojinetes, debe recurrirse a los aceites más pesados o a los aceites que tienen una capacidad excepcional de soporte de carga.

Para los cojinetes lubricados con grasa, se recomienda, en general, emplear una grasa elaborada con un aceite de baja viscosidad en las aplicaciones de alta velocidad y utilizar una grasa que contenga un aceite de alta viscosidad cuando las velocidades son reducidas.

2.2. FACTORES QUE AFECTAN A LAS CHUMACERAS CAÑERAS

Uno de los efectos que más afectan a las chumaceras cañeras es la contaminación con materiales sólidos tales como caña, bagazo, bagacillo o guarapo, arena. Es difícil mantener el lubricante limpio en la chumacera, aunque el lubricante es trasladado por una bomba neumática y en tuberías cerradas; aún en el ambiente encontramos contaminación mezclándose con el lubricante y afectándonos el sistema. Generalmente, el aceite puro o grasa no se mezcla con el agua, pero las pequeñas partículas actúan a veces como promovedores del emulsionamiento, que da como resultado la formación de cieno.

Las chumaceras de los molinos de caña del Ingenio La Unión están protegidas de la contaminación mediante láminas soldadas en los extremos y superficie, puesto que se emplea lubricación de un solo paso. Cuando se utilizó grasa como lubricante, ésta se vio afectada por su fácil adherencia a partículas sólidas, que dio como resultado un taponamiento en la ranura de lubricación.

Otro de los contaminantes son las partículas metálicas provenientes del desgaste de piezas y la arena de fundición que ha quedado en las piezas nuevas; por eso debemos tener un cambio de aceite o grasa según el plan regular de mantenimiento para evitar la oxidación del aceite o la grasa.

Se suelen practicar ranuras en el metal del cojinete para facilitar la distribución del lubricante. Este sistema era más frecuente en los cojinetes antiguos; hoy se emplea muy poco, salvo en los cojinetes grandes que trabajan a baja velocidad, en los que sufren frecuentes

arranques y detenciones de la marcha y cuando es difícil obtener una buena distribución del lubricante.

Si no se practican correctamente, los inconvenientes originados por las ranuras pueden contrarrestar sus ventajas:

- a. El ranurado excesivo puede reducir seriamente la superficie de apoyo del cojinete.
- b. Si se hallan en la zona de alta presión, las ranuras pueden originar una sobrecarga en las demás zonas.
- c. Las ranuras de bordes afilados pueden desplazar la película lubricante del cojinete.
- d. Las ranuras que se entienden al borde del cojinete pueden causar la salida del lubricante del cojinete.

Las ranuras deben ser poco profundas y tener bordes redondeados. Deben hallarse ubicadas en zonas de baja presión, generalmente por delante de la zona de alta presión. No deben llegar cerca de los bordes del cojinete.

Las ranuras anchas, ubicadas en la zona de baja presión, pueden retener a veces un volumen suficiente de aceite para facilitar la disipación del calor generado en el cojinete.

En los cojinetes largos, que tienen dos o más puntos de aplicación del lubricante, las ranuras bien practicadas aseguran una mejor distribución del lubricante.

El ranurado no es deseable cuando se utiliza un flujo positivo de aceite. En los sistemas de lubricación a presión, donde el aceite es aplicado con una presión positiva, las ranuras son generalmente inconvenientes, pero

con una aplicación intermitente o a intervalos espaciados, las ranuras pueden servir como depósito del lubricante.

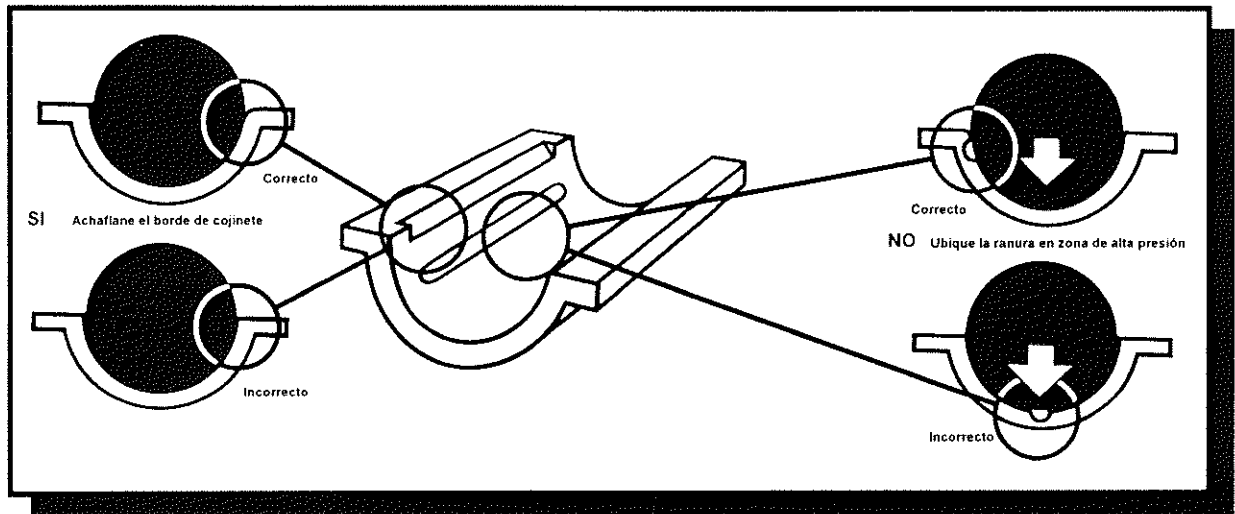


Figura 2.3 Ranura de lubricación en una chumacera.

En resumen, los factores que afectan la lubricación de chumaceras de molinos son:

- ▶ Temperaturas de operación elevadas
- ▶ Altas cargas/unidad del área; las cargas no son estables, sino fluctuantes.
- ▶ Velocidades de operación lenta.
- ▶ Altas vibraciones y cargas de choque o impacto; frecuentes paradas y arranques.
- ▶ Contaminación excesiva: agua, guarapo, sólidos abrasivos.

Capítulo 3

3. SISTEMA DE LUBRICACIÓN EN LOS MOLINOS AZUCAREROS DEL INGENIO LA UNIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN

El sistema de lubricación que se utiliza en los molinos azucareros del Ingenio La Unión es el Sistema Dual Farval.

El sistema Dual Farval es un sistema de línea dual paralela. Consiste de una bomba, válvulas de deslizamiento de cuatro vías, dos líneas principales de aprovisionamiento, válvulas medidoras y accesorios.

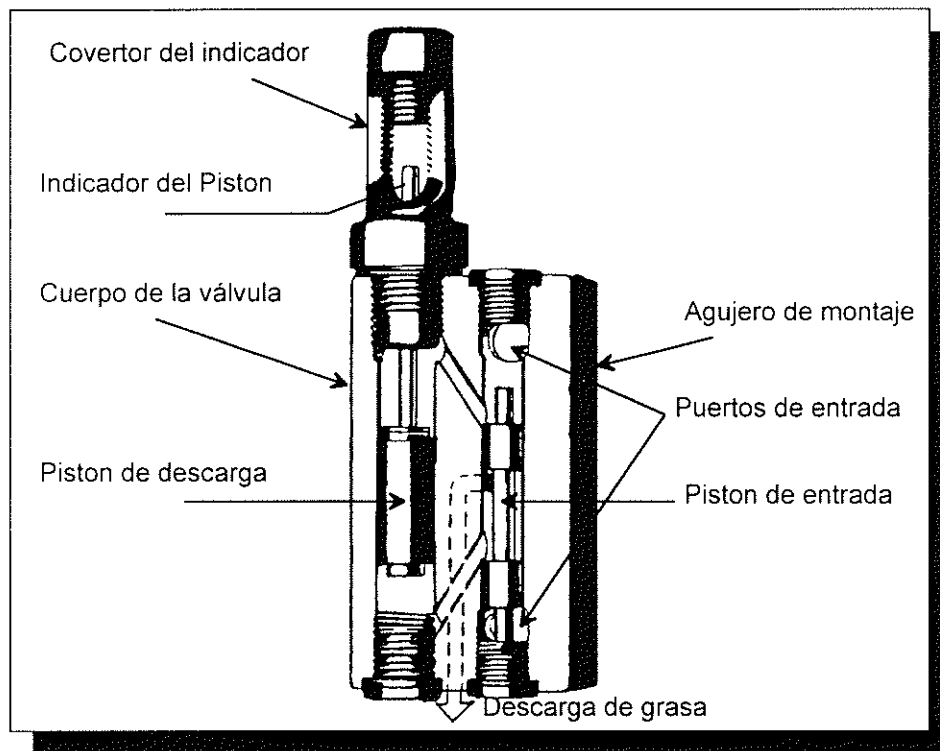


Figura 3.1: Válvula de descarga

La Figura 3.1 representa una vista recortada de una válvula dual medidora, ésta es aquella parte que dispensa una cantidad medida de

lubricante a un punto de lubricación. Las partes componentes de una válvula dual medidora son el cuerpo de la válvula, un pistón de admisión, un pistón de descarga, un indicador y un prensaestopa.

3.2. PARTES DEL SISTEMA

Válvula de medición: el cuerpo de la válvula es un bloque de hierro que sirve de contenedor para las líneas conectoras, pasajes, diámetros interiores, obturador de cierre y agujeros de montaje. El pasaje de descarga y las líneas conectoras pueden ser adaptadas para conexiones a base de tuberías (Válvulas Medidoras, Serie 1) o roscados para acomodar tubos (Válvulas Medidoras, Serie 2). Consta de dos pasajes diagonales, uno arriba y otro abajo, los cuales conectan la admisión y diámetros interiores de descarga en donde el lubricante de entrada se divide entre los diámetros interiores por medio de los mismos.

Los diámetros interiores son cilindros que contienen pistones: los pistones distribuyen o bombean el lubricante. La superficie entre estrías (lóbulos) en el pistón de admisión distribuyen el flujo del lubricante y el pistón de descarga bombea el lubricante.

El movimiento del pistón de admisión es limitado por el obturador de cierre al final del diámetro interior del pistón de admisión; el movimiento del pistón en la descarga de admisión es limitado por un obturador de cierre en una punta y un prensaestopa en la otra.

Los obturadores de cierre pueden ser removidos para inspeccionar el cilindro y el pistón, pero para el montaje de la válvula medidora al equipo, son utilizados los agujeros de montaje.

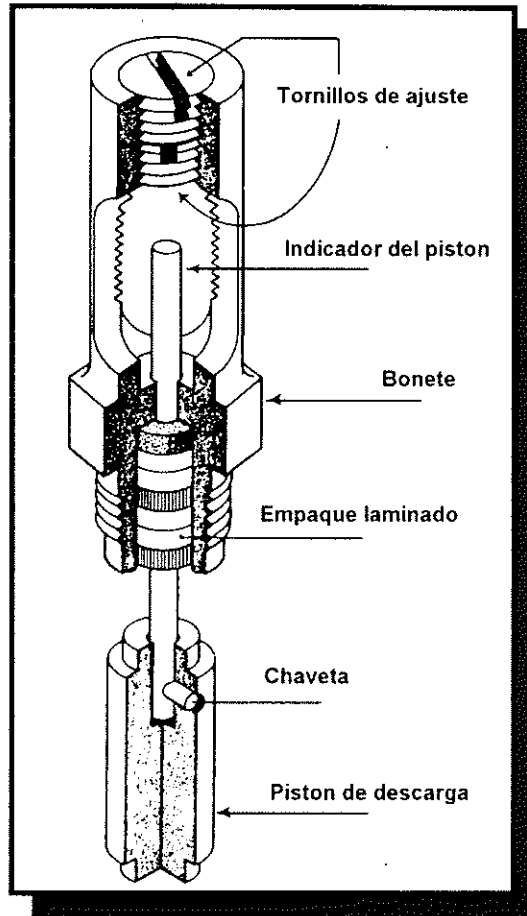


Figura 3.2 Vista recortada de la Prensaestopa.

La Figura 3.2 es una vista recortada del ensamblaje de la prensaestopa. Las partes componentes del ensamblaje de la prensaestopa son una cubierta, dos tornillos de ajuste, un indicador y un empaque laminado. La cubierta es la porción superior de la prensaestopa; está estriada en dos lados y sirve como visor del movimiento del indicador; tiene dos tornillos de ajuste enroscados: El tornillo de ajuste inferior controla el recorrido del pistón de descarga, el tornillo de ajuste superior actúa como un tornillo de seguridad para sostener el tornillo de ajuste inferior en posición.

Por otro lado, un indicador es utilizado para demostrar que la válvula medidora ha operado. La porción inferior de la varilla indicadora está conectada al pistón de descarga por medio de un pasador cruzado; su parte superior final es visible a través de la porción estriada de la cubierta. El empaque laminado está en la porción inferior de la prensaestopa, por lo cual la varilla indicadora recorre a través del diámetro interior del empaque, que sirve de guía de movimiento de la misma. Este empaque también ayuda a prevenir que la suciedad se introduzca en la válvula.

La válvula medidora tiene estampadas dos letras y dos números. Las letras DM que aparecen en cada válvula significan: válvula de medición dual. Los números que le siguen a las letras se refieren al tamaño de las válvulas.

La Figura 3.3, nos demuestra la localización de las letras y números en las válvulas medidoras. El primer dígito del tamaño se refiere a la capacidad de salida, medida en onzas, por carrera del pistón de descarga.

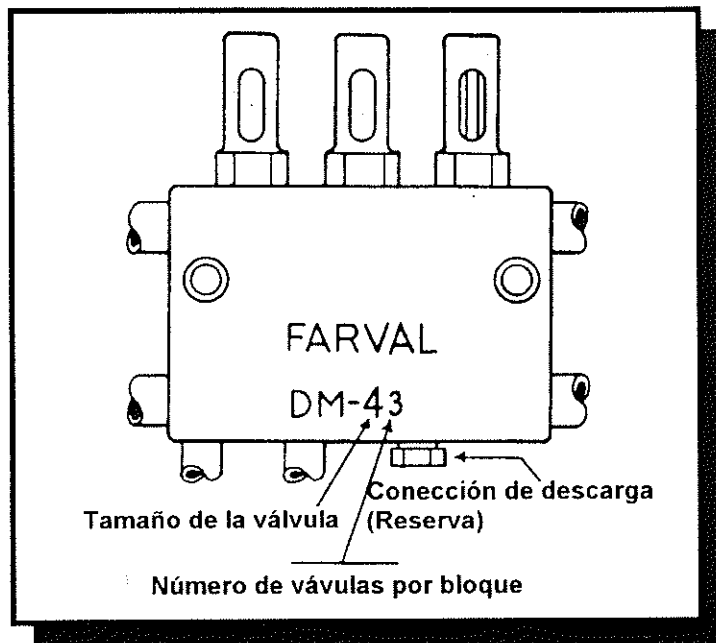


Figura 3.3 Caja distribuidora de flujos

Mostrando la salida de las válvulas duales por carrera del pistón de descarga, una carrera es el movimiento completo en una misma dirección, hacia arriba o hacia abajo, del pistón de descarga. La capacidad de salida por ciclo del pistón de descarga será dos veces la carrera, ya que un ciclo es el movimiento completo hacia arriba o hacia abajo del pistón. En otras palabras, la válvula medidora DM-41, ajustada para su mejor rendimiento, descargará .075 onzas de lubricante al final del movimiento hacia abajo (carrera) del pistón de descarga, y descargará otros .075 onzas de lubricante al final del movimiento hacia arriba (carrera) del pistón de descarga. Entonces, el total de la capacidad de salida de una válvula medidora DM-41 ajustada para su mayor rendimiento será de .150 onzas por ciclo de descarga del pistón. El mayor rendimiento de una válvula medidora dual es obtenido cuando el largo del pistón de descarga es mayor (el

tornillo ajustador está al tope de la cubierta); el menor rendimiento se obtiene cuando el recorrido del largo del pistón de descarga es menor (el tornillo ajustador está cerca del fondo de la cubierta).

El segundo dígito del tamaño se refiere al número de las válvulas medidoras en la caja de distribución. Los tamaños DM-30, DM-40 y DM-50 son cajas de 1, 2, 3 o 4 válvulas medidoras.

El tamaño DM-60 son cajas de 1 y 2 válvulas medidoras; DM-62 puede estar internamente cruzado para permitir la salida del lubricante a través de una boquilla de salida. La válvula de medición DM-62, Serie 1 se transforma en DM-62 Serie 3 (tubo de ajuste) y el DM-62, Serie 2 en un DM-62, Serie 4 (rosca de tubería) cuando están cruzados; esto es realizado por el fabricante. Cada válvula de medición en una caja tiene una boquilla de descarga que no necesita estar conectada a un punto de lubricación. Una boquilla de salida en una caja debe estar conectada y la válvula de medición conectada utilizada únicamente como reserva. Como por ejemplo, puede ser necesario lubricar un punto adicional después de que el sistema está instalado. El conector del repuesto es removido y la boquilla de descarga es conectada al punto adicional de lubricación. La válvula de medición de repuesto puede ser conectada al punto de lubricación; durante este proceso, una válvula de medición conectada a un punto de lubricación no funciona apropiadamente. Cada válvula de medición opera independientemente de todas las válvulas de medición en el sistema; entonces, conectar y/o la falta de operación de una válvula medidora en el sistema no afecta la operación de ninguna otra válvula medidora en el sistema.

El principio operacional de la válvula de medición dual Farval está basado en el movimiento del pistón por medio de la alternación de la presión hidráulica. La diferencia de presión entre las dos líneas de suministro hace que las válvulas descarguen una cantidad medida de lubricante al punto de lubricación. Las presiones de entrada del lubricante causan que el pistón de arranque recorra el largo de su diámetro. Estas acciones posicionan el pistón de arranque para que distribuya el lubricante de entrada por un pasaje diagonal dentro del diámetro del pistón de descarga. La presión del lubricante de entrada hace que el pistón de descarga recorra el largo de su diámetro, bombeando entonces la cantidad medida de lubricante a través de otro pasaje diagonal dentro del diámetro del pistón de arranque. En el diámetro del pistón de arranque, el lubricante es distribuido entre las superficies del pistón de arranque y dentro de la boquilla de descarga. El lubricante entonces es transmitido al punto de lubricación a través del entubado y la canalización. Durante este proceso de descarga, la varilla del indicador se mueve en la misma dirección que el pistón de descarga. El movimiento de la varilla del indicador en una dirección hacia arriba o hacia abajo, demuestra que la válvula descarga el lubricante por la línea que está bajo presión. Cuando la línea opuesta está presurizada y la válvula ha descargado lubricante al punto de lubricación, el indicador regresa a su posición original. El ciclo de lubricación no está completo hasta que las dos líneas de suministro han sido presurizadas.

Válvulas de deslizamiento de cuatro vías: una válvula de deslizamiento de cuatro vías sirve un propósito dual en el sistema. Direcciona el flujo del lubricante en una línea de suministro mientras descarga presión en

otra línea de suministro. En un sistema manual, la válvula de deslizamiento de cuatro vías está localizada en el compresor.

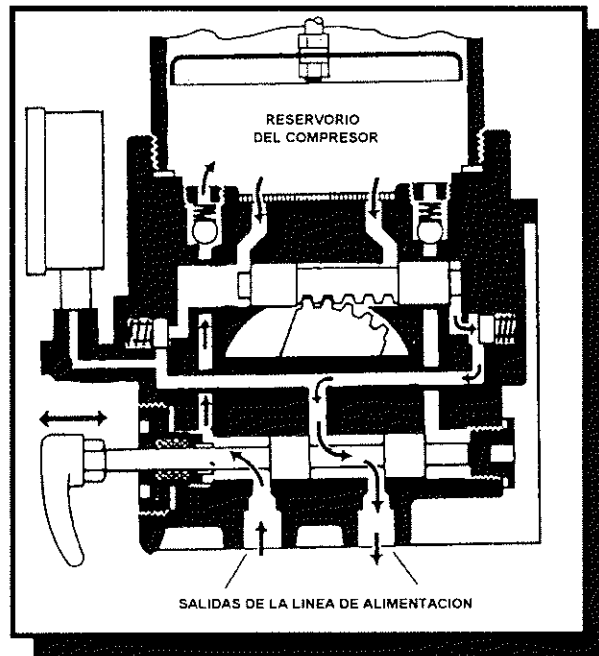


Figura 3.4 Vista de corte de un compresor

La Figura 3.4 es una vista recortada de la porción inferior de un compresor manual, que demuestra la válvula de deslizamiento y la posición de las boquillas dentro del compresor. Una válvula corrediza consiste de un pistón con un diámetro y una manivela. Cinco boquillas entran el diámetro del pistón: una conduce al compresor, dos conducen al reservorio del compresor (líneas de relieve) y dos son líneas conectoras de suministro. La boquilla a través de la cual el lubricante entra a la válvula de deslizamiento del compresor es un punto medio entre las dos líneas conectoras de suministro.

Las válvulas de desahogo que operan bajo una presión moderada para admitir lubricante en los reservorios están localizadas en las líneas de relieve cerca del reservorio. El pistón tiene dos superficies, ninguna de

las cuales puede cruzar o cubrir el canal del compresor debido a los obturadores de cierre al final del agujero. En cualquiera de sus dos posiciones extremas (delantera o trasera), la superficie del pistón conecta una de las dos líneas de suministro con el canal de descarga, la otra línea de suministro se conecta a la del canal de desahogo para así desahogar esta línea de presión.

El lubricante, bajo presión del compresor, entra al agujero entre las superficies del pistón de la válvula de deslizamiento y es dirigido a la línea de suministro ya conectada. La línea de suministro transmite el lubricante a las válvulas de medición, donde el lubricante es medido y descargado al punto de lubricación. Una pequeña cantidad de lubricante de la línea de desahogo, línea despresurizada, es dirigido a un canal de desahogo por la parte de afuera de la superficie del pistón. Turnar la válvula de deslizamiento por medio de la manivela reversa el desahogo y las líneas conectoras de suministro, presurizando así alternadamente cada una de las líneas de suministro y completando el ciclo de descarga de la válvula de medición.

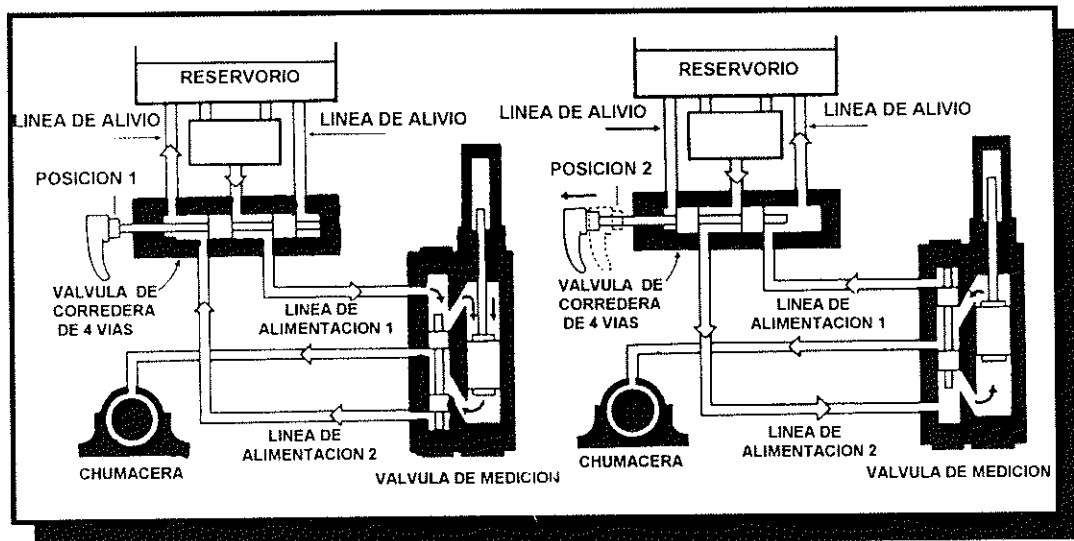


Figura 3.5 Posiciones para dirección del flujo

La Figura 3.5 es un dibujo esquemático que demuestra la forma en que una válvula de deslizamiento de cuatro vías y una válvula de medición operan. Las dos posiciones extremas de la válvula de deslizamiento del compresor, en relación a la toma, se demuestran. Flechas direccionales indican el patrón de flujo del lubricante. Con la válvula de deslizamiento de cuatro vías en la posición 1, la línea 1 de suministro se presuriza y la línea 2 de suministro se desahoga.

En un sistema manual, una presión de 1000 PSI es desarrollada en el compresor; esta presión se sostiene por un minuto para asegurar la operación de todas las válvulas de medición en el sistema. Cada válvula habrá completado una carrera y entonces descargado la mitad de su capacidad de salida. La válvula de deslizamiento se cambia a la posición 2 jalando hacia adelante la manivela; esto cambia la línea de suministro y desahoga las líneas de conexión. El proceso de desarrollo y mantenimiento de la presión se repite. Cuando todas las válvulas de medición están descargadas, el ciclo de lubricación estará completo. La válvula de deslizamiento es empujada de vuelta para liberar el sistema de toda presión, sistemas largos realizan estas funciones automáticamente. Una pequeña cantidad de lubricante entre la superficie del pistón de admisión y el final del agujero del pistón de admisión se despliega dentro de las líneas de desahogo cuando la línea está presurizada.

La salida de lubricante de la válvula de medición es determinada por 3 factores: tamaño de la válvula de medición, posición del tornillo ajustador en la cubierta y la frecuencia a la que se opera el sistema. El tamaño de la válvula de medición determina la cantidad máxima y

mínima de lubricante que la válvula puede descargar. El tamaño correcto de la válvula medidora para un punto de lubricación en particular se determina antes de la instalación del sistema.

La posición del tornillo ajustador en los límites del largo de la superficie de la carrera del pistón de descarga controla la salida del lubricante dentro de los límites de salida de la válvula. La frecuencia en que el sistema opera determina la cantidad total de lubricante que descarga la válvula durante un período de tiempo establecido. Al incrementar el número de veces que una válvula de medición opera durante un período establecido de tiempo, el tamaño de la válvula y la posición de sus tornillos ajustadores no necesita ser cambiada por cambios operacionales mínimos o máximos. Ningún cambio en el lubricante de salida debe ser hecho antes que un estudio de cambios operacionales sea realizado.

Sistemas: un sistema Dual Farval puede ser instalado como un sistema al final de la línea o un sistema de circuito cerrado. Un sistema al final de la línea, es en el cual las líneas de suministro están sin salida en la última válvula de medición del sistema y la válvula de deslizamiento está activada eléctricamente por medio de un solenoide. Este tipo de sistemas es usualmente instalado donde los puntos de lubricación están en la línea. El contador de encendido, las válvulas de control de presión, los solenoides, los interruptores límites, calibradores y micro interruptores son utilizados para controlar el sistema operacional. El sistema de circuito cerrado es en el que dos líneas principales de suministros forman un circuito. Este circuito es necesario para obtener presión de la línea de retorno; la presión de la línea de retorno opera la

válvula hidráulica automática de reverso al final de cada ciclo de lubricación. Este tipo de sistema es usualmente instalado cuando los puntos de lubricación están en un área relativamente cerrada. Los contadores de encendido, interruptores límites e interruptores de control son utilizados para controlar la operación del sistema. Ambos sistemas, el del final de la línea y el de circuito cerrado, emplean indicadores de advertencia visuales o auditivos para indicar problemas en el sistema. Líneas derivadas, controladas manual o automáticamente, pueden ser utilizadas en cualquiera de los sistemas para proveer lubricante a los puntos no frecuentemente lubricados. Las líneas derivadas son conectadas a las líneas centrales de abastecimiento; válvulas esféricas o compuestas controlan el flujo de la línea derivada.

Indicadores de Fallas: existe variedad de ayudas utilizadas en los indicadores de fallas del sistema Dual. El indicador de cada válvula de medición es una de estas ayudas. Todos los indicadores deben estar en una posición después de que la línea de abastecimiento ha sido presurizada, ya que la práctica de instalación usual es tener indicadores en una posición similar, arriba o abajo, al mismo tiempo. Entonces, cuando el indicador de una válvula de medición no se mueve cuando una línea de abastecimiento ha sido presurizada, es una indicación de problemas. El problema puede estar en la válvula de medición o en la línea que lleva al punto de lubricación. En cada caso, el punto de lubricación de la línea de abastecimiento debe ser desconectado y una bomba manual utilizada para lubricar el punto; aunque el sistema o equipo no necesita ser apagado por los problemas mencionados anteriormente. Más adelante, la línea que lleva al punto de lubricación

debe ser revisada en busca de un área triturada, puede estar bloqueada, sucia o tener aire en el lubricante. Otra posibilidad es que el problema esté en el indicador de la válvula de medición, algún material puede estar alojado entre la varilla indicadora y la cubierta; este material debe ser removido para liberar la varilla indicadora. Si es necesario revisar la condición de los pistones de la válvula de medición, los conectores de cierre deben ser removidos; los pistones deben ser posicionados dentro de las mismas válvulas de medición de las cuales fueron removidos; éstos y los agujeros son ajustados selectivamente y no son intercambiables.

Otras ayudas para indicar los problemas en el sistema son los indicadores de presión y los sistemas de señalización automáticos. Los indicadores de presión en un sistema manual pueden ser de ayuda en los indicadores de falla de muchas formas. Goteros en las líneas de abastecimiento puede hacer difícil o imposible crear la presión necesaria para operar el sistema (la operación del compresor con un reservorio vacío puede producir un efecto similar). La inhabilidad del compresor de crear presión es grabada en el indicador de presión; los sistemas de alarmas en sistemas automáticos mayores señalan este problema por medio de una luz de advertencia o una bocina. Si el problema está en un daño o fuga de la línea de abastecimiento, ésta debe ser reemplazada. Después de que la nueva línea sea instalada en el sistema, el sistema debe ser sangrada por cualquier aire atrapado. Este sangrado puede ser hecho en un sistema al final de la línea removiendo los conectores en las últimas válvulas medidoras del sistema y permitiendo al lubricante pasar por las líneas. Si el entubamiento es

utilizado al reemplazar, la tubería debe ser llenada de lubricante antes de su instalación en el sistema. El aire también puede estar atrapado en las líneas de abastecimiento debido a la falta de lubricante en el reservorio; este aire atrapado causa que el compresor pierda el cebado y produzca en ocasiones que se suspenda el flujo de lubricante a los puntos de lubricación. Una pequeña cantidad de aceite localizado en el reservorio asistirá a cebar el compresor y ayudará a sacar el aire del sistema.

Si en el evento, el lubricante está goteando en la válvula de medición, el problema puede ser ocasionado por un empaque gastado. Para corregir esta situación, hay que reemplazar el casquillo de la prensaestopa. El casquillo de la prensaestopa es un ensamble completo y debe ser utilizado como tal. El ensamble defectuoso debe ser destornillado de la válvula de medición cuando la varilla indicadora esté totalmente a la vista; si esto es hecho, el indicador puede ser sacado por el empaque más fácilmente utilizando un movimiento de torsión. A pesar de que un ajuste entre el indicador y el empaque es hecho, el agujero por medio del cual el indicador es introducido nunca debe ser mandrilado. La suciedad o material extraño que se presenta en una operación de extrema suciedad puede haber contribuido al desgaste del empaque. Reemplazos repetidos del mismo casquillo de la prensaestopa pueden ser reducidos si una cubierta plástica es utilizada. Un conector con un juego ajustador interno puede ser sustituido si la válvula de medición es operada bajo condiciones húmedas.

Capítulo 4

4. PRUEBA DE LUBRICACIÓN CON UNA GRASA GRADO (NLGI 0)

4.1. PROBLEMAS

El principal de los problemas con la lubricación en los molinos, es el contacto que tienen los ejes con la caña que da como resultado la adherencia de la misma al eje, y provoca, asimismo, una acumulación en la rendija de lubricación de la chumacera, lo cual da como resultado la carencia de una adecuada lubricación, y se produce el contacto metal metal, ocasionando que la chumacera sufra alto grado de desgaste y deformación. Las primeras pruebas realizadas con una grasa grado NLGI 0 fueron en la zafra 1990 - 1991. Para esta prueba, se utilizó un solvente para que cada vez que se lubricara la chumacera, el mismo lavara el eje dejándolo libre de impurezas para que cuando se lubricara nuevamente tuviera grasa totalmente limpia y sin haber tenido contacto con una grasa contaminada. El problema al utilizar un solvente fue que este tomaba mucho tiempo en disolver la grasa vieja y dejaba limpio o sin lubricación el eje provocando un contacto directo entre el eje y la chumacera.

Uno de los puntos que es de mucha importancia es que los molinos durante su proceso de molienda, tienden a recibir diferentes cantidades de caña, la carga varía en cada molienda. Es por este motivo que a los ejes y a las chumaceras se les aplican fuerzas de diferentes tamaños durante la zafra, lo que da como resultado que en algunas ocasiones la lubricación sea más forzada que en otras. Las velocidades de trabajo o

de molienda pueden variar también; esto es debido a que la caña tiende a tener diferencia de dureza en su estructura; esto implica que podemos encontrar caña suave o dura; cuando está en la etapa suave, la velocidad de molienda puede ser más rápida y como se mencionó en el capítulo 2, afecta la lubricación.

Durante la zafra se suscitan paros en la producción ya sea por mantenimiento o por accidentes, estas paradas hacen que el eje y la chumacera tengan un contacto directo y cuando se producen los arranques, estos causen un desgaste en la chumacera, puesto que la grasa ha sido escurrida.

Durante la producción los molinos azucareros tienden a vibrar continuamente, afectando la lubricación. Todos los problemas expuestos anteriormente son los que la grasa tiene que vencer.

4.2. FACTORES A CONSIDERAR

Entre los factores que debemos considerar, podemos encontrar los siguientes: un monitoreo diario de las temperaturas que tienen las diferentes chumaceras de todos los molinos, tanto del lado de corona (donde es transmitida la fuerza) como del lado de espiga (parte final del molino), ya que una alta temperatura nos revela que el eje y la chumacera están teniendo un contacto directo, lo cual significa que no existe lubricación.

Otro factor es la presión de bombeo que el sistema Farval está lubricando las chumaceras. Después de diferentes pruebas con presión, se determinó que la presión que vence los posibles taponamientos en

las rendijas de lubricación, así como la ideal de trabajo es de 500 psi en el sistema Farval de trabajo y en el de emergencia.

El último factor que debemos considerar y además el más importante es el tiempo en el cual el sistema Farval debe de lubricar las chumaceras y el tiempo que debemos dejarlas sin lubricar.

4.3. RANGOS DE TEMPERATURA

Las temperaturas fueron tomadas en los puntos críticos de rozamiento entre el eje y la chumacera, estos puntos fueron ubicados con base en el desgaste que muestran las chumaceras utilizadas en las zafras pasadas y con un termómetro Láser con un rango de -40°F a 150°F y con una sensibilidad de 0.8 digital calibrado en los Estados Unidos por 3M.

Tomandose lecturas diarias con un intervalo de una hora entre lectura y lectura, se promedió las temperaturas del día y se comparó con los días de zafra, los cuales se consideran como los mas críticos del proceso, que dio como resultado las siguientes gráficas:

Molino 1

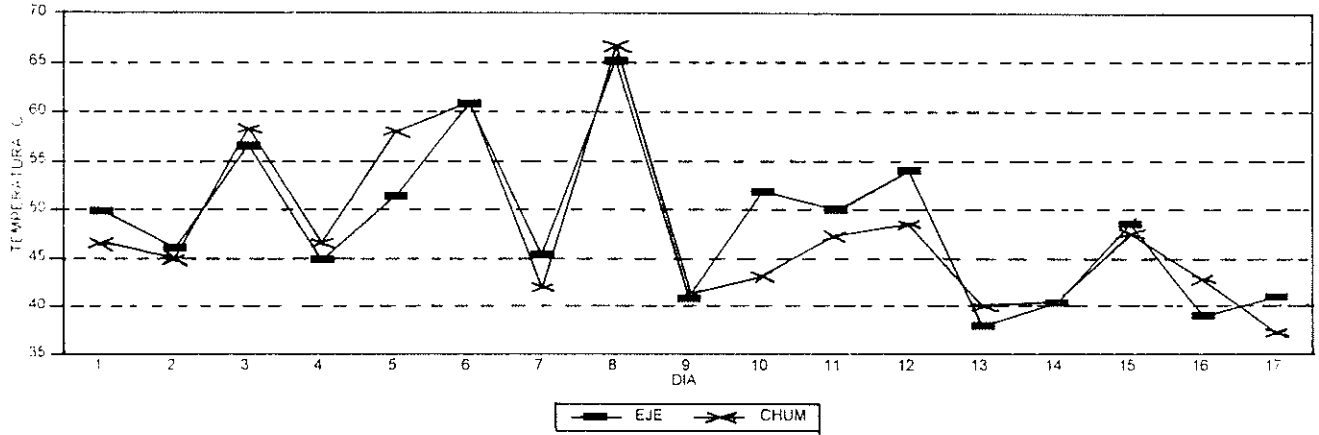
Lado Corona

molino 1	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado corona	eje	chu	eje	chu	eje		chu
PROMEDIO		49.83	46.50	80.33	73.00	40.00	40.00	1
PROMEDIO		46.00	45.00	58.60	52.40	41.40	41.20	2
PROMEDIO		56.50	58.33	76.83	66.83	46.67	44.33	3
PROMEDIO		44.83	46.50	49.50	45.33	38.67	40.83	4
PROMEDIO		51.33	58.00	66.00	47.50	42.17	41.50	5
PROMEDIO		60.83	61.00	46.67	38.67	38.17	41.50	6
PROMEDIO		45.33	42.00	40.33	37.00	39.83	38.83	7
PROMEDIO		65.17	66.67	57.67	50.50	42.83	44.00	8
PROMEDIO		40.83	41.33	44.67	40.17	41.83	39.83	9
PROMEDIO		51.83	43.17	54.33	43.17	44.67	44.67	10
PROMEDIO		50.00	47.33	47.00	39.50	44.83	42.17	11
PROMEDIO		54.00	48.50	40.83	37.00	37.50	35.50	12
PROMEDIO		38.00	40.00	59.00	45.50	38.67	39.50	13
PROMEDIO		40.33	40.33	44.50	38.00	38.17	38.83	14
PROMEDIO		48.50	47.50	47.33	41.83	40.00	40.50	15
PROMEDIO		39.00	42.83	49.50	41.17	42.67	43.17	16
PROMEDIO		41.00	37.33	44.83	40.67	43.00	41.17	17

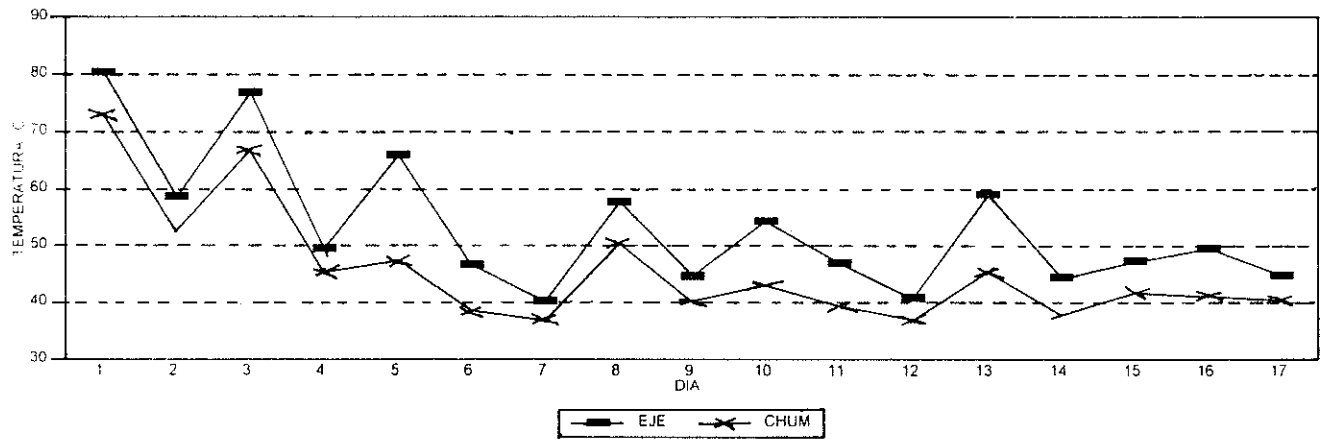
Molino 1

Lado Corona

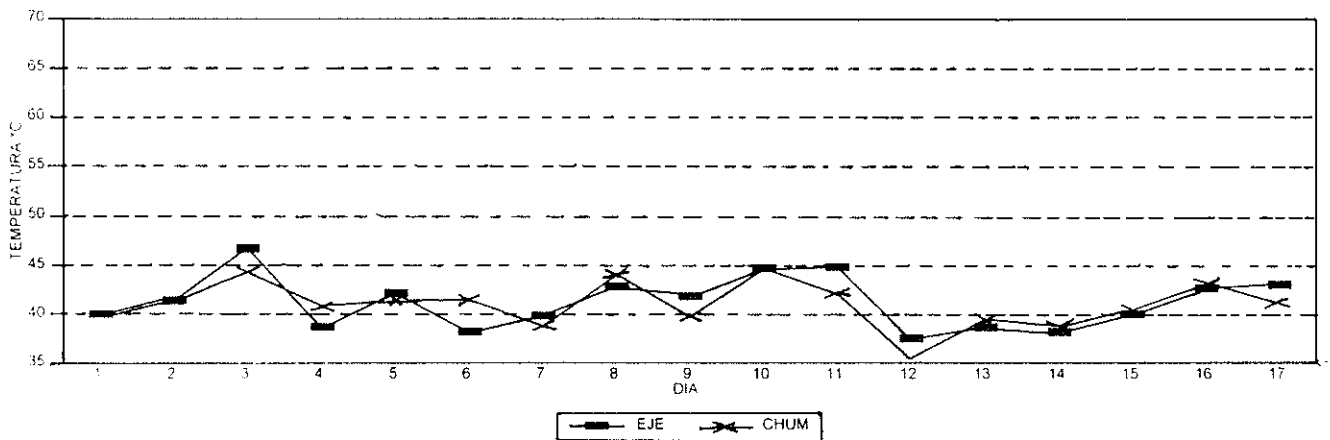
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 1

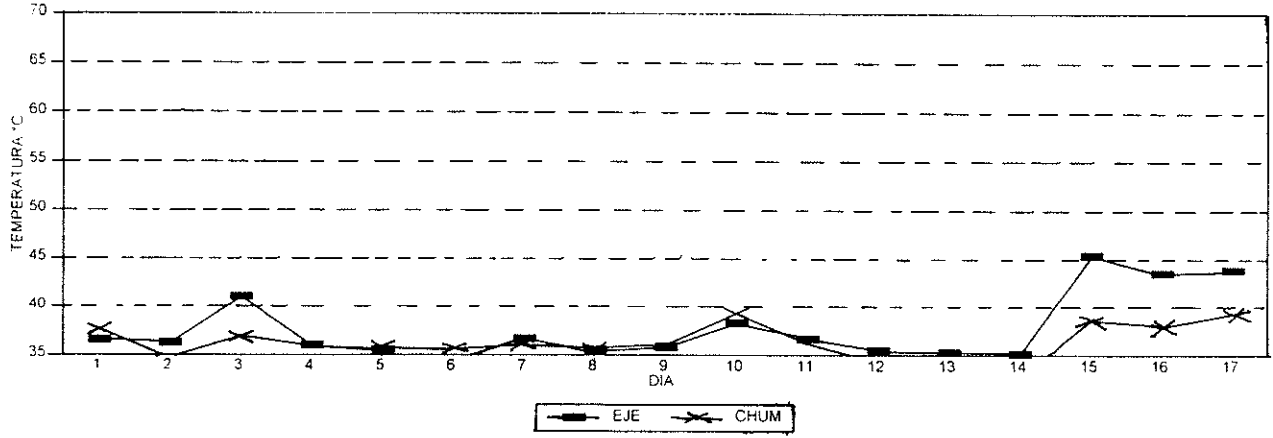
Lado Espiga

molino 1 lado espiga	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día
	eje	chu	eje	chu	eje	chu	
PROMEDIO	36.50	37.67	67.83	53.50	49.50	49.83	1
PROMEDIO	36.20	34.60	45.40	41.80	44.80	42.20	2
PROMEDIO	41.00	36.83	44.50	40.50	36.67	36.50	3
PROMEDIO	36.00	35.83	46.50	39.83	49.50	47.33	4
PROMEDIO	35.50	35.83	45.83	38.17	46.67	46.50	5
PROMEDIO	34.17	35.67	53.00	39.50	41.17	41.50	6
PROMEDIO	36.67	36.17	60.83	54.33	60.17	55.33	7
PROMEDIO	35.50	35.83	40.33	37.17	39.33	37.50	8
PROMEDIO	35.83	36.17	46.00	41.00	36.83	38.67	9
PROMEDIO	38.33	39.33	64.17	56.67	51.83	46.17	10
PROMEDIO	36.67	36.17	57.83	49.17	57.33	53.17	11
PROMEDIO	35.50	34.33	50.67	44.00	45.50	43.67	12
PROMEDIO	35.33	34.17	40.17	39.50	47.00	45.33	13
PROMEDIO	35.17	32.67	39.17	37.50	40.67	40.17	14
PROMEDIO	45.33	38.67	48.17	43.00	39.33	35.67	15
PROMEDIO	43.50	38.00	43.83	39.17	42.00	40.83	16
PROMEDIO	43.83	39.33	48.83	42.33	46.50	43.83	17

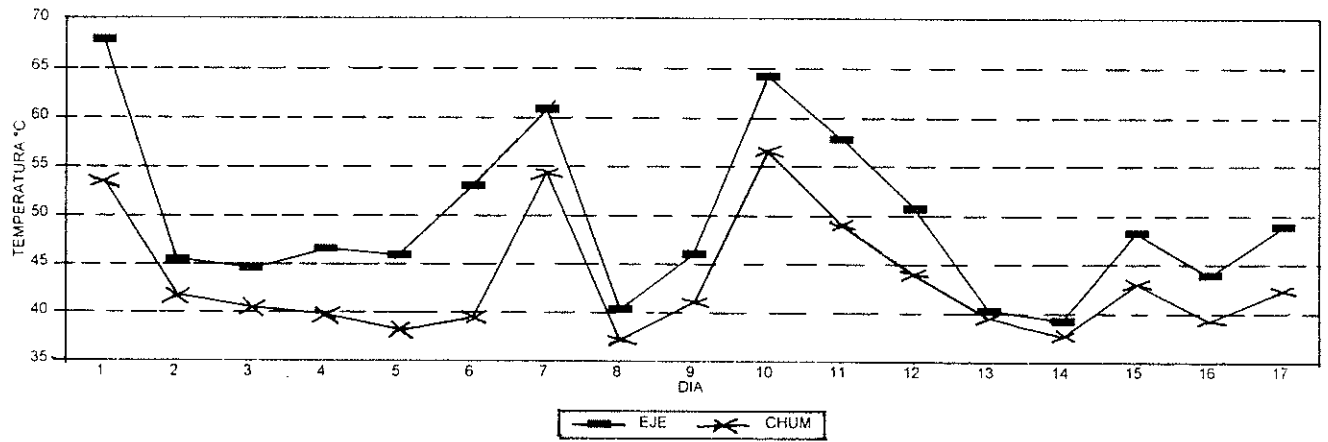
Molino 1

Lado Espiga

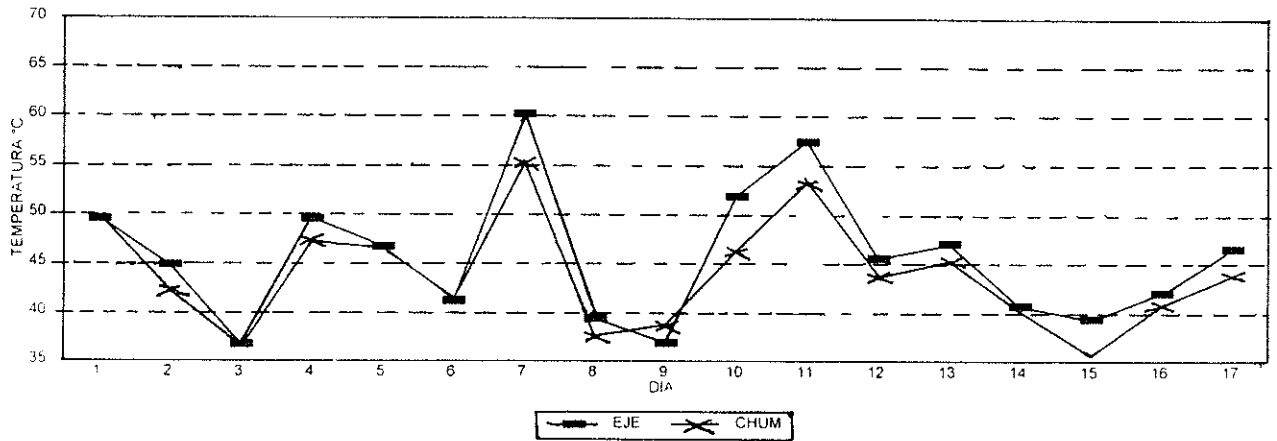
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 2

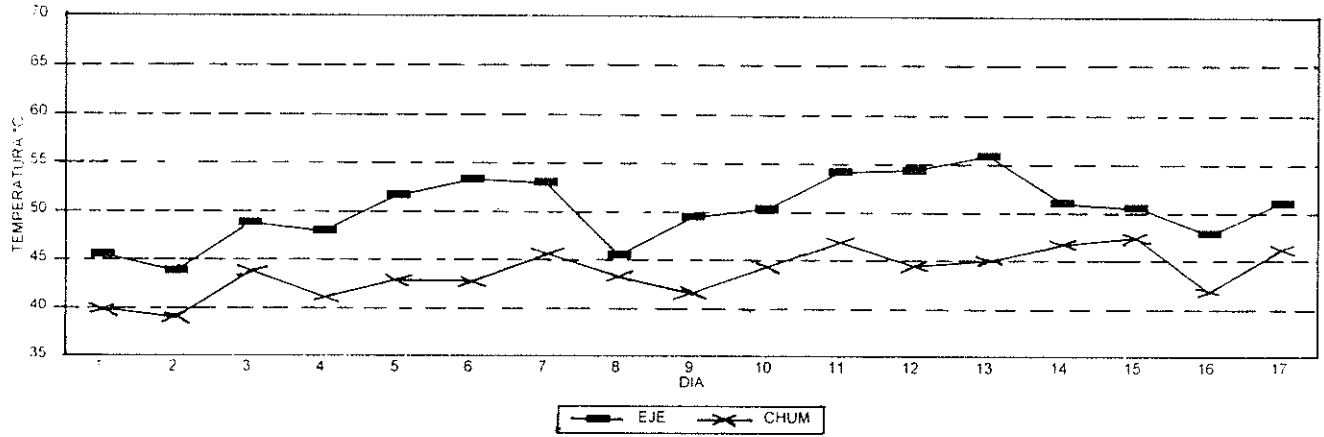
Lado Corona

molino 2	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado corona	eje	chu	eje	chu	eje		chu
PROMEDIO		45.50	39.83	60.33	50.67	38.17	35.33	1
PROMEDIO		43.80	39.00	44.60	39.40	36.80	33.80	2
PROMEDIO		48.83	43.83	54.83	45.00	41.33	37.50	3
PROMEDIO		48.00	41.17	53.83	40.17	39.17	34.67	4
PROMEDIO		51.67	43.00	61.50	42.33	40.83	37.50	5
PROMEDIO		53.33	42.83	54.83	39.17	43.67	37.50	6
PROMEDIO		53.00	45.67	55.33	41.00	44.50	40.33	7
PROMEDIO		45.50	43.33	35.00	36.00	36.50	37.50	8
PROMEDIO		49.50	41.67	41.17	39.17	37.33	37.83	9
PROMEDIO		50.33	44.33	48.00	39.50	40.33	36.33	10
PROMEDIO		54.17	46.83	39.83	35.67	38.83	37.00	11
PROMEDIO		54.33	44.50	37.67	35.83	35.83	36.33	12
PROMEDIO		55.83	45.00	45.33	38.00	43.33	39.83	13
PROMEDIO		51.00	46.67	56.00	43.50	41.00	37.00	14
PROMEDIO		50.50	47.33	40.67	39.67	45.00	41.33	15
PROMEDIO		47.83	41.83	42.00	40.67	42.83	40.67	16
PROMEDIO		51.00	46.17	38.33	37.17	43.33	38.67	17

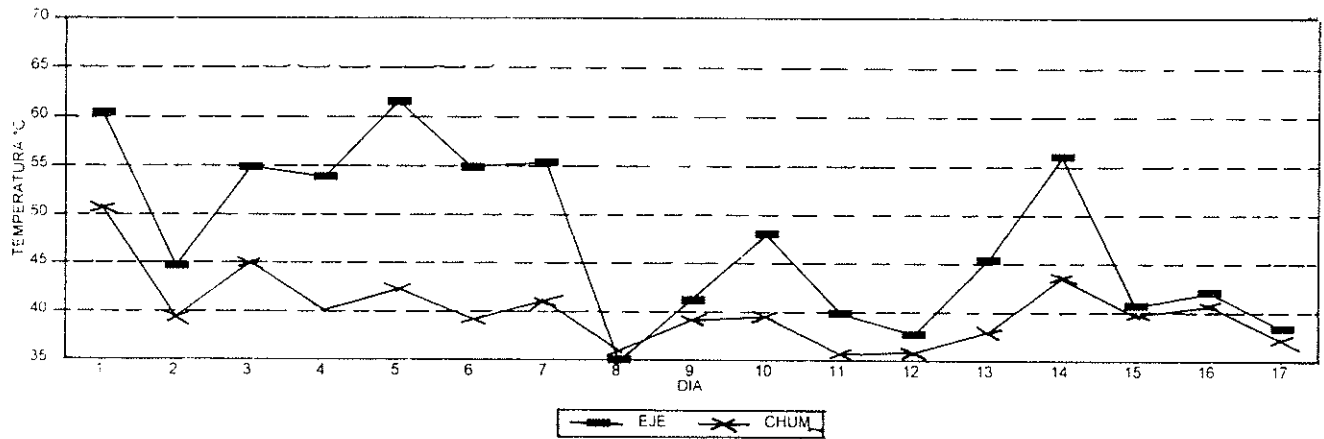
Molino 2

Lado Corona

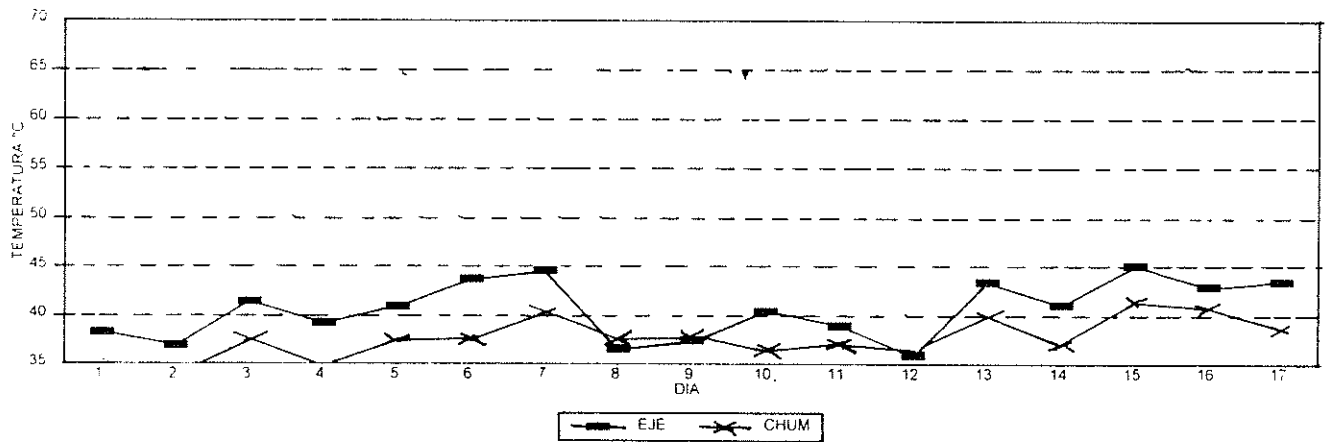
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 2

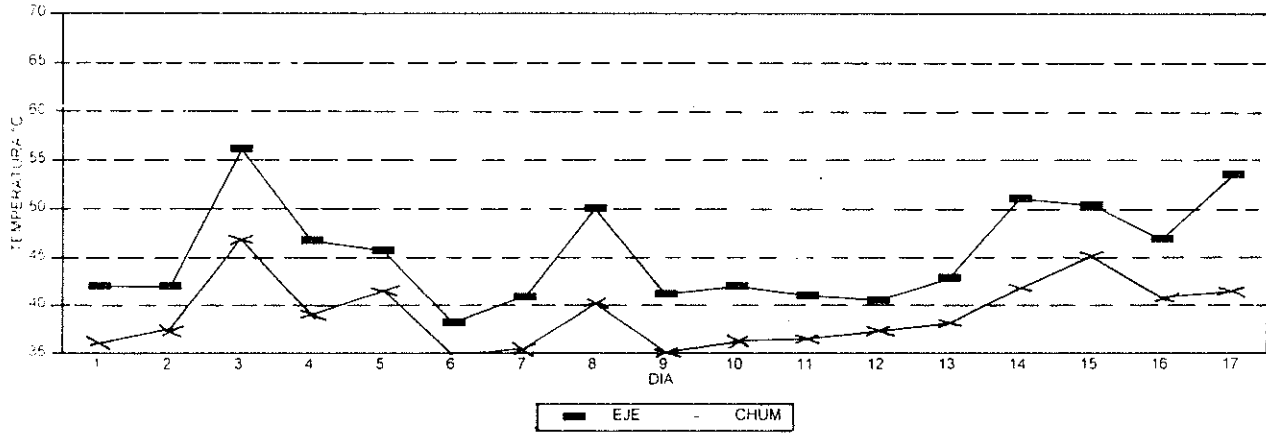
Lado Espiga

molino 2	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado espiga	eje	chu	eje	chu	eje		chu
PROMEDIO		42.00	36.00	39.00	38.00	38.50	34.00	1
PROMEDIO		42.00	37.40	40.00	37.60	37.80	35.00	2
PROMEDIO		56.17	46.83	44.17	39.50	39.83	34.33	3
PROMEDIO		46.67	39.00	39.00	34.83	36.83	30.17	4
PROMEDIO		45.67	41.50	38.33	37.17	38.83	34.83	5
PROMEDIO		38.17	34.67	40.33	36.83	38.17	32.50	6
PROMEDIO		40.83	35.50	41.67	38.17	39.17	35.33	7
PROMEDIO		50.00	40.17	37.83	35.33	37.00	34.17	8
PROMEDIO		41.17	35.17	42.50	38.17	43.67	38.00	9
PROMEDIO		42.00	36.33	41.33	38.33	40.17	36.17	10
PROMEDIO		41.00	36.50	38.50	35.33	41.67	36.50	11
PROMEDIO		40.50	37.33	37.33	35.00	39.00	36.83	12
PROMEDIO		42.83	38.17	40.33	37.17	42.67	39.00	13
PROMEDIO		51.00	41.83	39.83	36.83	43.00	39.33	14
PROMEDIO		50.33	45.17	43.00	37.67	44.33	40.17	15
PROMEDIO		46.83	40.83	44.33	38.33	43.50	37.17	16
PROMEDIO		53.50	41.50	44.33	38.17	45.00	42.17	17

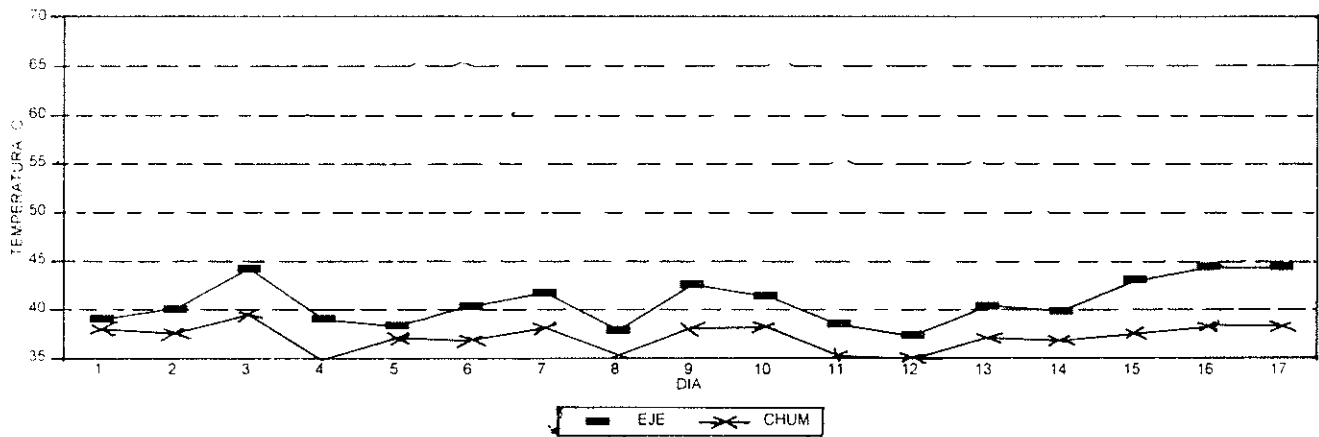
Molino 2

Lado Espiga

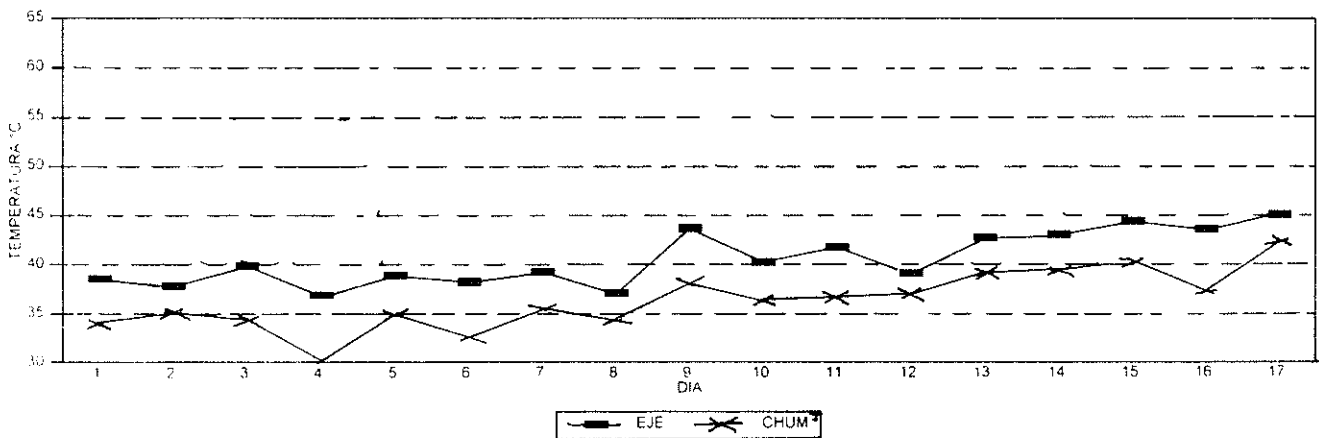
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 3

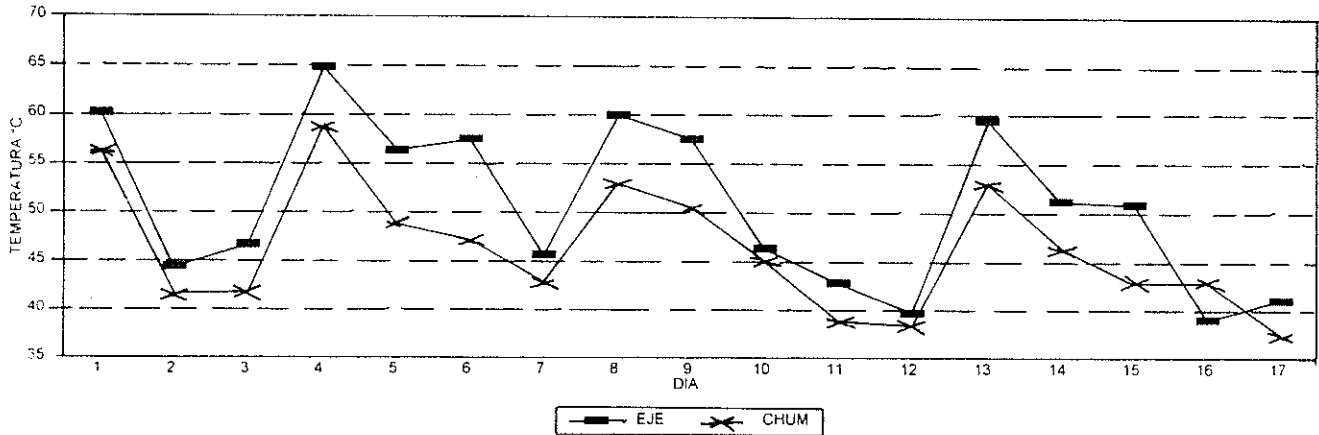
Lado Corona

molino 3	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día
	eje	chu	eje	chu	eje	chu	
PROMEDIO	60.17	56.33	48.00	44.00	38.33	33.33	1
PROMEDIO	44.40	41.60	54.40	41.60	37.60	31.60	2
PROMEDIO	46.67	41.83	56.33	46.33	37.17	33.50	3
PROMEDIO	64.83	58.83	50.83	43.33	36.00	32.33	4
PROMEDIO	56.33	48.83	50.00	42.33	39.33	35.83	5
PROMEDIO	57.50	47.17	54.00	43.50	36.33	33.00	6
PROMEDIO	45.67	42.83	56.33	45.17	35.00	33.00	7
PROMEDIO	60.00	53.00	45.83	41.17	38.00	35.67	8
PROMEDIO	57.50	50.50	50.00	43.17	39.83	36.50	9
PROMEDIO	46.33	45.00	33.83	33.17	34.50	33.00	10
PROMEDIO	42.83	38.83	57.83	45.33	44.33	35.33	11
PROMEDIO	39.67	38.33	56.17	47.83	40.67	34.83	12
PROMEDIO	59.50	53.00	61.00	47.00	41.67	35.33	13
PROMEDIO	51.17	46.33	51.00	45.17	41.17	35.67	14
PROMEDIO	50.83	42.83	61.33	49.17	41.17	33.83	15
PROMEDIO	39.00	42.83	39.17	41.17	42.67	43.17	16
PROMEDIO	41.00	37.33	44.83	40.67	43.00	41.17	17

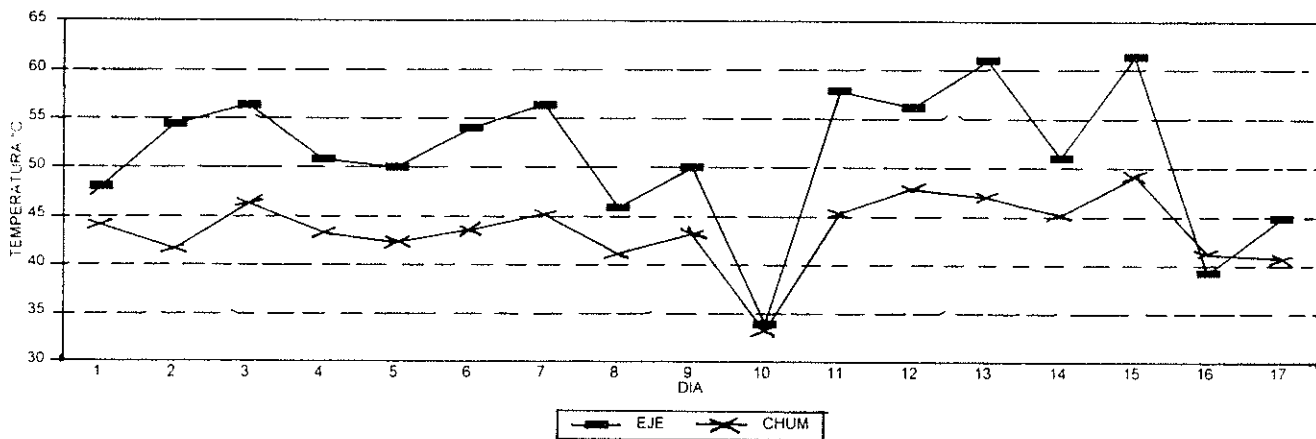
Molino 3

Lado Corona

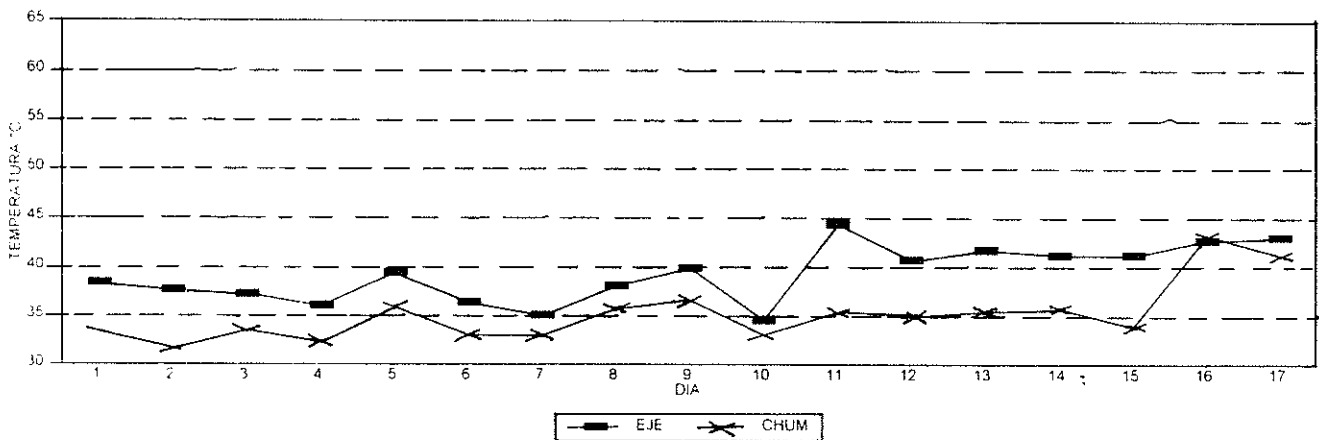
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 3

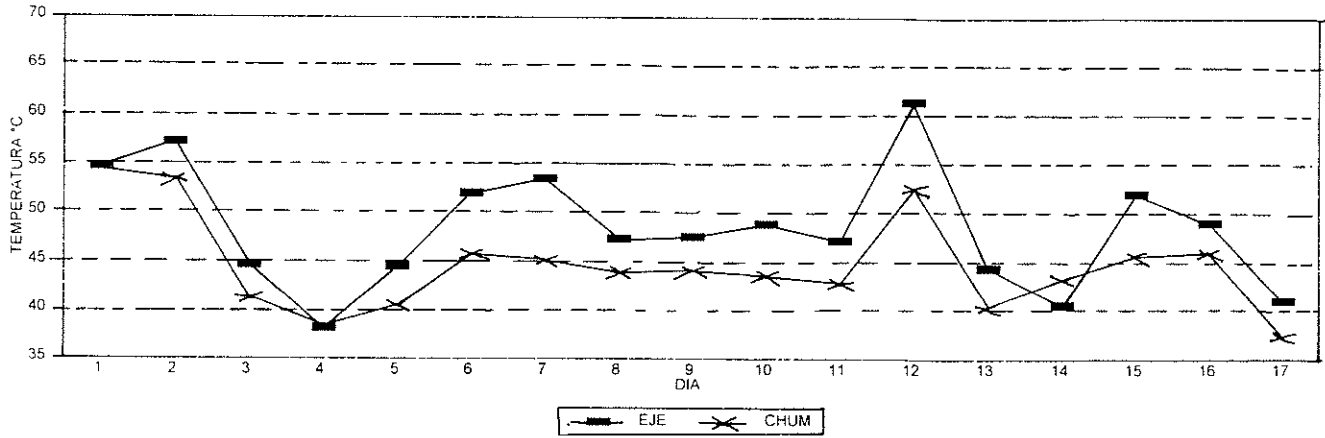
Lado Espiga

molino 3	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día
	lado espiga	eje	chu	eje	chu	eje	
PROMEDIO	54.67	54.33	40.50	39.67	40.00	37.83	1
PROMEDIO	57.20	53.60	40.40	38.40	39.60	36.40	2
PROMEDIO	44.67	41.33	50.00	42.67	56.00	52.67	3
PROMEDIO	38.17	38.50	51.33	46.33	49.00	47.33	4
PROMEDIO	44.50	40.50	49.67	42.50	49.33	47.00	5
PROMEDIO	52.00	45.83	61.00	51.50	48.17	46.83	6
PROMEDIO	53.50	45.17	71.67	57.50	49.33	48.33	7
PROMEDIO	47.33	44.00	67.67	54.33	50.33	49.33	8
PROMEDIO	47.50	44.17	55.83	47.00	55.33	51.67	9
PROMEDIO	48.83	43.67	65.00	51.83	48.50	47.50	10
PROMEDIO	47.17	42.83	71.83	55.50	57.17	52.83	11
PROMEDIO	61.33	52.50	56.33	51.67	52.50	51.33	12
PROMEDIO	44.33	40.33	54.50	54.50	59.00	57.67	13
PROMEDIO	40.50	43.33	65.50	48.17	53.83	49.00	14
PROMEDIO	52.00	45.67	56.33	45.67	45.33	44.33	15
PROMEDIO	49.00	46.00	64.33	50.00	40.00	39.67	16
PROMEDIO	41.00	37.33	44.83	40.67	43.00	41.17	17

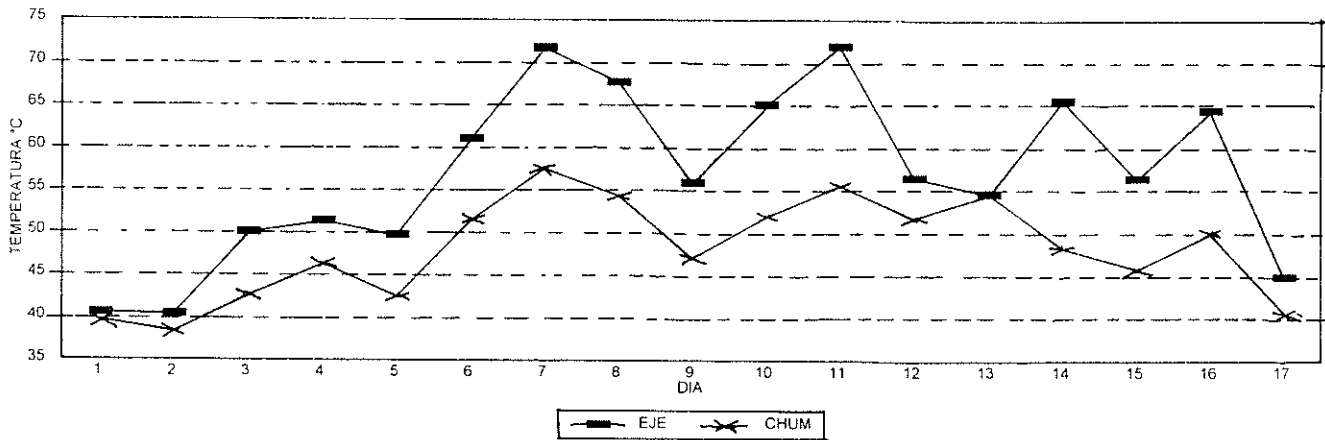
Molino 3

Lado Espiga

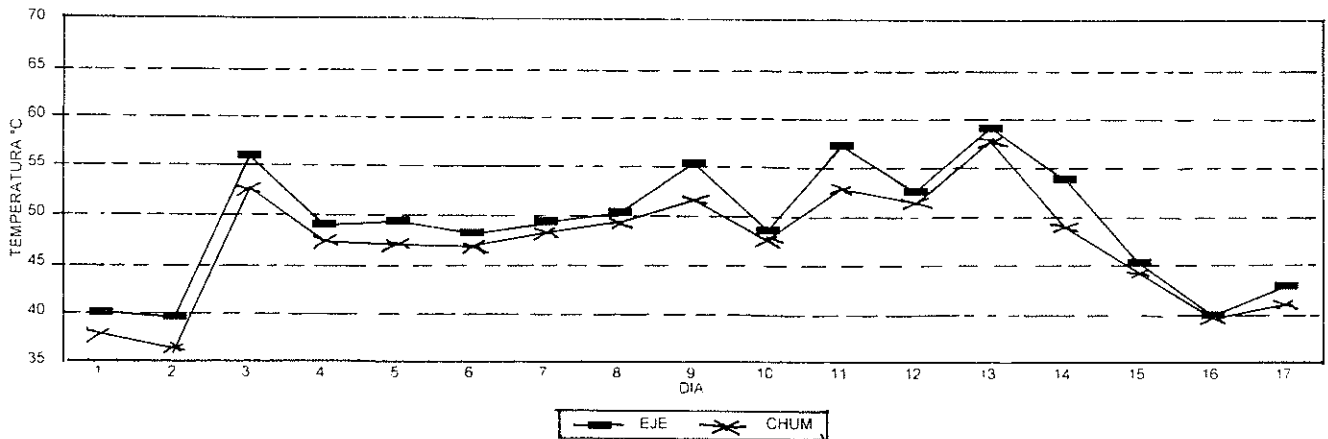
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 4

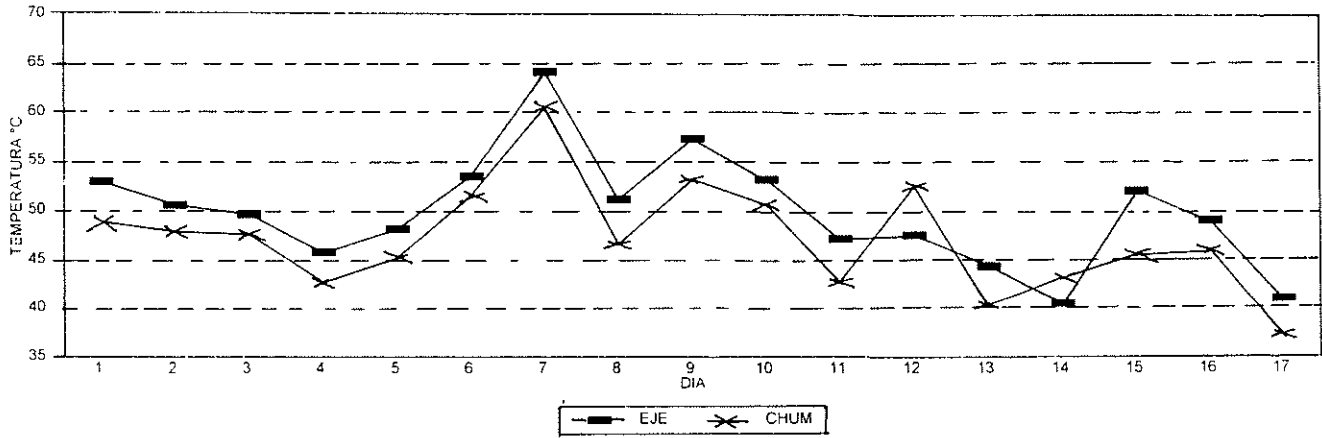
Lado Corona

molino 4	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Dia
	eje	chu	eje	chu	eje	chu	
PROMEDIO	53.00	49.00	46.83	37.17	43.33	40.33	1
PROMEDIO	50.60	48.00	48.20	38.60	43.00	40.20	2
PROMEDIO	49.67	47.67	48.17	39.17	44.67	43.00	3
PROMEDIO	45.83	42.83	50.33	37.83	44.00	40.00	4
PROMEDIO	48.17	45.33	49.50	38.83	44.33	42.00	5
PROMEDIO	53.50	51.67	49.83	39.67	44.50	42.33	6
PROMEDIO	64.17	60.67	52.00	39.33	48.33	46.00	7
PROMEDIO	51.17	46.67	46.33	40.83	43.83	40.17	8
PROMEDIO	57.33	53.17	48.83	38.33	43.33	39.00	9
PROMEDIO	53.17	50.67	45.67	37.33	40.17	41.00	10
PROMEDIO	47.17	42.83	48.50	53.17	57.17	52.83	11
PROMEDIO	47.50	52.50	56.33	51.67	39.83	51.33	12
PROMEDIO	44.33	40.33	42.67	43.83	59.00	57.67	13
PROMEDIO	40.50	43.33	55.00	48.17	53.83	49.00	14
PROMEDIO	52.00	45.67	56.33	45.67	45.33	44.33	15
PROMEDIO	49.00	46.00	53.83	50.00	40.00	39.67	16
PROMEDIO	41.00	37.33	44.83	40.67	43.00	41.17	17

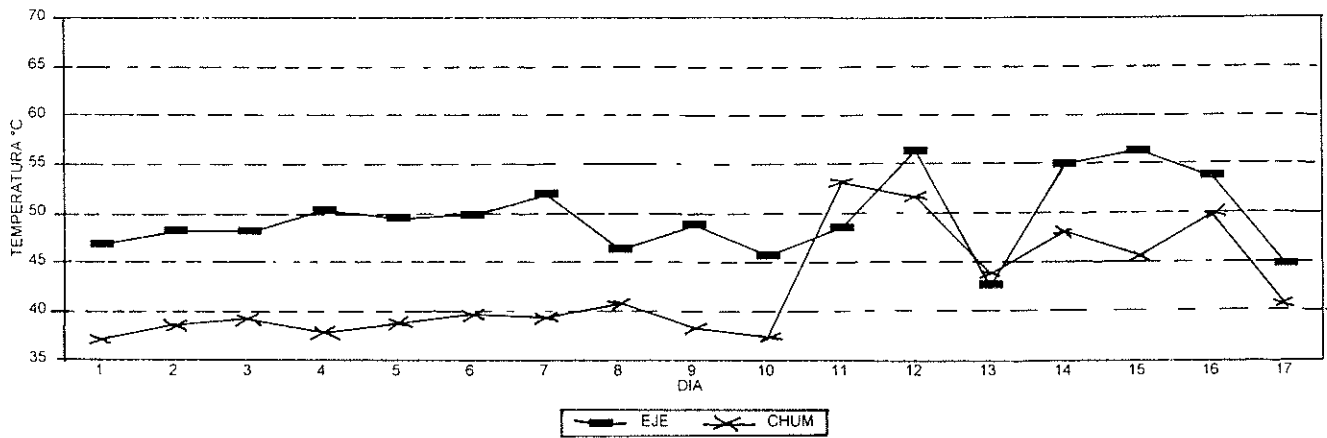
Molino 4

Lado Corona

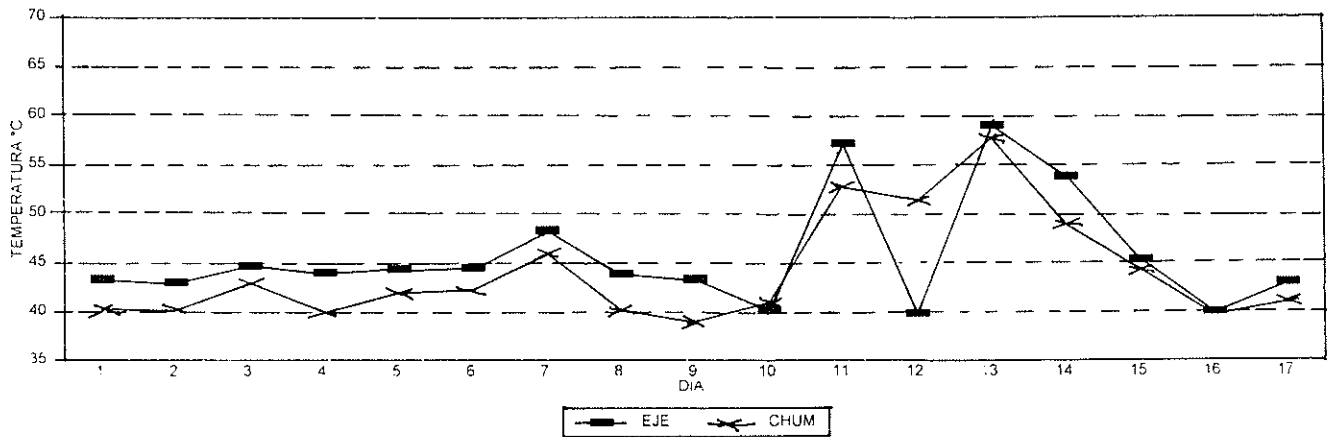
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 4

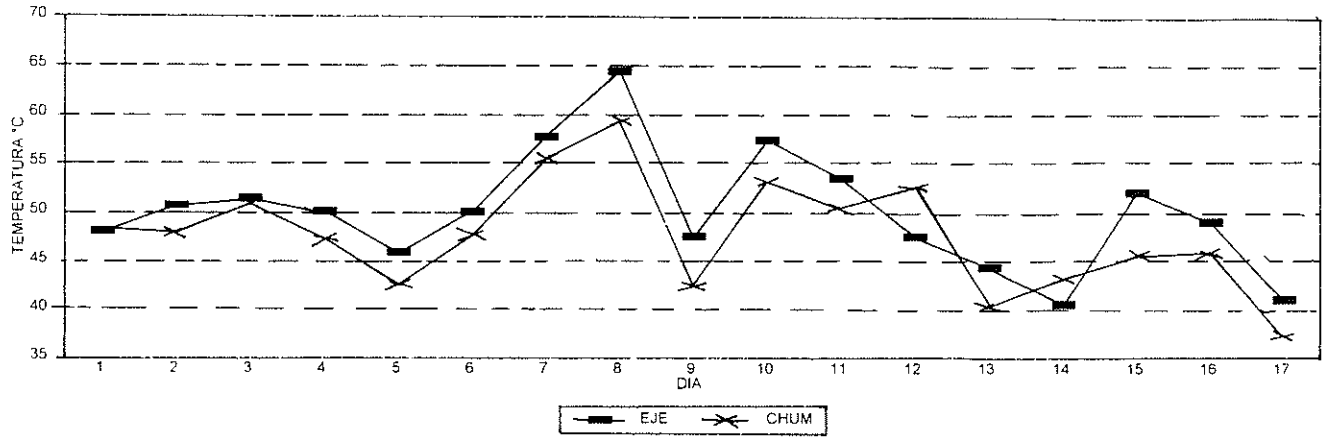
Lado Espiga

molino 4	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día
	lado espiga	eje	chu	eje	chu	eje	
PROMEDIO	48.00	48.33	62.67	42.33	36.67	36.33	1
PROMEDIO	50.60	48.00	48.20	38.60	43.00	40.20	2
PROMEDIO	51.33	50.83	47.17	40.83	37.50	36.67	3
PROMEDIO	50.00	47.33	47.00	39.50	44.83	42.17	4
PROMEDIO	45.83	42.67	52.00	37.83	43.50	40.50	5
PROMEDIO	50.00	47.67	47.67	40.67	43.33	41.00	6
PROMEDIO	57.67	55.50	51.00	38.33	45.83	43.33	7
PROMEDIO	64.33	59.33	50.17	42.00	49.00	45.33	8
PROMEDIO	47.50	42.50	44.67	37.33	41.00	38.50	9
PROMEDIO	57.33	53.17	48.83	38.33	43.33	39.00	10
PROMEDIO	53.50	50.50	45.83	41.17	47.50	44.67	11
PROMEDIO	47.50	52.50	56.33	51.67	39.83	51.33	12
PROMEDIO	44.33	40.33	42.67	43.83	59.00	57.67	13
PROMEDIO	40.50	43.33	55.00	48.17	53.83	49.00	14
PROMEDIO	52.00	45.67	56.33	45.67	45.33	44.33	15
PROMEDIO	49.00	46.00	53.83	50.00	40.00	39.67	16
PROMEDIO	41.00	37.33	44.83	40.67	43.00	41.17	17

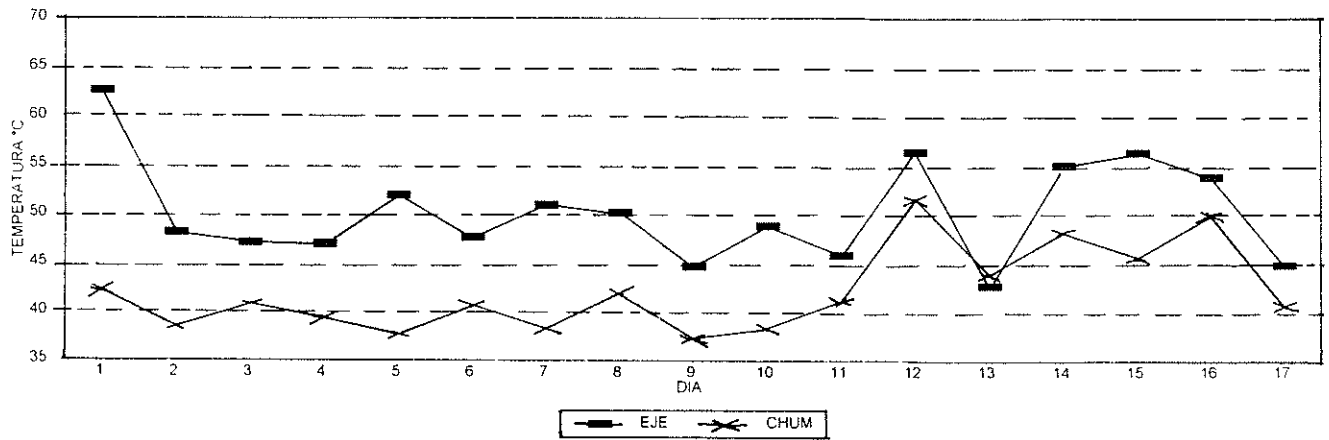
Molino 4

Lado Espiga

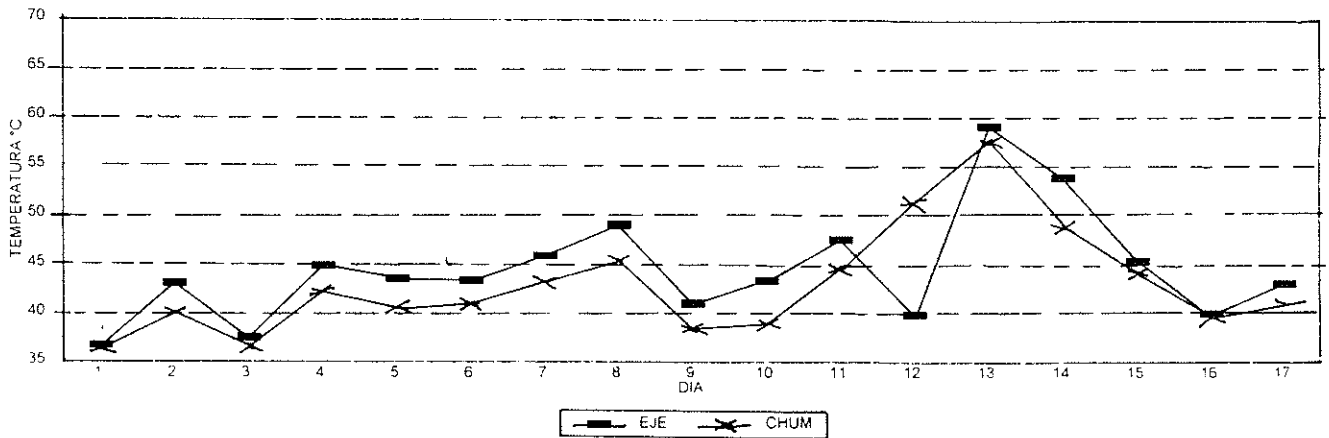
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 5

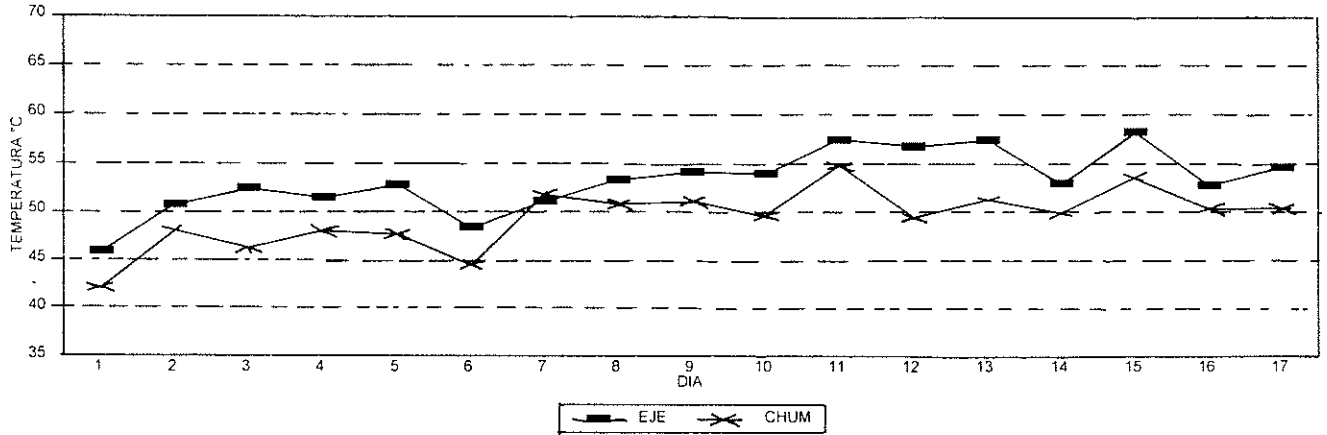
Lado Corona

molino 5	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado corona	eje	chu	eje	chu	eje		chu
PROMEDIO		45.83	42.17	47.17	40.33	39.00	35.83	1
PROMEDIO		50.60	48.00	48.20	38.60	43.00	40.20	2
PROMEDIO		52.33	46.17	51.67	39.50	42.67	36.50	3
PROMEDIO		51.33	48.00	49.33	37.17	38.17	33.83	4
PROMEDIO		52.67	47.67	51.83	41.83	40.33	36.00	5
PROMEDIO		48.33	44.50	48.17	39.00	37.33	34.83	6
PROMEDIO		51.00	51.67	48.50	43.00	39.17	36.33	7
PROMEDIO		53.17	50.67	50.67	38.17	40.00	36.83	8
PROMEDIO		54.00	51.00	51.83	39.50	45.83	39.83	9
PROMEDIO		53.83	49.50	52.83	40.00	46.83	39.83	10
PROMEDIO		57.33	54.67	53.50	41.50	49.83	43.33	11
PROMEDIO		56.67	49.33	51.67	41.33	46.67	41.17	12
PROMEDIO		57.33	51.17	53.67	43.17	46.50	40.00	13
PROMEDIO		52.83	49.83	55.17	41.83	47.00	39.33	14
PROMEDIO		58.17	53.50	63.00	51.50	50.83	42.83	15
PROMEDIO		52.67	50.33	51.17	41.33	44.67	38.83	16
PROMEDIO		54.50	50.33	47.00	37.17	46.17	38.17	17

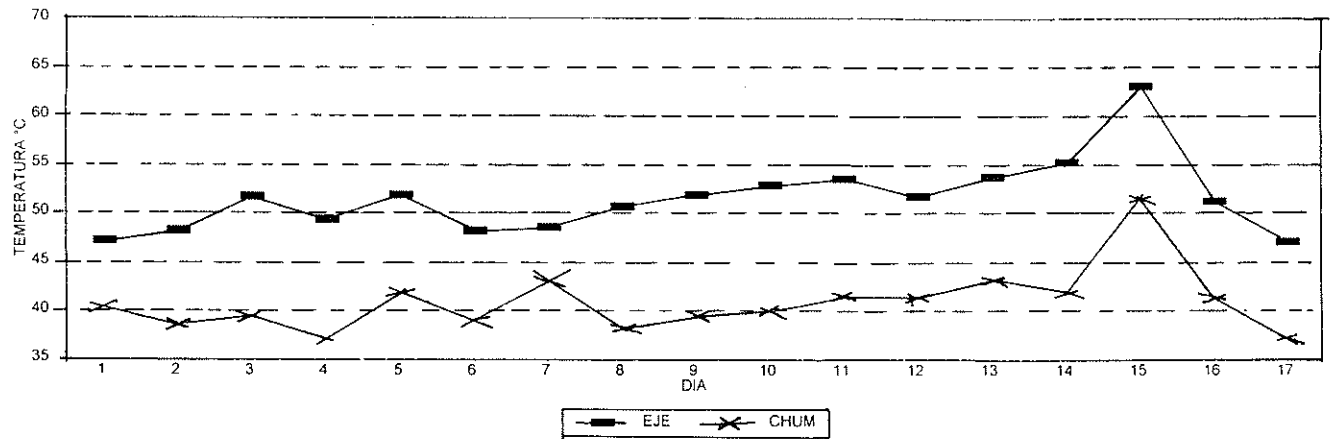
Molino 5

Lado Corona

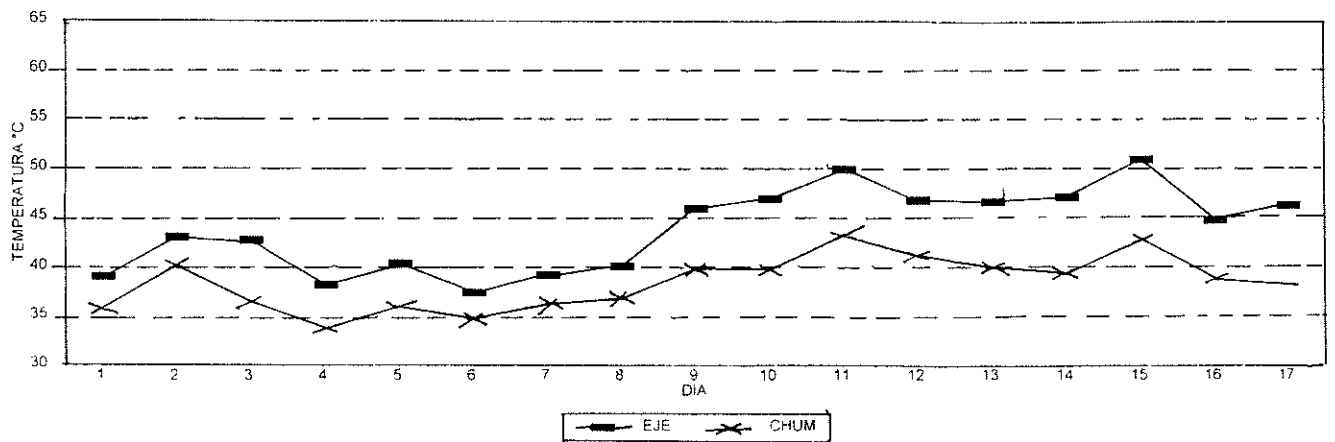
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 5

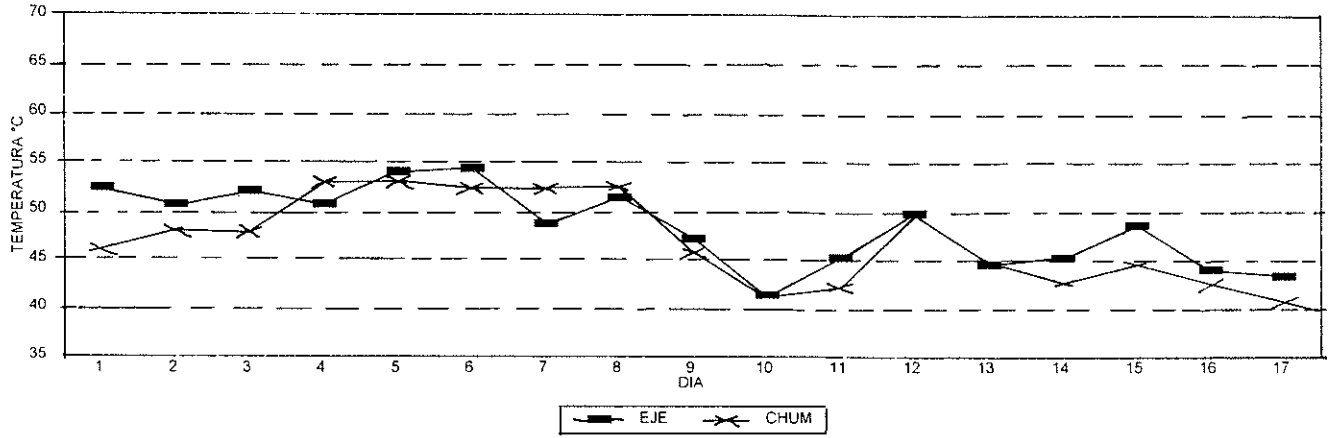
Lado Espiga

molino 5	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado espiga	eje	chu	eje	chu	eje		chu
PROMEDIO		52.33	46.17	51.67	40.17	42.67	36.50	1
PROMEDIO		50.60	48.00	48.20	38.60	43.00	40.20	2
PROMEDIO		52.00	47.83	52.17	42.17	51.17	44.67	3
PROMEDIO		50.67	52.83	43.00	37.33	54.67	49.33	4
PROMEDIO		54.00	53.00	44.33	36.33	44.33	39.00	5
PROMEDIO		54.33	52.33	53.67	44.83	51.00	44.50	6
PROMEDIO		48.67	52.33	46.83	40.83	42.67	39.00	7
PROMEDIO		51.33	52.50	54.83	43.00	39.83	36.17	8
PROMEDIO		47.17	45.83	53.33	44.67	40.67	37.83	9
PROMEDIO		41.33	41.17	47.67	42.50	40.17	37.83	10
PROMEDIO		45.17	42.17	52.00	41.67	41.33	37.83	11
PROMEDIO		49.67	49.50	55.50	45.67	42.50	36.83	12
PROMEDIO		44.50	44.67	51.33	43.17	43.00	38.17	13
PROMEDIO		45.17	42.67	46.33	39.67	42.67	38.50	14
PROMEDIO		48.50	44.50	45.17	38.83	43.83	39.00	15
PROMEDIO		44.00	42.50	53.33	44.00	45.33	37.50	16
PROMEDIO		43.33	40.50	43.83	36.50	42.33	36.50	17

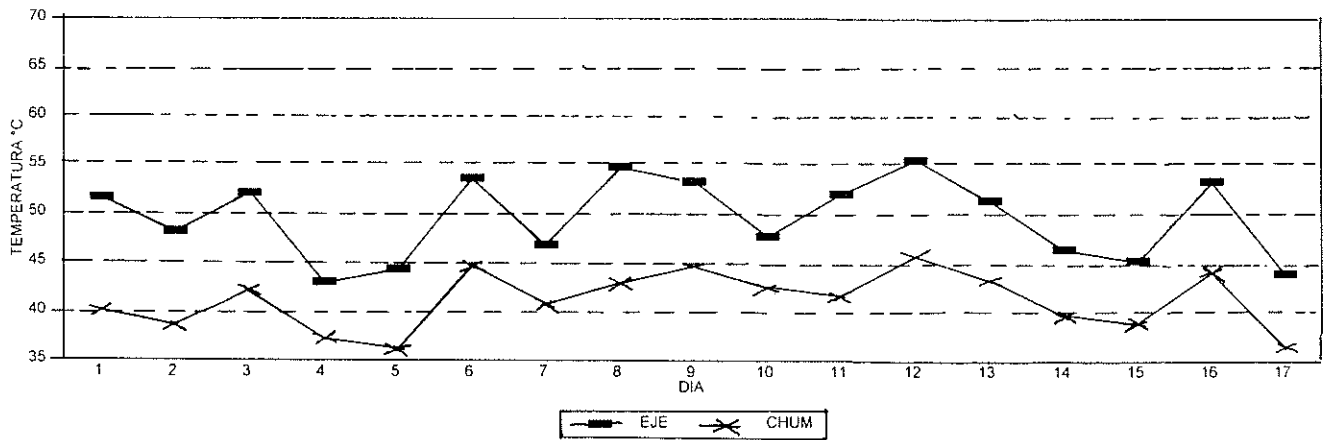
Molino 5

Lado Espiga

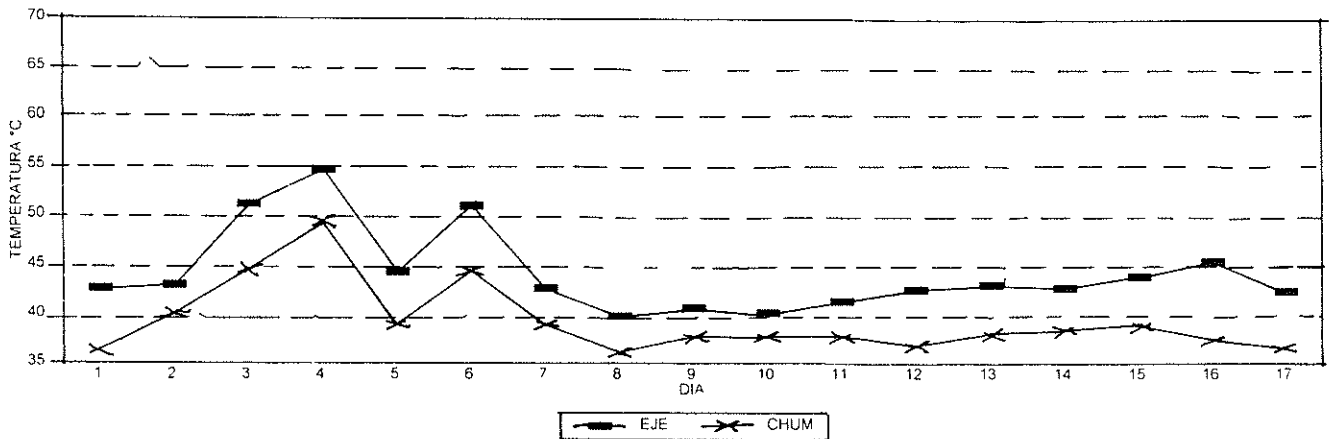
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 6

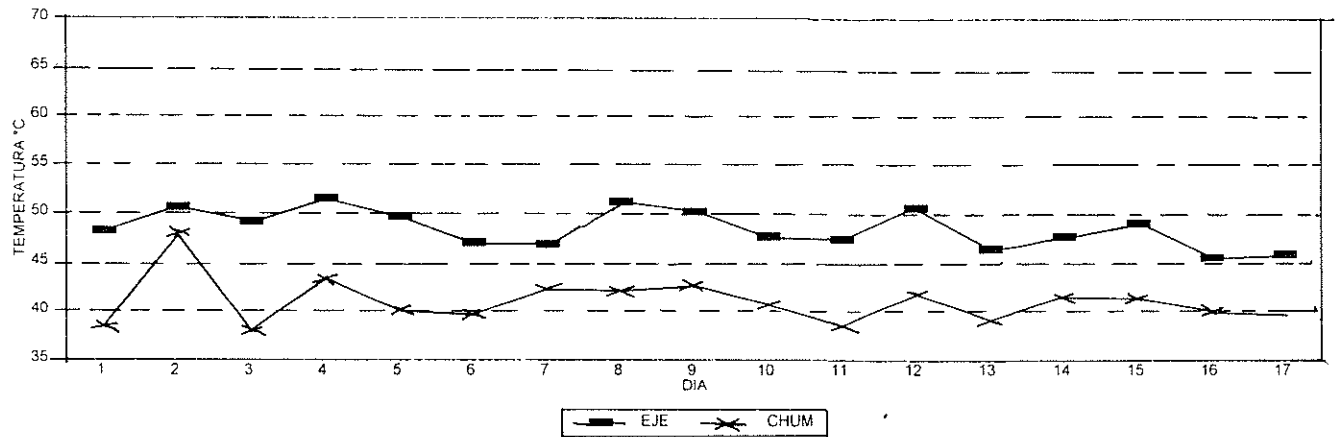
Lado Corona

molino 6	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Dia	
	lado corona	eje	chu	eje	chu.	eje		chu
PROMEDIO		48.17	38.50	55.83	47.17	45.50	40.00	1
PROMEDIO		50.60	48.00	48.20	38.60	43.00	40.20	2
PROMEDIO		49.17	38.00	51.00	41.83	43.00	36.83	3
PROMEDIO		51.50	43.33	47.67	40.17	39.50	35.33	4
PROMEDIO		49.67	40.00	44.33	42.67	38.00	36.00	5
PROMEDIO		47.00	39.67	48.33	45.83	40.67	38.00	6
PROMEDIO		46.83	42.33	48.83	46.00	37.33	36.33	7
PROMEDIO		51.17	42.17	49.83	45.00	38.83	34.83	8
PROMEDIO		50.17	42.67	45.67	40.50	41.00	37.00	9
PROMEDIO		47.67	40.67	49.67	45.67	37.83	33.83	10
PROMEDIO		47.33	38.50	48.67	39.17	38.33	33.50	11
PROMEDIO		50.50	41.67	57.67	45.67	39.50	36.83	12
PROMEDIO		46.33	39.00	53.17	40.50	39.83	37.00	13
PROMEDIO		47.67	41.50	51.00	42.83	37.33	36.17	14
PROMEDIO		49.00	41.33	51.50	43.50	41.83	37.67	15
PROMEDIO		45.50	40.00	47.67	40.50	38.00	35.83	16
PROMEDIO		45.83	39.50	45.17	38.50	40.00	36.33	17

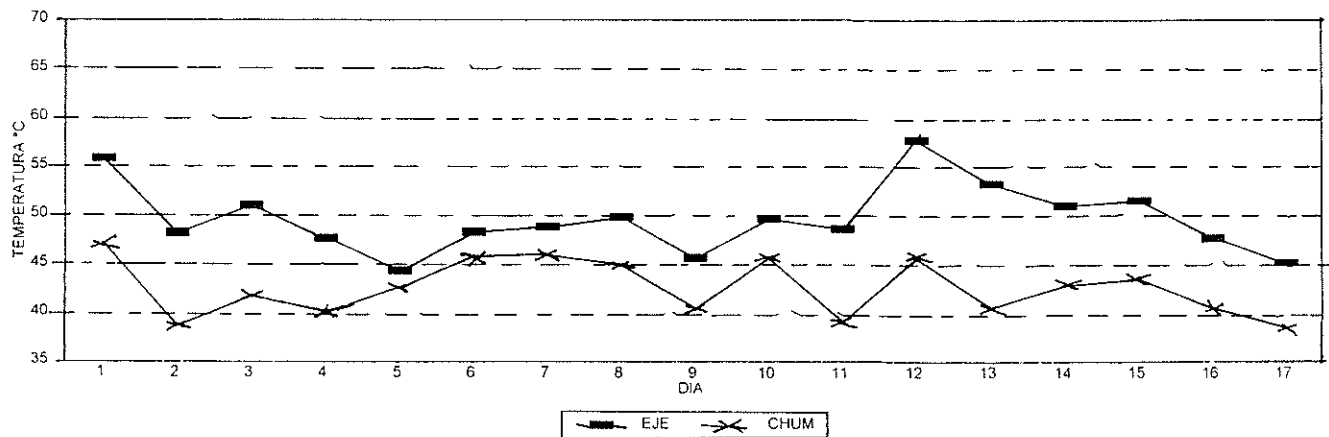
Molino 6

Lado Corona

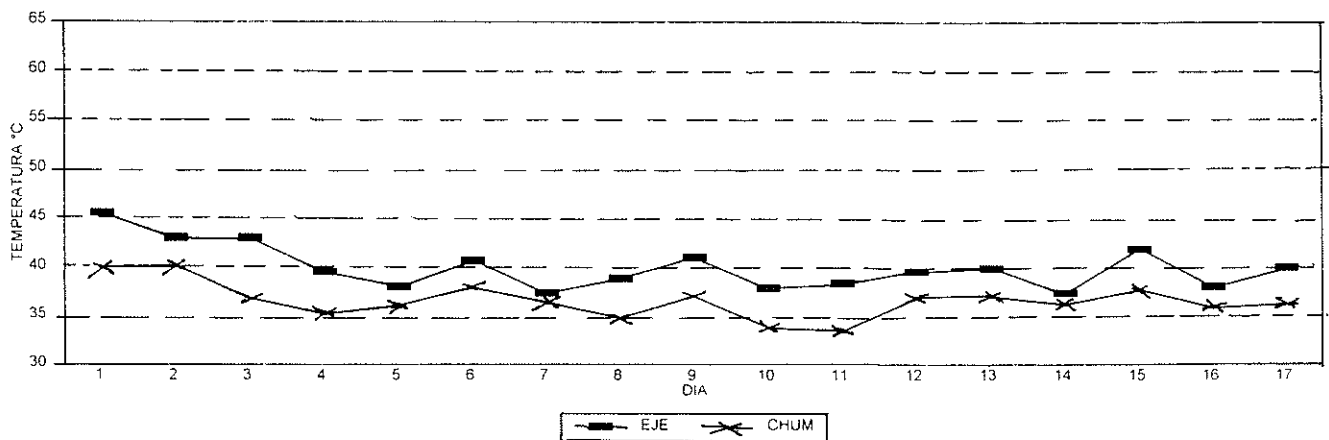
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Molino 6

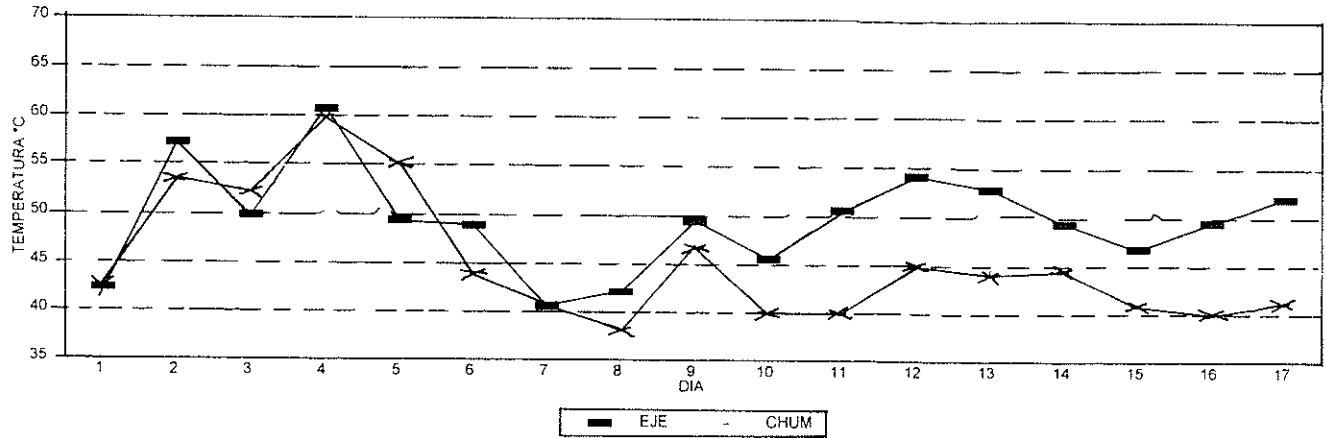
Lado Espiga

molino 6	masa cañera		masa superior		masa bagasera		Día	
	lado espiga	eje	chu	eje	chu'	eje		chu
PROMEDIO		42.33	42.83	43.83	37.33	45.00	41.33	1
PROMEDIO		57.20	53.60	40.40	38.40	39.60	36.40	2
PROMEDIO		49.83	52.17	44.17	42.33	45.00	42.17	3
PROMEDIO		60.67	59.83	42.67	41.33	45.83	42.83	4
PROMEDIO		49.33	55.00	42.00	40.33	44.17	42.50	5
PROMEDIO		48.83	43.83	43.67	40.67	49.33	45.83	6
PROMEDIO		40.50	40.67	41.83	42.00	49.00	47.50	7
PROMEDIO		42.00	38.00	40.17	38.83	46.67	43.00	8
PROMEDIO		49.33	46.67	42.83	41.50	46.33	42.50	9
PROMEDIO		45.50	39.83	40.33	37.50	43.50	41.50	10
PROMEDIO		50.50	40.00	38.83	35.33	42.50	39.00	11
PROMEDIO		54.00	44.83	41.17	38.83	45.67	43.17	12
PROMEDIO		52.67	43.83	42.50	38.83	44.83	42.33	13
PROMEDIO		49.17	44.33	40.67	37.50	40.33	36.67	14
PROMEDIO		46.67	40.67	46.00	39.67	44.50	41.17	15
PROMEDIO		49.33	40.00	45.00	40.33	41.83	40.00	16
PROMEDIO		51.83	41.00	38.67	35.83	41.67	39.17	17

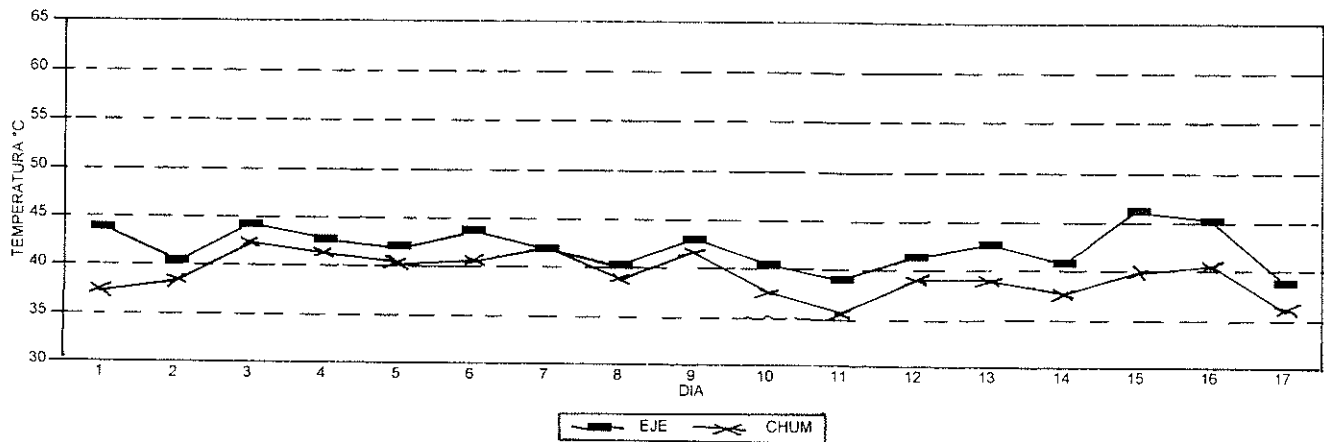
Molino 6

Lado Espiga

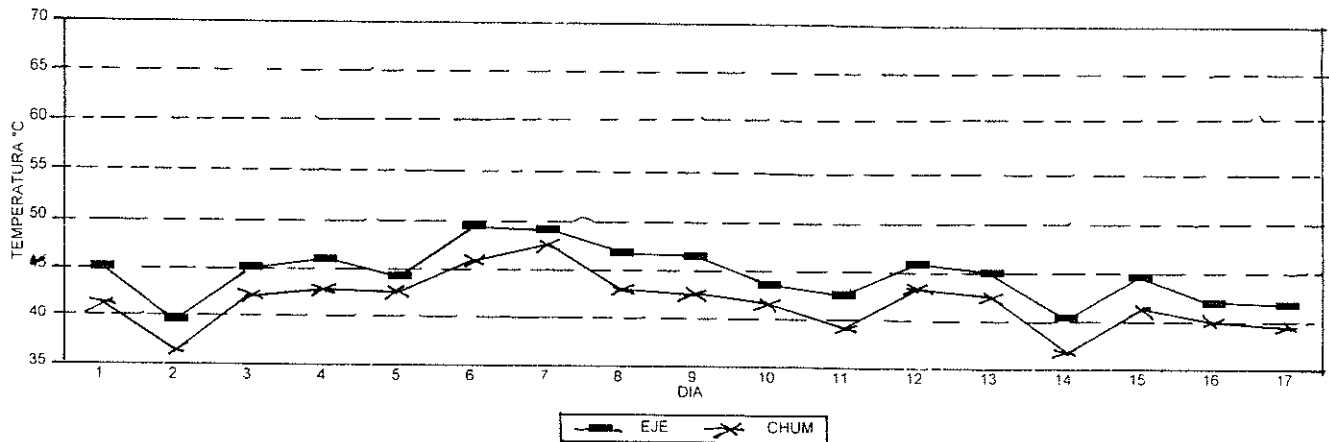
MASA CAÑERA



MASA SUPERIOR



MASA BAGASERA



Por los resultados de las gráficas, se puede notar que las temperaturas de las chumaceras y de los ejes, se mantuvieron entre el rango de 35°C - 75°C, que es una temperatura en la cual muestra poco rozamiento y una capa límite de lubricante protegiendo

4.4. CONSUMOS Y COSTOS

Durante la zafra 1993 - 1994, se utilizó, en condiciones de trabajo continuo, un consumo de un tonel de grasa Gear Cover 40 por cinco a seis días de trabajo.

Los costos fueron reducidos un 30% comparados con el consumo del producto anterior, si se hubiera utilizado en la zafra actual.

CONCLUSIONES

- ▶ Debemos usar una grasa grado NLGI 0, con un jabón a base de Litio, una penetración trabajada entre 360 - 380, un punto de goteo de +175°C, una carga Timkem (ASTM-D2596) de 27 Kgs., y una prueba EP cuatro Esferas (ASTM-D2596) sin rayado de 126 Kgs., punto de soldadura de 500 Kgs. e índice de desgaste de carga 96.
- ▶ Esta grasa puede correr fácilmente en los sistemas de lubricación (farval y Lincoln) de los ingenios azucareros con diámetros entre 1" y 1/16", sin presentar ningún problema de taponamiento.
- ▶ Las temperaturas de operación se mantuvieron en los rangos deseados (35°C - 70°C) durante toda la zafra, incluyendo los momentos críticos en los cuales la caña tiende a ser más dura.
- ▶ Después de la realización de diferentes pruebas y sin arriesgar la producción, se concluyó que el tiempo ideal para la lubricación es de 85 seg. y el de descanso de 22 min., el cual es ideal independientemente del cambio de carga o velocidad de producción.
- ▶ Se logró una disminución de la contaminación ambiental, que afecta la seguridad e higiene de la empresa como del medioambiente.
- ▶ La grasa resistió todas las pruebas de agua durante la producción.
- ▶ Gran capacidad de soportar cargas exageradas y velocidades muy lentas, manteniendo sus cualidades de protección contra la corrosión y el herrumbre por medio de una película permanente entre el eje y la chumacera.

RECOMENDACIONES

- ▶ Toda grasa utilizada para la industria de productos alimenticios debe estar debidamente aprobada por la U.S.D.A. (United State Department of Agriculture) que norma, si las grasas pueden tener contacto con productos alimenticios, y en este caso lo es la producción de azúcar.
- ▶ Es conveniente utilizar una grasa a base de litio, la cual tiene cualidades de soportar altas temperaturas y contacto del agua.
- ▶ Hay que evitar todo tipo de contacto de la grasa con la piel del usuario; en caso de que sucediera, se debe quitar con algún tipo de solvente liviano y lavar con bastante agua y jabón, o de lo contrario puede causar irritación o cáncer en la piel.

REFERENCIAS

- ▶ Lima Don y Gerardo Salazar, *Cane Mill Brass Lubrication*, Vol. 96, No. 1146, U.S.A.: International Sugar Journal, 1994, .
- ▶ *Guía De Productos TEXACO*, TEXACO, Guatemala, 1994.
- ▶ *Lubricación con Grasa*, ESSO, Traducida por El Grupo Técnico de EXXON Company International, 1988.
- ▶ *Principios de Lubricación*, ESSO, Traducida por El Grupo Técnico de EXXON Company International, 1988.
- ▶ *Trouble Shooting Guide for The Lubrication Engineer*, Majors Donald, McGraw-Hill, Second Edition, New York 1987.