

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

*Implementación de un plan de mantenimiento de
condensadores, evaporadores y torres de
enfriamiento en planta de bebidas carbonatadas.*

José Alejandro Córdova Mendoza

Guatemala

2010

Implementación de un plan de mantenimiento de condensadores, evaporadores y torres de enfriamiento en planta de bebidas carbonatadas.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

*Implementación de un plan de mantenimiento de
condensadores, evaporadores y torres de
enfriamiento en planta de bebidas carbonatadas.*

Trabajo de investigación presentado por
José Alejandro Córdova Mendoza
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala

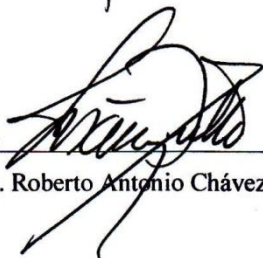
2010

Vo. Bo:

(f) 
Ing. Julio César García García

Tribunal Examinador

(f) 
Ing. Julio César García García

(f) 
Ing. Roberto Antonio Chávez Bietti

(f) 
Ing. Victor Hugo Ayerdi Bardales

Fecha de aprobación: Guatemala, 08 de diciembre de 2010

ÍNDICE

LISTA DE ILUSTRACIONES	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Descripción de los equipos	2
1. Torres de enfriamiento.....	2
2. Condensadores evaporadores	3
B. Mantenimiento	3
C. Mantenimiento e Ingeniería de Mantenimiento.....	4
D. Elementos de una dirección de mantenimiento eficaz	4
1. Políticas de mantenimiento	4
2. Control de material	4
3. Sistemas de orden de trabajo	5
4. Récorde del equipo	5
5. Planeación y programación de trabajo	5
E. Mantenimiento Correctivo	6
F. Mantenimiento Preventivo.....	6
G. Mantenimiento Predictivo.....	8
III. JUSTIFICACIÓN	10
IV. OBJETIVOS	11
A. General	11
B. Específicos.....	11
V. PROBLEMA A RESOLVER	12
VI. METODOLOGÍA	13
VII. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS	14
A. Torre de enfriamiento Marley	14
1. Funcionamiento.	14
2. Equipo.....	14
3. Descripción del proceso	17
4. Diagrama de proceso	17
B. Condensador evaporador BAC.....	18
1. Descripción del proceso	18
2. Diagrama de proceso	18
C. Condensador evaporador Mojonnier	19

1. Funcionamiento.....	19
2. Equipo.....	19
VIII. MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS EQUIPOS.....	23
A. Estado antes del mantenimiento.....	23
1. Marley.....	23
2. Mojönnier	24
3. BAC.....	25
B. Procedimientos.....	25
1. BAC:.....	25
2. Mojönnier	26
3. Marley.....	30
a. Desmontar el ventilador.....	30
IX. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	39
X. REGISTROS	48
1. Lubricació	48
2. Limpieza	48
3. Creación de programas PM JOB	48
4. Checklists.....	48
5. Rutinas de Mantenimiento	48
XI. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN.....	49
XII. CONCLUSIONES	50
XIII. RECOMENDACIONES	51
XIV. BIBLIOGRAFÍA	52
XV. APÉNDICE	54
A. Manual de lubricación	54
B. Lubricación en torres de enfriamiento y condensadores evaporadores.....	61
C. Limpieza de torres de enfriamiento y condensadores evaporadores.....	65
D. Registros de lubricación	68
E. Rutinas de mantenimiento.....	71
F. Checklist.....	78
G. Cotizaciones.....	80

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1. Torre de enfriamiento Marley	14
Ilustración No. 2. Ventilador	14
Ilustración No. 3. Motor TEFC.....	15
Ilustración No. 4. Persianas de aire	15
Ilustración No. 5. Flotador	16
Ilustración No. 6. Interruptor	16
Ilustración No. 7. Condensador evaporador Mőjonnier	19
Ilustración No. 8. Eje	19
Ilustración No. 9. Motor de la bomba	20
Ilustración No. 10. Polea y faja	20
Ilustración No. 11. Chumacera	21
Ilustración No. 12. Depósito de agua	21
Ilustración No. 13. Ventilador	22
Ilustración No. 14. Tubería del sistema.....	22
Ilustración No. 15. Interruptor	22
Ilustración No. 16. Relleno.....	23
Ilustración No. 17. Balsa de agua fría con sedimentos.....	23
Ilustración No. 18. Relleno.....	23
Ilustración No. 19. Balsa de agua fría con sedimentos.....	23
Ilustración No. 20. Contaminantes incrustadas en las hojas	24
Ilustración No. 21. Contaminantes incrustadas en las hojas	24
Ilustración No. 22. Eje y acople.....	24
Ilustración No. 23. Corrosión en la estructura	24
Ilustración No. 24. Eje y chumacera (sin lubricante).....	24
Ilustración No. 25. Fugas en las tuberías y válvulas	24
Ilustración No. 26. Sedimentaciones en las tuberías	25
Ilustración No. 27. Corrosión en la estructura y fuga en la tubería	25
Ilustración No. 28. Eje y acople (desalineado y oxidado)	26
Ilustración No. 29. Acople nuevo	27
Ilustración No. 30. Chumacera nueva	27
Ilustración No. 31. Chumacera lubricada	27
Ilustración No. 32. Cambio de faja	28
Ilustración No. 33. Cambio de faja	28
Ilustración No. 34. Limpieza de filtro.....	29
Ilustración No. 35. Colocación del filtro	29

Ilustración No. 36. Limpieza de boquillas inyectadas.....	30
Ilustración No. 37. Limpieza de tubería.....	30
Ilustración No. 38. Remoción del perno central.....	31
Ilustración No. 39. Extracción del ventilador.....	31
Ilustración No. 40. Desmontaje de la caja reductora.....	32
Ilustración No. 41. Motor del ventilador.....	32
Ilustración No. 42. Desarme de caja reductora.....	33
Ilustración No. 43. Quitar los empaques y se drena el aceite.....	33
Ilustración No. 44. Verificar el desgaste del piñón.....	33
Ilustración No. 45. Verificar la holgura entre los engranes.....	34
Ilustración No. 46. Persianas.....	34
Ilustración No. 47. Remover la persiana.....	34
Ilustración No. 48. Quitar las hojas.....	35
Ilustración No. 49. Apilar las hojas.....	35
Ilustración No. 50. Lavado de las hojas.....	36
Ilustración No. 51. Lavado de las hojas.....	36
Ilustración No. 52. Balsa de agua fría.....	37
Ilustración No. 53. Limpieza de la balsa.....	37
Ilustración No. 54. Pintura interior de la balsa.....	37
Ilustración No. 55. Secado de la pintura anticorrosiva.....	38
Ilustración No. 56. Condensador evaporador Mōjonnier.....	62
Ilustración No. 57. Puntos de lubricación de las chumaceras interiores.....	62
Ilustración No. 58. Puntos de lubricación de las chumaceras exteriores.....	63
Ilustración No. 59. Torre de enfriamiento Marley.....	64
Ilustración No. 60. Punto de lubricación del motoreductor.....	64
Ilustración No. 61. Registro de limpieza Marley.....	68
Ilustración No. 62. Registro de limpieza Mōjonnier.....	69
Ilustración No. 63. Registro de limpieza BAC.....	70

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación consiste en establecer un programa de mantenimiento para condensadores evaporadores y torres de enfriamiento que sea práctico y fácil de entender para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa en estudio; así también, establecer una propuesta para la automatización de los equipos.

Para desarrollar el plan de mantenimiento se realizó una inspección exhaustiva del estado y funcionamiento de los equipos así como una revisión y análisis del registro de mantenimientos realizados anteriormente a los mismos.

Finalmente para la elaboración del plan se tomaron en cuenta todas las reparaciones y modificaciones realizadas a los equipos que intervienen en el proceso, cotizaciones, costos totales de mantenimiento, mejoras en la eficiencia, rutinas y procedimientos que se deben seguir para dar un mantenimiento eficiente; así también las grasas y aceites adecuados para lubricación y los diagramas de los procesos. El plan de mantenimiento presenta un respaldo teórico de los tipos de mantenimiento que se utilizan en la industria, los procesos de refrigeración, intercambio de calor y lubricación. Asimismo presenta registros de mantenimiento e inspección de los equipos y la posible automatización por medio de sensores de presión en compresores.

ABSTRACT

The main objective of this research is to establish a maintenance program for evaporative condensers and cooling towers that is practical and easy to understand for the operating and maintenance personnel of the company under study, and also to establish a proposal for equipment automation.

The development of the maintenance plan was carried out a thorough inspection of the condition and operation of equipment as well as a review and analysis of maintenance performed prior to them.

Finally, for the preparation of the plan it was taken into account all repairs and modifications to the equipment involved in the process, quotes, total maintenance costs, routines and procedures to be followed to provide efficient maintenance; as well as grease and oils suitable for lubrication, and the diagrams of the processes. The maintenance plan provides a theoretical support for the types of maintenance that are used in industry, cooling processes, heat transfer and lubrication. It also has maintenance records and inspection of equipment and a possible automation with pressure sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas generadoras de bienes y servicios que utilizan instalaciones, edificios, máquinas, equipos, herramientas, dispositivos, etc. para lograr su objetivo social, necesitan que estos activos se mantengan en un estado de funcionamiento, confiabilidad y disponibilidad adecuados a sus necesidades, al procurar que su vida útil sea la máxima posible al mínimo costo; lo que se logra a través del mantenimiento, el cual actúa como una entidad de servicio a la producción. La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.

El mantenimiento, al ser una entidad de apoyo a producción juega un rol diferente al que se ha querido interpretar, ya que básicamente al ser una entidad de servicio, su estructura es distinta al de las unidades operativas que generan bienes o servicios; por lo cual sus características son de apoyo y como tal debe manejarse con un enfoque logístico.

Los objetivos del mantenimiento sirven de apoyo logístico para que otras áreas de empresariales puedan cumplir su función de producción de bienes o servicios

La complejidad empresarial de hoy en día, el gran desarrollo tecnológico involucrado en los equipos de producción y en edificios e instalaciones de prestación de servicio; hacen que el mantenimiento se deba estudiar y aplicar con mayor contenido científico, rigurosidad analítica y profundidad, si se desea que alcance su objetivo principal bajo las condiciones actuales y futuras de sus clientes.

II. ANTECEDENTES

A. Descripción de los equipos

1. Torres de enfriamiento: Las centrales eléctricas, los grandes sistemas de aire acondicionado y algunas industrias generan grandes cantidades de calor de desecho que con frecuencia se arroja hacia el agua de enfriamiento de lagos o ríos cercanos. Sin embargo en algunos casos el suministro de agua es limitado o la contaminación térmica alcanza niveles preocupantes. En tales casos, el calor de desecho debe rechazarse hacia la atmósfera, con el agua de enfriamiento recirculando y sirviendo como medio de transporte para la transferencia de calor entre la fuente y el sumidero (la atmósfera). Una manera de lograr esto es por medio del uso de torres de enfriamiento húmedas. (Bloes:2007)

Una torre de enfriamiento húmeda es básicamente un enfriador evaporativo semicerrado. El aire entra a la torre por el fondo y sale por la parte superior. El agua caliente del condensador se bombea hacia la parte superior de la torre y se rocía en esta corriente de aire. El propósito del rociado es exponer una gran área superficial de agua al aire. Cuando las gotas de agua caen bajo la influencia de la gravedad, una pequeña fracción del agua (por lo común un pequeño porcentaje) se evapora y enfría el agua restante. La temperatura y el contenido de humedad del aire aumentan durante este proceso. El agua enfriada se acumula en el fondo de la torre y se bombea de nuevo al condensador para absorber calor de desecho adicional. El agua de reemplazo debe añadirse al ciclo para sustituir el agua perdida por la evaporación y por el arrastre del agua. Para reducir la cantidad de agua transportada por el aire se instalan pantallas deflectoras en las torres de enfriamiento húmedas encima de la sección de rociado.

La circulación del aire en la torre de enfriamiento recién descrita la proporcionan un ventilador, y por lo tanto, ésta se clasifica como una torre de enfriamiento de tiro forzado. Otro tipo muy empleado de torre de enfriamiento es la torre de enfriamiento de tiro natural, que se asemeja a una gran chimenea y trabaja como una chimenea ordinaria. El aire en la torre tiene un alto contenido de vapor de agua, por lo que es más ligero que el aire exterior. En consecuencia, el aire ligero en la torre asciende y el aire exterior más pesado llena el espacio desocupado; de esta forma, se crea un flujo de aire del fondo de la torre hacia la parte superior. La tasa de flujo de aire es controlada por las condiciones del aire atmosférico. Las torres de enfriamiento de tiro natural no necesitan ninguna fuente de potencia externa para inducir el aire, pero su construcción resulta un poco más costosa que la de las torres de enfriamiento de tiro forzado. El perfil de las torres de enfriamiento de tiro natural es hiperbólico. El objetivo del perfil hiperbólico es tener una mayor resistencia estructural y no obedece a ninguna razón termodinámica.

La idea de una torre de enfriamiento se inició con el estanque de rocío, donde el agua caliente es rociada en el aire y se enfría por medio de éste cuando cae en el estanque. Algunos estanques de rocío aún se utilizan en la actualidad. No obstante, requieren de 25 a 50 veces el área de una torre de enfriamiento, implican pérdidas considerables de agua debido al arrastre del aire, y carecen de protección contra el polvo y la polución. (Dhillon, 2002)

También se podría descargar el calor de desecho en un estanque de enfriamiento, que es básicamente un gran lago abierto a la atmósfera. Aunque la transferencia de calor de la superficie del estanque a la atmósfera es muy lenta, y en este caso se necesitaría de casi 20 veces el área del estanque de rocío para producir el mismo enfriamiento.

2. **Condensadores evaporadores:** Los condensadores evaporadores proveen rechazo de calor para muchos sistemas. Son utilizados para proporcionar temperaturas de condensación inferiores y por lo tanto ahorros hasta del 30 por ciento en potencia de los compresores en comparación con un sistema enfriado por aire (Dhillon, 2002). Durante la operación el vapor que se condensa y se distribuye a través de un serpentín de condensación que está en continuo contacto con el medio en el exterior por un sistema de agua de recirculación. Aire es forzado o empujado por la bobina, provocando una pequeña porción de la recirculación de agua se evapore. La evaporación quita calor del vapor en la bobina, haciendo que se condense.

B. Mantenimiento

La función principal de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento a través de las distintas épocas acorde a las necesidades de sus clientes; que son todas aquellas dependencias y/o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos, para producirlos.

La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre formaba parte de la energía de dichos equipos.

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX en los Estados Unidos donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo. (Moblely, 2008)

El progreso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo; el análisis se lleva a cabo en cada una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

C. Mantenimiento e Ingeniería de Mantenimiento

A pesar que la ingeniería de mantenimiento y el mantenimiento tienen el mismo objetivo, el entorno en que operan difiere significativamente. Más concretamente, la ingeniería de mantenimiento es una función analítica y metódica. Por el contrario, el mantenimiento es una función que debe llevarse a cabo bajo circunstancias adversas y su principal objetivo es restaurar rápidamente el equipo a su estado de óptimo funcionamiento utilizando los recursos disponibles. No obstante, los objetivos que contribuyen a la ingeniería de mantenimiento incluyen mejorar las operaciones de mantenimiento, reducir la cantidad y la frecuencia de mantenimiento, reducir el efecto de la complejidad, establecer la frecuencia óptima y el alcance de mantenimiento preventivo que se llevará a cabo, mejorar y asegurar la máxima utilización de las instalaciones de mantenimiento y mejorar la organización de mantenimiento.

D. Elementos de una dirección de mantenimiento eficaz

Hay muchos elementos de la gestión de mantenimiento eficaz, cuya eficacia es la clave para el éxito global de la actividad de mantenimiento. Algunos de estos elementos se describen a continuación.

1. **Políticas de mantenimiento:** Una política de mantenimiento es uno de los elementos más importantes de la gestión de mantenimiento eficaz. Es esencial para la continuidad de las operaciones y una comprensión clara del programa de gestión de mantenimiento, independientemente del tamaño de una organización de mantenimiento. Por lo general, las organizaciones de mantenimiento cuentan con manuales que contengan elementos tales como las políticas, programas, objetivos, responsabilidades y autoridades para todos los niveles de supervisión, las obligaciones de declaración, los métodos y técnicas útiles, y los índices de medición del desempeño. A falta de esa documentación, se debe desarrollar un documento de política con toda la información política esencial.

2. **Control de material:** Los costos de materiales representan aproximadamente el 30 a 40% del costo total de mantenimiento. Una utilización eficiente del personal depende en gran medida de la eficacia en la coordinación de materiales. Los problemas con materiales pueden conducir a inicios falsos, retrasos, incumplimiento de fechas programadas, etc. Pasos como la planificación de

trabajo, de coordinación con la compra, la coordinación con los almacenes, la coordinación de la expedición de los materiales, y revisar el trabajo completo puede ayudar a reducir los problemas relacionados con materiales. Decidir si tener los repuestos en la bodega es uno de los problemas más importantes en el control.

3. **Sistemas de orden de trabajo:** Una orden de trabajo autoriza y dirige un individuo o un grupo para realizar una tarea dada. Un sistema de órdenes de trabajo bien definido debe abarcar todos los trabajos de mantenimiento solicitados y logrados, ya sea repetitivo o puestos de trabajo de una sola vez (Mobley 2008). El sistema de orden de trabajo es útil para la gestión en el control de costes y la evaluación de desempeño en el trabajo. Aunque el tipo y el tamaño de la orden de trabajo puede variar de una organización de mantenimiento a otra, una orden de trabajo debe contener como mínimo la información que solicitud y fechas de finalización previstas, una descripción del trabajo su razón, la fecha prevista para el inicio, el trabajo y costos de material, el punto o artículos a los afectados, la categoría de trabajo (mantenimiento preventivo, reparación, instalación, etc.), y las firmas pertinentes aprobación.

4. **Récords del equipo:** Los registros del equipo juegan un papel crítico en la eficacia y eficiencia de la organización de mantenimiento. Por lo general, los registros del equipo se clasifican en cuatro: trabajos de mantenimiento realizados, costos de mantenimiento, inventario y archivos. La categoría de trabajos de mantenimiento realizados contiene documentación cronológica de todas las reparaciones y mantenimiento preventivo realizado durante el período de servicio a la fecha. La categoría de costos de mantenimiento contiene perfiles históricos y acumulaciones de mano de obra y costos de materiales por servicio. La categoría de inventario contiene información como el número de propiedad, tamaño y tipo, el costo de adquisición, fecha de fabricación o adquisición, el fabricante y la ubicación de los aparatos. En la categoría de los archivos se incluyen los manuales de operación y de servicio, garantías, dibujos, etc. Los registros del equipo son útiles para la adquisición de nuevos elementos y equipos para determinar tendencias de los resultados, reparación de fallas, investigación de incidentes, identificar áreas de preocupación, determinar la fiabilidad y estudios de mantenimiento y la realización de los costos del ciclo de vida y estudios de diseño.

5. **Planeación y programación de trabajo:** La planeación del trabajo es un elemento esencial en la gestión del mantenimiento efectivo. Un número de tareas deben llevarse a cabo antes de iniciar el trabajo de mantenimiento; por ejemplo, la adquisición de piezas, herramientas y materiales, coordinación y entrega de piezas, herramientas y materiales, identificación de métodos y secuenciación, coordinación con otros departamentos y la obtención de permisos de seguridad.

A pesar que el grado de planeación requerido puede variar dependiendo de los métodos utilizados, experiencias anteriores indican que en promedio un planificador es requerido por cada veinte técnicos de mantenimiento.

Estrictamente hablando, una planeación formal debería cubrir el 100% de la carga del mantenimiento pero los trabajos de emergencia y los pequeños, trabajos directos son llevados a cabo en un ambiente menos formal. Así, en la mayoría de organizaciones del mantenimiento, en un 80% a 85% la cobertura de dicha planificación es alcanzable. (Dhillon, 2002)

La programación del mantenimiento es tan importante como la planificación del trabajo. La eficacia de la programación se basa en la fiabilidad de la planificación. Para trabajos grandes debe plantearse la posibilidad de utilizar métodos como el Programa de evaluación y revisión técnica (PERT), y el método del camino crítico (CPM) para asegurar la efectividad del control total.

E. Mantenimiento Correctivo

Aunque se hace todo lo posible para que los sistemas de ingeniería sean los más confiable posible a través del diseño, mantenimiento preventivo, y así sucesivamente, estos pueden llegar a fallar eventualmente. En consecuencia, se deben reparar a su estado inicial de operación. Por lo tanto, la reparación o mantenimiento correctivo se puede definir como las medidas correctoras llevadas a cabo debido a fallas o deficiencias descubiertas durante el mantenimiento preventivo, para reparar un equipo a su estado operacional.

Por lo general, el mantenimiento correctivo es una acción de mantenimiento no programado, básicamente integrado por las necesidades de mantenimiento imprevisibles que no pueden ser planificadas. La acción requiere una urgente atención que debe ser agregada, integrada, o sustituida para elementos del trabajo previamente planificados.

F. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo (MP) es un componente importante de una actividad de mantenimiento. Dentro de una organización de mantenimiento por lo general representa una proporción importante del esfuerzo total de mantenimiento. MP se puede describir como la atención y el servicio de las personas vinculadas con el mantenimiento para mantener el equipo / instalaciones en estado operativo satisfactorio al prever la inspección sistemática, la detección y corrección de fallos incipientes o bien antes de su ocurrencia, o antes de su desarrollo en gran fracaso.

Algunos de los principales objetivos de la MP son: mejorar la vida de los bienes de capital productivo, reducir fallos críticos en equipos, permitir una mejor planificación y programación de tareas de mantenimiento necesarias, reducir al mínimo las pérdidas de producción debido a fallas en los equipos, y promover la salud y la seguridad del personal de mantenimiento.

De vez en cuando los programas de mantenimiento preventivo fallan debido a que el costo es injustificable o bien toman un tiempo considerable en dar resultados. Se hace hincapié en que todos los MP deben ser rentables.

Existen siete elementos importantes que se deben tomar en cuenta al realizar un mantenimiento preventivo los cuales se listan a continuación:

1. Inspección: examen periódico a los materiales / objetos para determinar su capacidad de servicio mediante la comparación de sus características físicas, eléctricas, mecánicas, etc., a los estándares esperados.
2. Servicio: se refiere a la limpieza, lubricación, recarga, preservación, etc., periódica de materiales para prevenir la ocurrencia de fallas incipientes.
3. Calibración: determinación periódica del valor de las características de un elemento al compararlo con un estándar; esto consiste en la comparación de dos instrumentos, de los cuales uno es un estándar certificado con una exactitud conocida, para detectar y ajustar cualquier discrepancia en la precisión de los materiales o parámetros que están siendo evaluados con el valor estándar establecido.
4. Pruebas: chequeos constantes para determinar la capacidad de servicio y para detectar degradaciones posibles fallas relacionadas con los equipos eléctrico-mecánicos.
5. Alineación: realizar cambios a un elemento variable del equipo con el propósito de alcanzar un desempeño óptimo del sistema.
6. Ajuste: hacer arreglos constantes a los elementos variables para lograr un rendimiento óptimo del sistema.
7. Instalación: Sustitución periódica de elementos de vida limitada o que sufren desgaste, para mantener la tolerancia especificada del sistema.

G. Mantenimiento Predictivo

La tecnología moderna proporciona una serie de métodos, que permiten evaluar externamente las condiciones de funcionamiento de la maquinaria a través del control y evolución de ciertos parámetros (vibraciones, temperaturas, análisis de aceites, presiones de engrase,...). Basándose en estos métodos, el mantenimiento predictivo condicional busca como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas, a través de la información obtenida de la inspección del estado del equipo. Esta inspección se llevará a cabo por una vigilancia periódica, o continuada, de los niveles o umbrales correspondientes a los parámetros que definen la condición de funcionamiento del equipo, y que se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas. Esta metodología permite seguir con notable precisión el estado de la maquinaria, así como la evolución de los síntomas de fallo, con el fin de:

- Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería o fallo, con el fin de poder evitarlo a través de una intervención programada.
- Alargar al máximo la vida útil de las piezas, herramientas, útiles y conjuntos con el fin de abaratar los costes de mantenimiento.

El grado de incidencia económica de las máquinas en el proceso productivo, como consecuencia de los costes debidos a las paradas o interrupciones por disfuncionamiento, así como las propias reparaciones de las averías, son los parámetros o factores que deberían condicionar el nivel de profundidad en la implantación de un plan de mantenimiento predictivo. (Dhillon, 2002) Se debe definir, con base a un criterio económico, las necesidades de recursos humanos y técnicos para cubrir los objetivos previstos. Sin embargo, son estas disponibilidades humanas y técnicas las que habitualmente condicionan el nivel de ejecución del predictivo.

El mantenimiento predictivo presupone la monitorización de la instalación, máquina o equipo a controlar. Por ello es necesario, en muchas de estas técnicas, la instalación de sensores para la captación de una señal preventiva (vibración, ruido, temperatura, presión, análisis de partículas de lubricante, etc.). La señal captada debe ser posteriormente analizada e interpretada para poder tomar decisiones si así procede, comparándolas con las señales correspondientes a situaciones previamente conocidas de los equipos en marcha ideal inicial (estado de referencia).

En muchos casos, la captación de la señal, así como su posterior análisis, requieren tecnologías específicas muy sofisticadas, con una instrumentación también compleja cuyo manejo requiere personal altamente cualificado, de ahí que pese a su probada validez, aún haya resistencias a la generalización de este mantenimiento.

Los nuevos entornos productivos han permitido que en el proceso de evolución del mantenimiento, la implantación del mantenimiento predictivo vaya de la mano con otra forma más simple de predecir y diagnosticar, el auto mantenimiento. Se trata éste de un mantenimiento preventivo sistemático condicional, integrado en la fabricación dentro de las técnicas TPM, en el que el operario de producción incorpora a sus labores tradicionales la realización de labores de limpieza y engrase de los equipos a su cargo, así como pequeñas intervenciones sobre los mismos. Estas nuevas tareas permiten al operario un nivel de conocimiento sobre los equipos que, unidos a la continua proximidad a estos, le convierte en el sensor más importante del estado de su equipo de trabajo, descubriendo rápidamente variaciones sobre el estado de referencia. Con la incorporación del auto mantenimiento, el predictivo se va a convertir en un seguro fiable del funcionamiento en los sistemas de producción en la mayoría de las actividades industriales.

Este mantenimiento predictivo será capaz de proporcionar:

- Una detección anticipada del deterioro o desgaste de un componente, con la consiguiente prevención anticipada del fallo. El objetivo de esta etapa es minimizar los daños ocasionados por paradas catastróficas y aumentar la fiabilidad del sistema.
- Prever el tiempo que se dará el deterioro o desgaste y relacionarlo con la posibilidad de originar fallos mayores en el proceso, en forma de interrupciones del mismo o desperdicios por pérdidas de calidad. Para desarrollar esta etapa se ha de conocer, a través de una estimación basada en los históricos, la tendencia y el valor característico límite del parámetro que se controla. Par ello es necesario que el personal tenga un alto nivel de formación, no sólo en el manejo de los equipos, sino también en la interpretación de los resultados.
- Planificar es el objetivo. Conocer el estado de los equipos comparándolo con el estado de referencia y su tendencia de deterioro, permite la planificación de las intervenciones en los mismos, minimizando el impacto sobre el proceso productivo y aumentando la fiabilidad del sistema. En el caso de útiles y herramientas, permite decidir el momento más económico para hacer su sustitución por desgaste, tratando de buscar el valor límite de la vida útil.
- A través de los conocimientos de los sistemas que se adquieren con el uso de esta metodología se abren nuevas posibilidades en los procesos de mejora continua y la búsqueda permanente de nuevos estándares y procedimientos de:
 - Las condiciones ideales de trabajo.
 - Materiales.
 - Producto.

III. JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento industrial es un campo de la ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal como justifica el hecho de que en las actividades industriales los costos del mantenimiento constituyen un porcentaje apreciable de su producto interno bruto. En algunos sectores, el mantenimiento resulta esencial para el desarrollo de su propia actividad sobre la que se aplica, mientras que en otros la existencia de un mantenimiento eficaz constituye uno de los elementos más importantes para la consecución de la competitividad en el marco económico regional o global.

Aunque el enfoque científico del mantenimiento data sólo de unas pocas décadas, ha logrado experimentar un importante desarrollo en su concepción, metodología y niveles de aplicación. De la mera reparación de las averías surgidas en máquinas, ha pasado a constituir un sistema complejo de gestión optimizada de recursos técnicos y organizativos que corrige, previene y predice tales averías, garantizando la disponibilidad, fiabilidad y utilización eficiente de las instalaciones, siempre dentro del cumplimiento de criterios de seguridad, calidad y compatibilidad medioambiental.

En la actualidad muchas empresas tratan de realizar programas de mantenimiento adecuados a sus necesidades para reducir costos y en especial para mejorar la productividad. En Guatemala, por lo general, se manejan los tipos de mantenimiento correctivo, el cual a un corto plazo resulta en un costo más elevado, y el preventivo, que al aplicarlo brinda una mayor rentabilidad. Contar con un departamento de mantenimiento preventivo conlleva con una capacitación constante del personal operativo.

En la fábrica de bebidas, los condensadores evaporadores y torres de enfriamiento muchas veces son equipos que se quedan en el olvido por el área donde se encuentran y únicamente se realiza mantenimiento correctivo, es por ello que es de suma importancia establecer las especificaciones y rutinas mínimas que se deben seguir para incorporar un mantenimiento preventivo y así poder reducir al mínimo los costos y mantener a la empresa en una mejora continua.

IV. OBJETIVOS

A. General

1. Establecer un programa de mantenimiento para condensadores evaporadores y torres de enfriamiento que sea práctico y fácil de entender para el personal operativo y de mantenimiento de la empresa. A la vez establecer una propuesta para automatizar el equipo vinculado al proceso de enfriamiento previo a la carbonatación de las bebidas.

B. Específicos

1. Comprender los tipos de mantenimiento y la aplicación que se le puede dar a los equipos, así como la importancia de una buena lubricación.
2. Conocer los equipos y los procesos que se utilizan en la planta para fabricar las bebidas carbonatadas.
3. Demostrar los costos económicos que tiene realizar un mantenimiento correctivo a los equipos de enfriamiento de la planta.
4. Proponer los procesos de mantenimiento para que se de una posible mejora en la eficiencia de los equipos.
5. Establecer una serie de procedimientos, rutinas y registros para que los operarios puedan dar un mantenimiento eficaz.

V. PROBLEMA A RESOLVER

La industria de bebidas carbonatadas, como cualquier otra industria, en aras de incrementar su producción, busca disminuir lo más posible los tiempos de mantenimiento. En muchas ocasiones el mantenimiento de equipos que no son tan determinantes en el producto final, como llenadoras, etiquetadoras, lavadoras, paletizadoras, etc, son dejadas en el olvido y fallan eventualmente. La implementación de un adecuado programa de mantenimiento puede reducir enormemente los costos que conlleva un mantenimiento correctivo, además de reducir el tiempo que se debe parar la producción para hacer todos los servicios. Un plan de mantenimiento representa parar más veces la producción, pero representa menos costos antes mencionados, es por ello que la implementación de un programa eficaz es de suma importancia.

VI. METODOLOGÍA

Para dar inicio con el proceso de investigación se procederá a realizar visitas programadas y guiadas a la planta de la fábrica de bebidas. En la primera visita se pretende revisar los procesos en los cuales están involucrados los condensadores evaporadores para luego hacer un diagrama de procesos.

En la segunda visita se recaudará información principalmente con los operarios de la planta encargados del área de mantenimiento y lubricación, conociendo así la frecuencia con la cual se realizan dichos procedimientos. De igual forma se verificará si los procedimientos de mantenimiento y lubricación se están realizando de forma correcta según las recomendaciones fabricante. Para respaldar los datos obtenidos, se llevará a cabo una búsqueda bibliográfica con referencia a los datos técnicos de los condensadores evaporadores a investigar, cuáles son las condiciones de diseño, el modelo, piezas, número de partes, entre otros datos.

Se recolectarán datos a través del desmontaje de los rotores del ventilador y de la caja reductora para ver el desgaste de los ejes, de la corona, del piñón y demás piezas. El desgaste demostrará si los intervalos de mantenimiento y si los lubricantes utilizados han sido los correctos. Se harán mediciones de temperaturas del agua de enfriamiento y de la temperatura ambiental para establecer una posible automatización del arranque y detenimiento de los rotores conforme se necesite y así disminuir costos. Se desmontará todo el condensador, evaporador y la torre de enfriamiento para hacer una limpieza de toda su estructura para eliminar incrustaciones por polvo, heces de aves, falta de limpieza y suciedad del ambiente en general. Así mismo se hará un cambio de chumaceras, cojinetes, acople de potencia y ejes.

VII. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS CARBONATADAS

A. Torre de enfriamiento Marley

1. Funcionamiento. Son torres de acero con circulación a contracorriente, concebidas para ser utilizadas en sistemas de aire acondicionado y enfriamiento, así como también para cargas ligeras y medias en procesos industriales con agua limpia. Utiliza un ventilador para proveer un caudal de aire conocido a través de la torre.

Ilustración No. 1. Torre de enfriamiento Marley



2. Equipo

a. Ventiladores. Los ventiladores son de tipo helicoidal, con palas de aleación pesada de aluminio. Los ventiladores son accionados mediante una faja de transmisión, poleas y rodamientos.

Ilustración No. 2. Ventilador



b. Motores. Los motores son TEFC (Total Enclosed Fan –Cooled) con par de torsión variable e inversor, deben estar especialmente aislados para hacerles los servicios. Las velocidades y características eléctricas serán 1500 rpm (a menos que se indique lo contrario), devanado sencillo, trifásico con una frecuencia de 50 Hz. Se utilizan motores TEFC debido a que utilizan el caudal de aire que produce el ventilador como fuente de enfriamiento. En funcionamiento a las condiciones de diseño no se debe superar la potencia nominal del motor.

Ilustración No. 3. Motor TEFC



c. Persiana. Fabricadas de PVC de paso triple con una trayectoria mínima de aire de 127 mm, para evitar salpicaduras de agua al exterior y que la luz solar entre a la balsa de agua. Para facilitar la revisión y prolongar la duración de las persianas, deben ir contenidas en una estructura desmontable que se pueda acoplar a la toma de aire sin necesidad de herramienta.

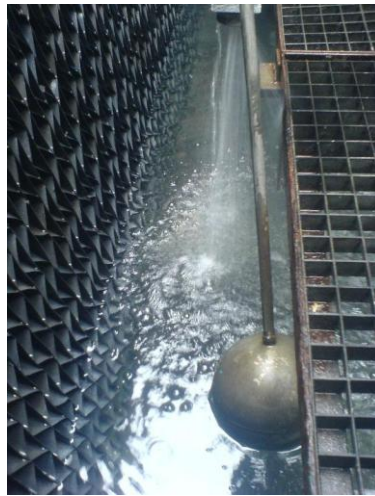
Ilustración No. 4. Persiana de aire



d. Acceso. Hay dos puertas de acceso rectangulares situadas en la cámara del ventilador, éstas se deben mantener cerradas todo el tiempo.

e. Balsa de agua fría. Fabricada de acero galvanizado de gran espesor que incluye la cantidad y tipo de conexiones de aspiración necesarias para acomodar el sistema de tuberías de salida. Todas las conexiones de aspiración están equipadas con rejillas para residuos. Tiene una válvula mecánica para aporte, montada de fábrica y accionada por flotador. Se suministra una conexión de rebose y vaciado en cada celda de la torre. El fondo de la balsa está inclinado hacia el drenaje para poder barrer por completo los sedimentos y fangos que se puedan acumular.

Ilustración No. 5. Flotador



f. Interruptor. Sirve para encender o apagar el motor del ventilador.

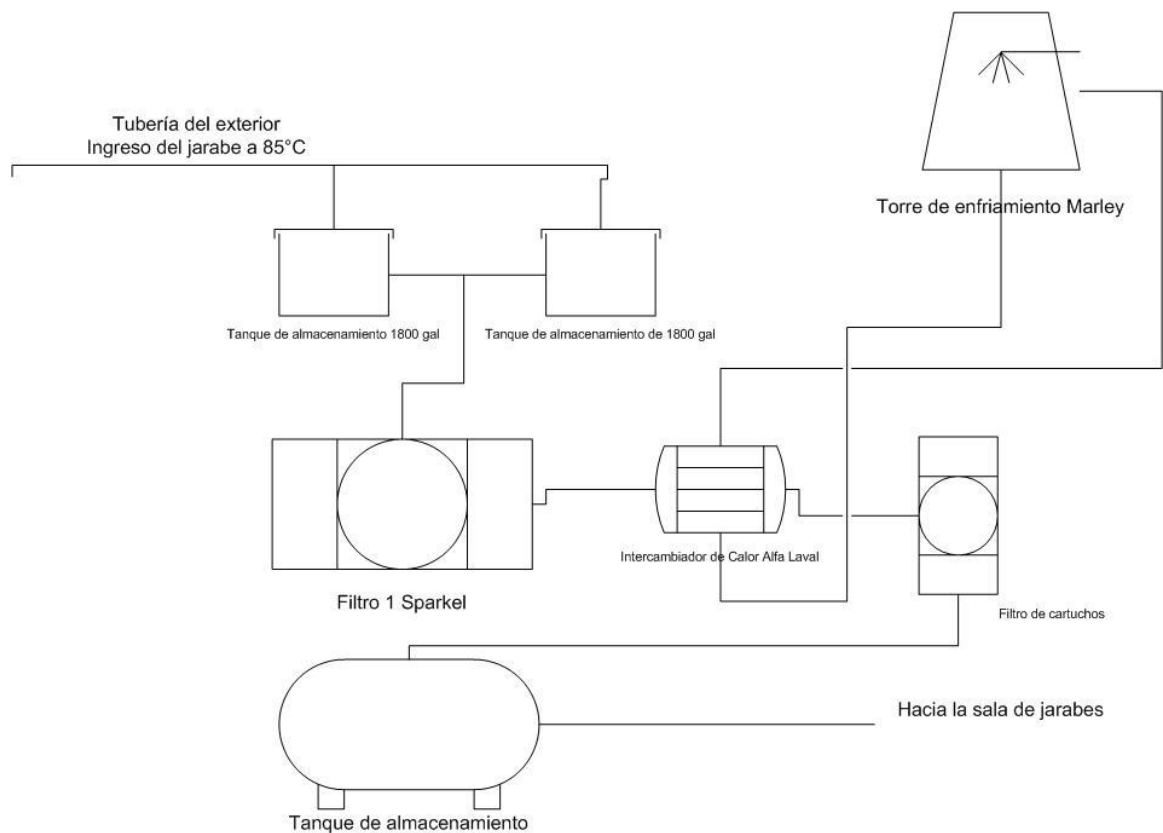
Ilustración No. 6. Interruptor



3. **Descripción del proceso:** la torre es usada en el proceso de enfriamiento del jarabe utilizado en las bebidas. El jarabe es producido y luego enviado por medio de una tubería a 85°F. Es distribuido en uno o dos tanques dependiendo de la cantidad producida, de los cuales cada uno puede almacenar 1800 galones. Luego del almacenaje es bombeado hasta un tanque llamado filtro sparkel el cual tiene una capacidad de 1200 galones y tiene tres tuberías, uno de entrada, uno de recirculación y una de salida. El jarabe es recirculado y filtrado durante 40 minutos. Antes del período de recirculación se le agrega carbón activado al filtro sparkel. Al concluir el tiempo el jarabe es bombeado hasta un intercambiador de calor que utiliza agua como refrigerante, se espera que el jarabe baje hasta 25°C y luego pasa por un filtro de cartuchos para finalmente llegar a un tanque que de 1800 galones en donde es almacenado. El agua utilizada para el intercambio de calor es llevada hasta la torre de enfriamiento en donde se da el proceso de rechazo de calor a la atmósfera y luego es regresada para repetir el ciclo. A partir del tanque en donde se ha almacenado el jarabe se bombea hasta la sala de jarabes según se vaya requiriendo en la producción.

4. Diagrama de proceso

Diagrama 1: Proceso de enfriamiento de Jarabe

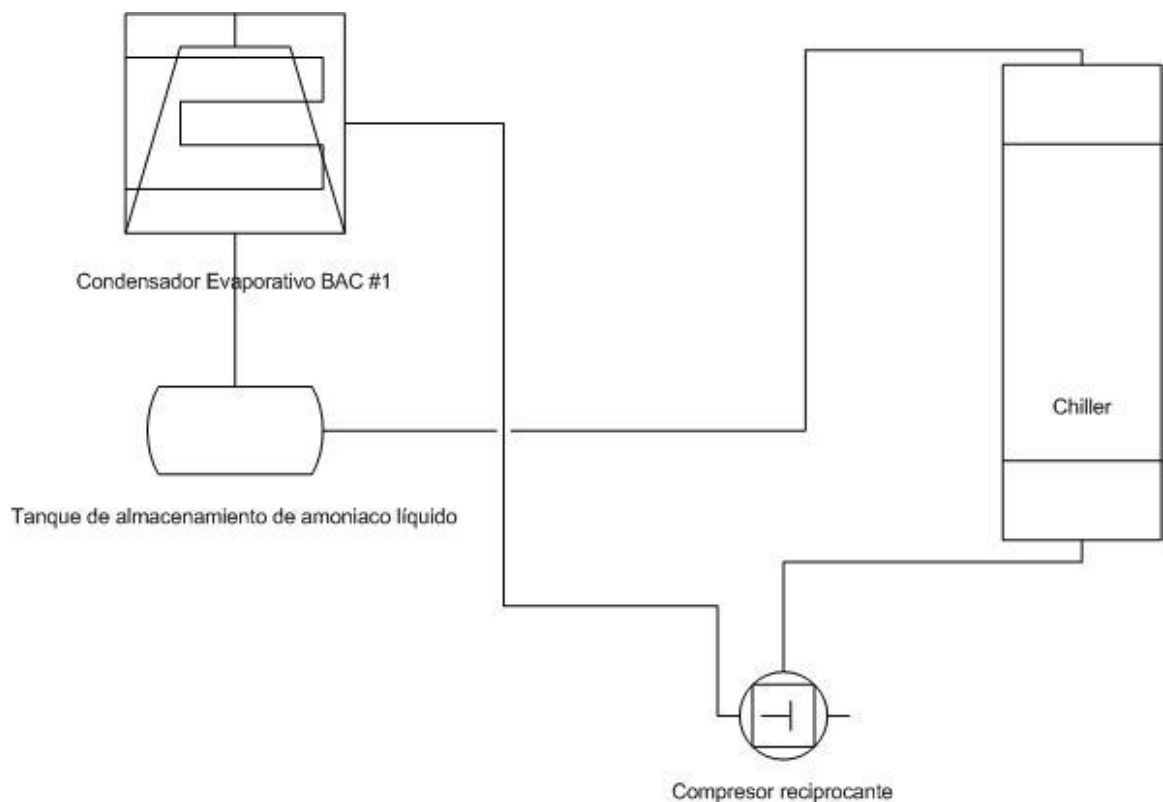


B. Condensador evaporador BAC

1. Descripción del proceso: El condensador BAC se utiliza en el proceso de carbonatación de las bebidas utilizando amoníaco como refrigerante. El amoníaco viaja desde el condensador hasta la línea de producción en forma líquida con una presión de aproximadamente 170 psi. Entra en un intercambiador de calor en donde circula a contraflujo con la bebida. El amoníaco aumenta su temperatura, cambia de estado y se expande hasta bajar su presión a 50 psi aproximadamente. A partir de aquí se lleva el vapor hasta los compresores los cuales aumentan la presión del amoníaco gaseoso hasta 170 psi nuevamente. El amoníaco gaseoso con alta presión es llevado hasta los condensadores BAC y el ciclo se completa.

2. Diagrama de proceso

Diagrama 2: Proceso de enfriamiento de bebidas



C. Condensador evaporador Mojönnier

1. **Funcionamiento.** El aire es llevado desde la parte baja de la torre y es liberado en la parte superior. El agua caliente del condensador es bombeada a la parte superior de la torre en donde es enfriada en un intercambiador de calor. El agua enfriada es bombeada de nuevo al condensador para absorber calor adicional. Esta torre se utiliza para enfriar el agua usada en la fabricación de hielo para el banco de hielo.

Ilustración No. 7. Condensador evaporador Mjönnier



2. Equipo

- a. Eje: Sirve para transmitir potencia a los ventiladores.

Ilustración No. 8. Eje



b. Motores. Un motor sirve para bombear agua el agua fría de regreso a los compresores. El agua absorbe calor nuevamente y luego vuelve a la torre para ser enfriada de nuevo. Hay también un motor que se encarga de mover el eje de los ventiladores.

Ilustración No. 9. Motor de la bomba



c. Poleas y fajas. Las poleas reciben la potencia del eje y las fajas la transmiten hacia la otra polea. Las poleas son de tipo V generalmente hechas con tejidos de algodón o nailon y son impregnadas de caucho. Se utilizan tres fajas por lo que es recomendable utilizar una faja triple en lugar de tres fajas independientes para que resistan mejor la tensión y los esfuerzos.

Ilustración No. 10. Polea y faja



d. Chumaceras y cojinetes. Sirven para sostener el eje y para que éste gire libremente por lo que es muy importante mantenerlo bien lubricado. Como lubricante se puede utilizar grasa o aceite. Se puede usar grasa cuando la temperatura no es mayor a 95°C, la velocidad no es muy alta y cuando se desean largos periodos de operación sin atención. Debido a estas condiciones se utilizará grasa como lubricante principal.

Ilustración No. 11. Chumacera



- e. Depósito de agua. Recibe toda el agua luego de ser enfriada por el aire en el intercambiador de calor ubicado en la parte más alta de la torre. El agua se regresa por medio de una bomba en donde será utilizada como sumidero de calor y será devuelta nuevamente a la torre para que se repita el proceso.

Ilustración No. 12. Depósito de agua



- f. Ventiladores. Son ventiladores centrífugos que se encargan de tomar aire de los alrededores y llevarlo hasta un intercambiador de calor.

Ilustración No. 13. Ventilador



- g. Tubería. Sirve para distribuir los fluidos utilizados en la torre a los lugares deseados.

Ilustración No. 14. Tubería del sistema



- h. Interruptor. Sirve para encender o apagar el motor del ventilador.

Ilustración No. 15. Interruptor



VIII.MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS EQUIPOS

A. Estado antes del mantenimiento

1. Marley

Ilustración No. 16. Relleno



Ilustración No. 18. Relleno



Ilustración No. 17. Balsa de agua fría con sedimentos



Ilustración No. 19. Balsa de agua fría con sedimentos



**Ilustración No. 20. Contaminantes
incrustadas en las hojas**



**Ilustración No. 21. Contaminantes
incrustadas en las hojas**



2. Mojönnier

Ilustración No. 22. Eje y acople



**Ilustración No. 24. Eje y chumacera (sin
lubricante)**

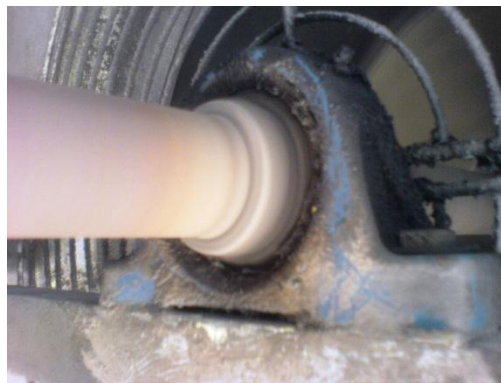


Ilustración No. 23. Corrosión en la estructura



**Ilustración No. 25. Fugas en las tuberías y
válvulas**



Ilustración No. 26. Sedimentaciones en las tuberías



Ilustración No. 27. Corrosión en la estructura y fuga en la tubería



3. BAC: únicamente se le hicieron reparaciones a uno de los ventiladores debido a que hubo un accidente con él.

B. Procedimientos

Para poder realizar los procedimientos de mantenimiento descritos a continuación, se debió parar la producción por un periodo de 72 horas.

1. BAC:
 - a. Verificar la seguridad
 - 1) Asegurarse que esté apagado el flipón principal de corriente eléctrica
 - 2) Desconectar los cables eléctricos
 - b. Desmontar el ventilador
 - 1) Quitar la rejilla de seguridad
 - a) Remover los pernos
 - b) Quitar la rejilla
 - c) Colocar la rejilla en un lugar seguro

- 2) Retirar el ventilador
 - a) Quitar los pernos de seguridad
 - b) Quitar el ventilador con un extractor
 - c) Bajar el ventilador con un lazo
 - d) Llevar al taller para reparación
- 3) Reparar el ventilador
- 4) Llevar el ventilador de nuevo al condensador evaporador e instalarlo

2. Mojönnier

- a. Verificar la seguridad
 - 1) Asegurarse que esté apagado el flipón principal de corriente eléctrica
 - 2) Desconectar los cables eléctricos
- b. Desmontar el eje de transmisión
 - 1) Quitar las chumaceras
 - 2) Remover el eje
 - 3) Cambiar el acople

Ilustración No. 28. Eje y acople (desalineado y oxidado)



Ilustración No. 29. Acople nuevo



- c. Cambio y lubricación de cojinetes y chumaceras

Ilustración No. 30. Chumacera nueva



Ilustración No. 31. Chumacera lubricada



- d. Cambio de fajas
- 1) Retirar la rejilla de seguridad
 - 2) Revisar la tensión de las fajas
 - 3) Dependiendo de la tensión de las fajas cambiarlas

Ilustración No. 32. Cambio de faja



Ilustración No. 33. Cambio de faja



- e. Drenar el agua del depósito
- 1) Cerrar las válvulas del agua de reposición
 - 2) Abrir las válvulas para drenar el agua del tanque

- f. Cambiar el filtro de agua del depósito

Ilustración No. 34. Limpieza de filtro



Ilustración No. 35. Colocación del filtro



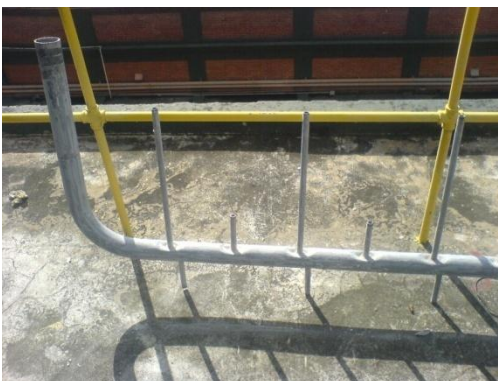
- g. Limpieza de los inyectores

- 1) Remover la tuerca que une la tubería al condensador evaporador
- 2) Quitar la tubería
- 3) Remover todos los inyectores
- 4) Limpiar la tubería por dentro y por fuera con agua a presión
- 5) Limpiar los inyectores de forma individual
- 6) Revisar si hay fugas

Ilustración No. 36. Limpieza de boquillas inyectadas



Ilustración No. 37. Limpieza de tubería



h. Servicio al motor

- 1) Asegurarse que las válvulas estén cerradas
- 2) Desconectar la bomba de la tubería
- 3) Desmontar el motor
- 4) Quitar los empaques
- 5) Revisar el eje
- 6) Revisar el impulsor
- 7) De ser necesario cambiar el impulsor

i. Reinstalar los inyectores

j. Reinstalar el motor

k. Reinstalar la tubería

3. Marley

a. Desmontar el ventilador

- 1) Verificar que se haya apagado el flipón principal de corriente eléctrica
- 2) Desconectar los cables eléctricos

- 3) Quitar la parrilla protectora
- 4) Remover la tuerca del perno central
- 5) Desmontar el ventilador de la base con un extractor
- 6) Bajarlo entre dos o más personas
- 7) Colocarlo en un lugar seguro

Ilustración No. 38. Remoción del perno central



Ilustración No. 39. Extracción del ventilador



- b. Limpiar el ventilador
 - 1) Remover incrustaciones
 - 2) Repintar
- c. Desmontar la caja reductora
 - 1) Quitar los soportes que sostienen la caja reductora
 - 2) Desmontar con sumo cuidado y llevar al taller para hacerle servicio

Ilustración No. 40. Desmontaje de la caja reductora



Ilustración No. 41. Motor del ventilador



- d. Hacer servicio a la caja reductora
- 1) Desarmar la caja
 - 2) Drenar el aceite y secar con un guaipe hasta que ya no quede nada del aceite viejo
 - 3) Quitar los sellos
 - 4) Cambiar todos los cojinetes
 - 5) Cambiar anillos de retención
 - 6) Verificar el desgaste de los dientes del piñón y la corona
 - 7) Cambiar aceite
 - a) Verificar que se está usando el aceite adecuado
 - b) Llenar hasta el nivel que se indica
 - c) Armar la caja reductora

Ilustración No. 42. Desarme de caja reductora



Ilustración No. 43. Quitar los empaques y se drena el aceite



Ilustración No. 44. Verificar el desgaste del piñón



Ilustración No. 45. Verificar la holgura entre los engranes



e. Retirar el relleno

- 1) Quitar las varillas de seguridad
- 2) Remover el relleno por partes (posicionado en módulos para fácil desmontaje)
- 3) Colocar en un lugar seguro

Ilustración No. 46. Persiana



Ilustración No. 47. Remover la persiana



- f. Remover los paneles
- 1) Quitar cada panel de forma individual
 - 2) Colocarlos uno encima de otro

Ilustración No. 48. Quitar las hojas



Ilustración No. 49. Apilar las hojas



- g. Limpieza del relleno y los paneles
- 1) Utilizar agua a presión para remover acumulaciones de polvo, tierra, heces de pájaros, insectos, etc.
 - 2) Es recomendable agregar un tratamiento químico a los paneles que no se les haya quitado por completo la suciedad.

Ilustración No. 50. Lavado de las hojas



Ilustración No. 51. Lavado de las hojas



- h. Limpiar la superficie interna (depósito de agua)
- 1) Cerrar la válvula del agua de reposición
 - 2) Drenar el agua del tanque
 - 3) Lavar adentro para remover el lodo e incrustaciones
 - 4) Quitar con un cepillo la tierra que no se pueda lavar
 - 5) Esperar que se seque

Ilustración No. 52. Balsa de agua fría



Ilustración No. 53. Limpieza de la balsa



i. Pintura interior

- 1) Esperar que seque bien toda la estructura luego de ser lavada
- 2) Aplicar una capa de pintura anticorrosiva a toda la estructura
- 3) Esperar a que seque bien

Ilustración No. 54. Pintura interior de la balsa



Ilustración No. 55. Secado de la pintura anticorrosiva

- j. Armar de nuevo la torre
- 1) Revisar que esté completamente seca la estructura interna
 - 2) Colocar de nuevo el relleno y los paneles
 - 3) Instalar el motor y el ventilador
 - 4) Colocar la persiana
 - 5) Abrir la válvula y esperar a que llene el depósito
 - 6) Conectar los cables eléctricos
 - 7) Prender el flipón
 - 8) Poner a trabajar de nuevo la torre

k. Costos: Los costos que tuvo el mantenimiento correctivo se pueden observar en el apéndice en la cotización realizada por la empresa contratada para realizar las reparaciones. En ésta se detalla el alcance del trabajo, la descripción de los procedimientos que se llevarían a cabo, el costo por realizar dichos procedimientos, forma de pago y el tiempo de entrega. Por razones de confidencialidad se han eliminados los nombres de la fábrica de bebidas carbonatadas y la empresa que realizó los servicios de mantenimiento.

Los costos adicionales del mantenimiento incluyen las horas hombre, que fueron de Q3,476.79 (US\$434.59), y los repuestos, por un monto de Q8,902.88 (US\$1112.86), para un total de Q48,191.67 (US\$6,023.96), con el mantenimiento de la torre y de los condensadores incluido. El departamento de la empresa cuenta con un presupuesto de Q1,191,500 (US\$148,937.5) anuales y se distribuyen mensualmente según se vaya necesitando. En promedio se cuenta con Q99,291.67 (US\$12,411.46) mensuales.

IX. IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

Toda maquinaria eléctrica, mecánica o rotativa constituye un peligro potencial, sobre todo para quienes no están familiarizados con el diseño, construcción u operación de la misma. En consecuencia, se deben tomar las medidas de seguridad adecuadas al trabajar con estos equipos. Esto es necesario para proteger a los usuarios, al público en general y evitar daños en los equipos.

Dependiendo de las condiciones del sitio, puede ser necesaria la instalación de escaleras, cajuelas de seguridad, gradas y plataformas de acceso, así como pasamanos para la seguridad y comodidad del personal de mantenimiento.

En ningún momento se debe operar el equipo sin todas las rejas de seguridad de los ventiladores, los paneles y puertas de acceso.

La operación, mantenimiento y reparación de todos los equipos deben ser realizadas únicamente por personal calificado para hacerlo. Quien realice el trabajo de mantenimiento debe estar altamente familiarizado con el diseño, sistemas que lo componen y modo de operación del equipo además de seguir estrictamente los procedimientos establecidos en el manual del fabricante. En caso de que éste no exista o esté extraviado es posible solicitar uno vía correo electrónico o físico al fabricante.

Se debe tener un cuidado especial, seguir los procedimientos y utilizar las herramientas adecuadas en la manipulación, elevación, instalación, operación, mantenimiento y reparación de todos los equipos para prevenir lesiones en el personal o en el equipo.

Para la protección del personal de mantenimiento, cada motor de bomba o de ventilador asociado con el equipo debe ser instalado con un interruptor que pueda ser apagado y bloqueado en un lugar visible del equipo. Ningún trabajo de servicio debe ser realizado en los ventiladores, motores o adentro de la unidad sin antes cerciorarse de que los motores de los mismos hayan sido desconectados y asegurados.

A. Encendido inicial

Antes de arrancar por primera vez o después de un periodo sin operación, se debe hacer una limpieza e inspección meticulosa de la unidad tomando en cuenta lo siguiente:

1. Limpiar todos los escombros de las entradas de aire, ventiladores, eliminadores, secciones de transferencia de calor y del recipiente de agua fría.
2. Drenar el sumidero de agua fría y lavarlo para eliminar el lodo acumulado. Además aplicar un tratamiento antibacterial.

3. Remover, limpiar y reemplazar todos los filtros del sumidero de agua.
4. Girar el ventilador con la mano para verificar que hay rotación sin obstrucciones
5. Revisar y ajustar de ser necesario la tensión de las fajas.
6. Antes de un encendido ocasional, lubricar el eje del ventilador así como los cojinetes del motor. Los cojinetes de bola vienen lubricados de fábrica pero se deben relubricar si el equipo ha estado sin operación por más de un año.
7. Llenar el sumidero de agua con agua limpia hasta el punto máximo
8. Colocar el flotador para que cierre la válvula de relleno cuando éste llegue a una altura aproximada de ½” por debajo del punto de rebalse
9. Arrancar la bomba para verificar una rotación adecuada
10. Verificar todas las boquillas y las secciones de transferencia de calor
11. Arrancar los ventiladores y verificar que haya una rotación adecuada
12. Comprobar el voltaje y la corriente de los motores del ventilador de la bomba. La corriente no debe exceder los valores indicados en la placa de identificación.

B. Después de 24 horas de operación

Luego que el equipo ha trabajado durante 24 horas se deben realizar los siguientes servicios

1. Revisar la unidad de ruidos o vibraciones inusuales.
2. Revisar el nivel del agua de operación en el sumidero de agua fría
3. Reajustar la tensión de las fajas.
4. Inspeccionar las boquillas y secciones de transferencia de calor

C. Procedimientos

1. **Inspección:** Antes de empezar cualquier mantenimiento se debe realizar una inspección en donde lo más importante es identificar todos los posibles riesgos en cuanto a seguridad y salud asociados con el trabajo y determinar cómo se van a eliminar o controlar dichos riesgos. El personal operativo y administrativo es el activo más importante de cualquier empresa, es por ello que debe ser cuidado como tal. Es de suma importancia que se sigan las normativas mínimas de seguridad antes de iniciar cualquier trabajo en el que el personal pueda resultar lastimado física o psicológicamente. Se pueden seguir normas de la ASIS (American Society for Industrial Security) o bien cualquier otro tipo de estándares que la empresa este suscrita. Es indispensable seguir las especificaciones de seguridad personal y utilizar todo el equipo de protección. Por mínimo que sea el riesgo, el personal de mantenimiento debe utilizar un casco protector, lentes, protectores auditivos y zapatos de punta de acero antideslizantes. No se deben levantar objetos pesados sin las herramientas adecuadas, trabajar cerca de superficies calientes o que contengan materiales peligrosos sin la protección adecuada. Cuando se inicien los trabajos de

mantenimiento y a el personal le sea requerido trepar en las torres de enfriamiento y condensadores evaporadores es indispensable que se utilice un arnés que los proteja contra cualquier caída.

La inspección debe ser minuciosa en cada parte del equipo y se debe anotar las condiciones en las cuales se encuentra el mismo para luego informar al departamento de mantenimiento los trabajos que compete realizar en el área.

a. Carcasa de la torre

- a) Buscar que no haya fugas, grietas, agujeros o deterioro general en la estructura, incluyendo fugas entre los paneles.
- b) Asegurarse que las herramientas de fijación de la carcasa a la estructura esté firme y en buenas condiciones.
- c) Inspeccionar si existe corrosión, fragilidad o formación de grietas en la carcasa de acero y de fibra de vidrio.
- d) Asegurarse que las puertas de acceso están en buen estado y que cierran firmemente cuando la torre está en funcionamiento.

b. Estructura

- a) Lo más importante de verificar e identificar en una estructura metálica es la presencia de corrosión. Se puede encontrar corrosión casi en cualquier parte de la estructura, pero se debe inspeccionar con especial cuidado todo tipo de uniones, ya sean soldadas o por medio de cualquier accesorio como tornillos, pernos, etc.
- b) Se debe inspeccionar también las partes que son de fibra de vidrio en busca de rajaduras o grietas.

c. Cubierta del ventilador

- a) Comprobar el estado general del material de la cubierta del ventilador, tomando nota de cualquier deterioro causado por la corrosión.
- b) El personal se debe asegurar que el soporte de la cubierta está en buenas condiciones y que las conexiones entre la cubierta y los soportes están bien apretadas.

d. Balsa de agua fría

- a) Comprobar la acumulación de lodo y basura en el sumidero de agua y en los filtros.
- b) Buscar si se presenta corrosión o pérdida de material de la balsa de agua.

e. Tubería

- a) Se debe inspeccionar la tubería en busca de corrosión y pérdida del material de recubrimiento.
- b) Examinar todos los soportes para asegurar su integridad para poder dar un servicio continuo.
- c) Detectar fugas y cuán apretadas están las juntas atornilladas.

- f. Boquillas
 - a) Comprobar si hay obstrucciones o señales de desgaste. De ser necesario, retirar un inyector para buscar obstrucciones internas.
 - b) Asegurarse que todos los componentes de los inyectores están en su lugar y funcionando correctamente.
 - c) Buscar cualquier pérdida de material, incluyendo desgaste por corrosión.
 - d) Comprobar las conexiones a la tubería de distribución.
- g. Relleno: El relleno se compone de varias hojas paralelas que están colgadas o recostadas en un soporte fijo de la torre o el condensador evaporador.
 - a) Se deben buscar hojas que estén mal colocadas o caídas y asegurarse que estén aproximadamente a la misma distancia una de la otra.
 - b) Revisar si hay acumulación de materia en las hojas como polvo, tierra, insectos o cualquier otro contaminante.
 - c) Además buscar desgaste, rigidez de las hojas ya que con el tiempo tienden a pandearse, rotura o agrietamiento.
- h. Persianas
 - a) Asegúrese de que todas las láminas estén en su lugar.
 - b) Busque cualquier deterioro en el material como corrosión.
 - c) Revisar el estado de los soportes y conexiones de las persianas entre sí y entre la torre de enfriamiento o condensador evaporador.
- i. Sistema de transmisión de potencia
 - a) Revisar la condición general de las poleas.
 - b) Buscar cualquier punto en donde haya presencia de corrosión o pérdida de metal en la polea.
 - c) Revisar que se tenga una apropiada tensión en las fajas
 - d) Buscar signos de desgaste
 - e) Revisar el lubricante del eje del ventilador
 - f) Asegurarse que los ejes y sellos estén en buenas condiciones
 - g) Revisar los soportes en busca de desgaste o corrosión u otro tipo de daños
- j. Caja de engranajes
 - a) Con el ventilador desmontado revisar el nivel del aceite en la caja.
 - b) Drenar un poco de aceite y examinarlo en busca de materiales extraños como agua, viruta de metal o lodo.
 - c) Revisar si existen fugas de aceite en los sellos
 - d) Comprobar el juego del eje del piñón al girarlo de ida y vuelta, tomando en cuenta la cantidad de rotación libre que tiene el mismo antes de que sus dientes engranen con la corona.

- e) Asegurarse que todos los accesorios que sostienen la caja estén en buenas condiciones.
- f) Verificar desgaste del eje
- g) Verificar desgaste de la corona y del piñón
- h) Verificar el estado de los cojinetes y anillos e retención
- i) Buscar partículas metálicas en el aceite que se puedan haber desprendido por fricción
- k. Eje de transmisión y acoplamientos
 - a) Revisar la alineación del eje
 - b) Buscar evidencia de corrosión o cualquier otro tipo de daño, en particular en donde están las soldaduras.
 - c) Revisar los elementos metálicos en busca de fatiga.
 - d) En algunos casos se tiene únicamente un eje de transmisión, sin embargo, existen casos en que se tienen dos ejes unidos por un acople en el centro. Se debe tener especial cuidado con este acople, mantenerlo bien ajustado y alineado.
- l. Cubierta del ventilador
 - a) Revisar las condiciones generales del material de la cubierta, prestando especial atención a las soldaduras.
 - b) Revisar la condición y el apriete de todas las herramientas de sujeción.
 - c) Medir la holgura entre los álabes del ventilador y su cubierta
- m. Soporte del equipo mecánico
 - a) Verificar si no existe corrosión en toda la estructura metálica, en especial en donde haya soldaduras.
 - b) Revisar que las conexiones entre el equipo mecánico y los soportes del mismo estén bien ajustadas
 - c) Revisar el apriete de todas las conexiones atornilladas.
- n. Válvula de reemplazo
 - a) Operar la válvula manualmente para cerciorarse que abre y cierra adecuadamente.
- o. Chumaceras
 - a) Revisar que no haya presencia de corrosión y que estén lubricadas adecuadamente.
 - b) Verificar que no haya vibraciones excesivas entre el eje, la chumacera y el cojinete.
- p. Cojinetes
 - a) Revisar la lubricación y si no hay presencia de vibraciones excesivas.
- q. Bomba
 - a) Revisar la parte externa del motor en busca de corrosión
 - b) Verificar que la bomba esté bien anclada a la base que la sostiene
 - c) Comprobar si existen vibraciones excesivas.
 - d) Examinar y verificar que el eje de transmisión del motor y el impulsor estén alineados.

- e) Revisar que la temperatura de operación no sea demasiado alta, es decir, fuera de los parámetros recomendados por el fabricante del motor.
- f) Revisar las condiciones del ventilador interno y verificar si hay daños en los álabes.
- g) Revisar los sellos mecánicos y empaques
- h) Revisar la presión y el caudal que está manejando la bomba

2. **Mantenimientos:** Luego de haber hecho la inspección y según el reporte que el personal entregue al departamento de mantenimiento se debe proceder a realizar los servicios y reparaciones necesarias. Estos mantenimientos son generales para las torres de enfriamiento y condensadores evaporadores. Posteriormente en los anexos se especificarán las rutinas de mantenimiento específicas para cada uno de los equipos de la planta de bebidas carbonatadas. Como se especifica anteriormente antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento el personal debe protegerse con todo el equipo necesario para su seguridad física, además se debe desconectar la corriente eléctrica del equipo.

- a. Balsa de agua fría
 - 1) Se debe remover la basura y desechos que se puedan haber acumulado en el pozo
 - 2) Drenar, limpiar y lavar con agua limpia para eliminar los sedimentos que normalmente se acumulan durante el periodo de operación. De no cumplir con lo anterior los sedimentos pueden volverse corrosivos y deteriorar la capa protectora de la estructura.
 - 3) Al terminar de limpiar el tanque se debe hacer lo mismo con los filtros.
 - 4) El nivel de agua de operación en el recipiente de agua fría variará dependiendo de la carga térmica del sistema, la tasa del agua de purga y la presión del agua de reemplazo. Si la temperatura desciende la tasa de evaporación disminuye, cuando estos sucede el agua del tanque aumentará a menos que se realicen los ajustes necesarios. El nivel del agua de operación se debe chequear mensualmente y reajustar el flotador para mantener los niveles de operación recomendados.
- b. Ventilador
 - 1) Inspeccionar que no hayan tornillos flojos o ausentes en el eje del ventilador, en la base y en los cojinetes
 - 2) Chequear si los álabes están flojos, primero girando el ventilador con la mano y luego moviéndolos arriba y abajo. No debería haber juego o deslizamiento.
 - 3) Verificar cada álabe y remover cualquier acumulación de materia que pueda estar causando vibraciones.
 - 4) Revisar el espacio que queda entre la punta del álabe y la cubierta del ventilador. Debe haber un espacio de por lo menos media pulgada.

- 5) Se debe girar con la mano y asegurarse que la rotación del ventilador debe ser suave, sin ningún punto en donde se quede atorado o gire con dificultad evitando así posibles causas de vibraciones o sobrecarga del motor del ventilador.
 - 6) La punta de todos los álabes debe pasar por el mismo punto de la cubierta del ventilador para cerciorarse que los álabes están alineados
 - 7) Cojinetes de bolas
 - a) Bajo condiciones normales de trabajo, los cojinetes deben ser lubricados cada 2000 horas de operación o por lo menos cada seis meses.
 - b) Deben ser engrasados también cuando se vayan a detener por un periodo de tiempo considerable y en el re inicio de operaciones.
 - c) Siempre se debe lubricar con grasa resistente al agua
 - d) Engrasar por medio de una pistola de grasa manual, pero no se deben usar pistolas de alta presión ya que pueden dañar los sellos de los cojinetes.
 - e) Al lubricar se debe sacar la grasa anterior al agregar gradualmente más grasa hasta que la vieja salga completamente y se vea que comienza a salir la grasa nueva.
 - 8) Cojinetes del ventilador del motor: Todos los motores TEFC tienen cojinetes reengrasables, lubricar según especificaciones del fabricante.
- c. Anillos de retención
- a) Cada anillo de retención se debe revisar cada seis meses para asegurar que la carrera interior del cojinete está asegurada con el eje del ventilador.
- d. Ajuste de la faja
- 1) La faja del ventilador debe ser revisada y ajustada cada mes.
 - 2) Para ajustar la tensión de la faja correctamente se debe posicionar el motor del ventilador de modo que un solo cincho se desvíe cuando se aplica una presión moderada con el dedo en la mitad entre las dos poleas.
 - 3) La alineación del equipo debe ser revisada cada año para asegurar una mayor vida útil de la correa. Esto se puede hacer al colocar un nivel que debe tocar cuatro puntos entre las dos poleas, el inicio y al final de cada una.
 - 4) Si se necesita un realineamiento se debe aflojar la polea del motor y ajustarla con la del ventilador.
- e. Bomba
- 1) Lubricar según las especificaciones del fabricante del motor
 - 2) Cambiar los empaques, no se deben dejar demasiado apretados ya que esto causa exceso de fricción y desgaste en el empaque reduciendo la vida útil del mismo.
 - 3) Cambiar los sellos mecánicos

- 4) Apretar los pernos de retención de la bomba a la base que la sostiene por lo menos cada seis meses.
 - 5) Revisar las chumaceras y lubricar los cojinetes
 - 6) Cambiar el ventilador si en el reporte del personal aparece dañado.
- f. Caja de engranes
- 1) Cambiar los cojinetes
 - 2) Cambiar el aceite
 - 3) Cambiar los empaques
 - 4) Cambiar anillos de retención
 - 5) Cambiar sellos
- g. Inyectores y secciones de transferencia de calor: Las boquillas inyectoras y las secciones de transferencia de calor deben ser inspeccionadas y limpiadas de forma regular es recomendable hacerlo cada mes de ser posible. El procedimiento es el siguiente:
- 1) Apagar el ventilador pero dejar funcionando la bomba
 - 2) Verificar que los inyectores están produciendo el patrón de rociado adecuado (forma de sombrilla 360°)
 - 3) Anotar si alguna de las boquillas está obstruida. De ser necesario se pueden remover las boquillas para su limpieza
- h. Control de corrosión y sedimentaciones: En las torres de enfriamiento y en los condensadores evaporadores el enfriamiento se lleva a cabo por la evaporación de una pequeña porción del agua utilizada en el proceso a medida que fluye a través del sistema. Cuando esta agua se evapora, las impurezas que estaban contenidas dentro de ella originalmente se mantienen y se quedan en el agua de recirculación. La concentración de sólidos disueltos va incrementando con el tiempo hasta llegar a niveles inaceptables. Además las impurezas contenidas en el aire generalmente se introducen en el agua de recirculación, intensificando así el problema. Si estas impurezas y contaminantes no son controlados de forma efectiva pueden causar grandes sedimentaciones. El lodo y la corrosión disminuyen considerablemente la eficiencia de la transferencia de calor y aumentan los costos del sistema.

Para aumentar la vida de los equipos y mantener una óptima transferencia de calor los residuos depositados y acumulados en el agua de recirculación se deben mantener dentro de límites aceptables.

Con el fin de controlar la frecuencia de acumulación de los residuos y mantener los equipos dentro de los límites aceptables es necesario purgar una pequeña cantidad de agua de circulación del sistema. El agua purgada debe ser sustituida por el agua de reemplazo limpia. Todo esto ayuda a mantener libres las impurezas. Sin embargo, es necesario un control del agua de reemplazo para asegurarse que ésta no contiene contaminantes.

Si las condiciones del sitio son tales que una purga constante del agua no puede controlar la calidad del agua y minimizar las sedimentaciones se debe aplicar un tratamiento químico según sea necesario.

X. REGISTROS

Los registros se realizaron para todos los equipos de la planta de bebidas carbonatadas. Todos ellos se pueden encontrar en los anexos. Por motivos de confidencialidad se han quitado los encabezados que indican la empresa para la cual se realizaron. Se deben utilizar para llevar un control interno de las operaciones que están siendo realizadas.

1. **Lubricación:** Se elaboró un manual de lubricación que se debe repartir al personal de mantenimiento para que se instruyan sobre la importancia de la lubricación, los tipos que hay, la diferencia entre aceite y grasas y cuándo se debe utilizar cada una además de generalidades de cómo se debe lubricar y las consecuencias de una mala lubricación. Dicho manual se encuentra en los anexos. Se creó un documento en donde se especifica el lugar exacto en donde se debe lubricar en el equipo con fotos y una tabla que indica la frecuencia de lubricación, el tipo de lubricante, la marca y la forma de lubricación.

2. **Limpieza:** Se realizaron rutinas de limpieza que incluyen la frecuencia para realizar el trabajo, materiales a utilizar, técnicas y los lugares adecuados para limpiar.

3. **Creación de programas PM JOB:** La planta de bebidas carbonatadas cuenta con un sistema de base de datos en el cual se pueden crear rutinas de todo tipo, en este caso se crearon las rutinas de lubricación, limpieza y servicios a los equipos. Los programas PM JOB se deben crear en dicho sistema para que posteriormente el ingeniero encargado del departamento de mantenimiento pueda generar éstas órdenes y se pueda llevar un mejor control interno.

4. **Checklists:** Los checklists se crearon para realizar una inspección visual general de forma semanal, mensual y semestral de todos los equipos.

5. **Rutinas de mantenimiento:** Las rutinas de mantenimiento se crearon para que el personal de mantenimiento tenga una guía que pueda seguir con facilidad. Indican paso a paso los procedimientos que se deben seguir para hacerle los servicios requeridos a cada equipo. Debido al uso que se le dan los equipos antes descritos se propone que las rutinas de mantenimiento adjuntas se pongan en práctica cada seis meses para hacer un servicio completo.

XI. PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

En todas las industrias la utilización de motores eléctricos, bombas y ventiladores es indispensable, por lo tanto, estos equipos sean probablemente los más utilizados a nivel mundial. Es por ello que se busca una mejor eficiencia en la utilización de los mismos para tener un mejor provecho de la energía y así disminuir costos. En la planta actualmente se cuenta con un sistema de refrigeración para las bebidas carbonatadas que funciona por medio de dos condensadores evaporativos.

El equipo instalado actualmente es el siguiente: dos condensadores evaporativos marca BAC que están ligados al sistema de refrigeración y líneas de producción de las bebidas. Los condensadores cuentan con tres ventiladores cada uno, lo que da un total de seis ventiladores. Están instalados también seis compresores recíprocos en serie marca Vilter, los cuales tienen un consumo de alrededor de 100 amperios y una potencia de 75 HP.

Los condensadores BAC están combinados al proceso de enfriamiento de las bebidas para lograr una carbonatación óptima. Esto se hace mediante el uso de amoníaco como refrigerante, como se menciona en la descripción del proceso. A medida que aumenta la producción, también aumenta la circulación de amoníaco para enfriar las bebidas. Esto hace que los compresores se vayan activando uno por uno conforme va aumentando la presión en el sistema hasta que se llegue a la producción máxima. Cuando la demanda de condensación aumenta o disminuye, los ventiladores funcionan alternándose unos con otros, pero siempre están funcionando la misma cantidad, generalmente cuatro, por lo que cuando la producción es baja y hay poca necesidad de condensación se desperdicia energía y cuando la producción es alta no sufre la cantidad requerida. Se puede mantener la producción alta debido a que se cuenta con un tanque que almacena amoníaco líquido, el cual es bombeado a la planta conforme se va requiriendo.

Para poder automatizar los ventiladores en los condensadores evaporadores se propone la instalación de sensores de presión en la succión y descarga de cada uno de los compresores, para que a medida que se vayan encendiendo se envíe una señal por medio de un IP, el cual debe detectar la variación de la presión en los compresores y transformarla en una señal de corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica debe ser enviada a un PLC que controle todas las señales recibidas en los compresores para que a su vez mande la orden de encender o apagar los ventiladores. El comando de encendido o apagado debe ser enviado a un variador de frecuencia conectado a los motores de los ventiladores. El variador se encargará de controlar la velocidad rotacional del motor para que éste se encienda suavemente. Se debe contar con el apoyo del personal de electrónicos y eléctricos para la instalación y programación de estos equipos. La implementación de los instrumentos antes descritos optimizará la utilización de los condensadores BAC para que consuman únicamente la energía necesaria según sea la producción.

XII. CONCLUSIONES

- Durante el estudio se pudo observar que no se había realizado ningún mantenimiento a los condensadores evaporadores ni a la torre de enfriamiento de la planta de bebidas gaseosas debido a que representaba parar la producción por un período mínimo de tres días. En muchas ocasiones el gerente de producción prefiere atrasar los tiempos de mantenimiento para no sacrificar su producción.
- Las condiciones ambientales y las el lugar en donde están instalados los equipos aceleran el proceso de desgaste y acumulación de materia extraña por lo que se debe realizar un mantenimiento regular y con rutinas establecidas.
- Los costos del mantenimiento correctivo efectuado en los condensadores evaporativos y en la torre de enfriamiento representaron el 4.04% del presupuesto anual del departamento de mantenimiento.
- Mediante el mantenimiento correctivo se pudo observar que el relleno de la torre de enfriamiento Marley no está en condiciones óptimas. Para reemplazarlo se necesita una inversión de Q34,987.92 (US\$4,373.49), lo que representaría un 2.93% del presupuesto anual del departamento
- Es necesario realizar un mantenimiento al intercambiador de calor que está vinculado al proceso de enfriamiento del jarabe. Este mantenimiento tiene un costo de Q71,974 (US\$8,996.75), lo que representaría el 6.04% del presupuesto anual del departamento.
- Seguir una rutina de mantenimiento establecida es determinante para prolongar la vida útil de los componentes de los equipos.
- Los registros en una rutina de mantenimiento son vitales para que los mantenimientos posteriores se puedan realizar de una manera eficaz y eficiente, además que ayudan a reducir costos al no repetir o hacer un servicio innecesario.

XIII. RECOMENDACIONES

- Adquiera el kit completo del relleno de la torre de enfriamiento Marley y hacer el cambio lo más pronto posible.
- Hacer servicio al intercambiador de calor Alfa Laval que trabaja en el proceso de enfriamiento del jarabe, ya que no se le ha hecho mantenimiento, lo que disminuye su capacidad de enfriamiento y disminuye la eficiencia del proceso.
- Seguir las rutinas de mantenimiento establecidas por lo menos cada seis meses para mantener el equipo de refrigeración e intercambio de calor en óptimas condiciones y así se pueda mejorar la eficiencia.
- Capacitar constantemente a los encargados de la lubricación utilizando el manual entregado para que los operarios mantengan en mente los beneficios y métodos para realizar una buena lubricación y las consecuencias de la falta de ella.
- Realizar inspecciones regularmente después de realizar el primer mantenimiento preventivo posterior al mantenimiento correctivo que se hizo durante la elaboración de este estudio. Se deben hacer estas inspecciones para anotar las condiciones de los equipos e ir ajustando las rutinas propuestas a las necesidades de la planta.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

1. Borrego, Efrén. 2007. *Introducción a las Técnicas de Diagnóstico y Mantenimiento Predictivo*. Sevilla, España.
2. Dillon, Ph D. 2002. *Engineering Maintenance, A Modern Approach*. Estados Unidos. Editorial CRC Press. 222 páginas.
3. Girdhar, Paresh & Moniz, Octo. 2005. *Practical Centrifugal Pumps*. Estados Unidos. El Sevier. 82 páginas.
4. Mobley, Keith. 2008. *Maintenance Engineering Handbook*. Estados Unidos. The McGraw – Hill. 1244 páginas.
5. Pascal, Rodrigo. 2002. *Gestión Moderna del Mantenimiento*. Santiago, Chile. Dpto. Ing. Mecánica, Universidad de Chile. 291 páginas.

Manuales

6. *Torres de Enfriamiento, Una Visión Panorámica*. 2010. Airetecnica S.A. Colombia. 5 páginas.
7. *Evaporative Condensers, Overview*. 2008. Baltimore Aircoil. Estados Unidos. 12 páginas.

Referencias Electrónicas

8. Johnson, Mike. (2008) Benchmarking Your Lubrication Program against a “Best Practice”. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010. http://www.reliabilityweb.com/art07/benchmarking_lubrication_03.html
9. (15 de noviembre de 2002). *Bearing Lubrication II*. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://machinedesign.com/article/bearing-lubrication-ii-1115>
10. (Sin Fecha) *Grease Lubrication*. [Homepage] Consultado el 26 de septiembre de 2010: <http://www.tribology-abc.com/abc/grease.htm#NLGI>

11. Snyder, Daniel. (mayo 2004) *Proper Lubrication Keeps Bearings Rolling Along*. [Homepage] Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://www.machinerylubrication.com/Read/751/lubrication-bearings-rolling>
12. (april 2003). *How Grease – Lubricated Bearings Function*. [Homepage] Consultado el día 30 de septiembre de 2010: <http://www.wwdmag.com/how-grease-lubricated-bearings-function-article4043>
13. (2006). *Bearing Grease Selection*. [Homepage] Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://www.chemurope.com/articles/e/105845/>

XV. APÉNDICE

A. Manual de lubricación

A continuación se presenta la información contenida en el manual de lubricación creado para que el personal de mantenimiento se capacite en cuanto a lo que es la lubricación, para qué sirve, las consecuencias de una buena o mala lubricación, los tipos de lubricación y de lubricantes.

1. **Grasas:** Una grasa lubricante consiste de una base de aceite, aditivos y espesantes, los cuales forman una matriz que retiene el aceite en un estado semisólido. Johnson, Mike. (2008) Benchmarking Your Lubrication Program against a “Best Practice”. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010. http://www.reliabilityweb.com/art07/benchmarking_lubrication_03.htm La mayoría de los espesantes son jabones de litio, calcio o aluminio. Hay jabones complejos para grasas que soportan temperaturas mayores. Un número menor de grasas, restringido para aplicaciones especiales, son hechos con espesantes no de jabón.

Por lo general se utilizan en áreas en donde un suministro continuo de aceite no puede ser retenido, como en cojinetes o engranes. Los factores que deben ser considerados para seleccionar una grasa conveniente son las temperaturas de operación, resistencia a la corrosión, características de las grasas como la viscosidad y consistencia.

Las grasas son utilizadas de forma más amplia como lubricantes en cojinetes de bolas y aplicaciones de baja velocidad, principalmente porque son lubricantes relativamente fáciles de usar y requieren de los más simples dispositivos de sellado.

La composición de las grasas es aproximadamente un 85% de aceite base (mineral o sintético) y un 15% de jabón o espesante, esto puede variar con las diferentes grasas. Una grasa se caracteriza por el tipo de espesante que contiene ya sea de litio o un complejo de litio. Johnson, Mike. (2008) Benchmarking Your Lubrication Program against a “Best Practice”. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010. http://www.reliabilityweb.com/art07/benchmarking_lubrication_03.htm

Al variar la viscosidad del aceite, espesantes y aditivos, los fabricantes de grasas pueden adaptarlas para aplicaciones y condiciones de operación deseadas. En cambio, mezclar tipos de grasas en una máquina puede ser fatal y se debe evitar ya que al hacer esto es lo mismo que contaminar el lubricante y el resultado puede ser una grasa más suave que deja que el lubricante se salga, o bien una grasa más dura que disminuye su habilidad de lubricar.

Las grasas son clasificadas de acuerdo a su dureza o consistencia de acuerdo al Instituto nacional de grasas lubricantes, NLGI por sus siglas en inglés. Se les da un grado que va desde NLGI clase 000 (muy suave) hasta NLGI clase 6 (muy duro). Estas clasificaciones están basadas en el grado de penetración alcanzado cuando un cono estándar se deja sumergir en una grasa a 25°C durante un periodo de cinco segundos. (15 de noviembre de 2002). Bearing Lubrication II. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://machinedesign.com/article/bearing-lubrication-ii-1115>

La profundidad de penetración es medida en escalas de uno a diez milímetros. Las consistencias de las grasas industriales se encuentran en un rango NLGI clase 1 hasta 3 para re-lubricación en cojinetes industriales.

2. **Optimol Olista Longtime:** Las grasas Optimol Olista Longtime se usan en aplicaciones de lubricación a largo plazo y con un programa demantenimiento bajo. Se usan para condiciones extremas de operación como humedad, polvo, vibraciones, altas cargas, expuesto al aire. Son utilizadas en cojinetes deslizantes y de rodillos altamente cargados. Son particularmente apropiadas para la lubricación a largo plazo y para cargas mecánicas pesadas, como presiones muy altas y vibraciones.

a. **Características**

- a) Capacidades excepcionales de carga en cojinetes
- b) Protección óptima contra el desgaste en el rango de altas cargas
- c) Suavizado de daños en la superficie existentes
- d) Excelente protección a la corrosión
- e) Reduce considerablemente el coeficiente de fricción
- f) Resistente al envejecimiento, el tiempo de vida de los elementos de las máquinas se extiende
- g) Adición extraordinaria, repelente de agua y polvo, resistente al agua caliente y fría
- h) Menor costo de energía y mantenimiento.
- i) Rango de temperatura de aplicación: -30°C a 140°C (NLGI 2); -25°C a 140°C (NLGI3).

b. Características físicas típicas

Tabla 1: Características Físicas Típicas de las Grasas Optimol Olista Longtime. (Sin Fecha) Gease Lubrication.[Homepage] Consultado el 26 de septiembre de 2010: <http://www.tribology-abc.com/abc/grease.htm#NLGI>

	Valor	Valor	Método de Prueba
Olista Longtime	2	3	-
Color	Café	Café	Visual
Base	Aceite mineral de jabón de litio	Aceite mineral de jabón de litio	-
Consistencia/ Grado NLGI	2	3	DIN 51818
Penetración	265 – 295 mm	220 – 250 mm	DIN ISO 2137
Caída de punto	> 180°C	> 185°C	DIN ISO 2176
Resistencia al agua a 90°C	1	1	DIN 51807 T1
Protección a la corrosión	0	0	DIN 51802

3. Lubricación en cojinetes: Una adecuada lubricación en cojinetes es esencial para una operación confiable. La lubricación provee una película que separa los elementos rotativos entre ellos y de las jaulas para prevenir contacto metal con metal. Al controlar el contacto entre superficies, el lubricante es capaz de minimizar los efectos que esto pueda causar, por ejemplo una mayor fricción que conlleva a un exceso de temperatura, fatiga del metal y desgaste. El lubricante debe prevenir la corrosión y daño por contaminantes. Snyder, Daniel. (mayo 2004) Proper Lubrication Keeps Bearings Rolling Along. [Homepage] Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://www.machinerylubrication.com/Read/751/lubrication-bearings-rolling>

La grasa se ha convertido en el lubricante común para cojinetes debido a que tiene varios beneficios: es fácil de aplicar, puede ser retenido por una chumacera y ofrece un sello protector.

Según estudios realizados por fabricantes de grasas, la mitad de las fallas en todos los cojinetes industriales se deben a condiciones de lubricación pobre o inadecuada, causada por una selección incorrecta de la grasa para las condiciones de operación, intervalos de re-lubricación muy largos, mezcla de grasas incompatibles, contaminantes líquidos o sólidos ó un exceso de grasa.

Cuando se selecciona una grasa lubricante para cojinetes, otras condiciones se deben considerar además de la temperatura, velocidad y carga. Por ejemplo se deben considerar los siguientes factores:

- Tipo de máquina
- Tipo de cojinete y tamaño
- Temperatura de operación
- Condiciones de carga de operación
- Rango de velocidad
- Condiciones de operación (como vibraciones verticales u horizontales)
- Condiciones de enfriamiento
- Eficiencia de los sellos
- Ambiente externo

En aplicaciones donde una lubricación manual es necesaria, los usuarios deben confirmar que el lugar donde se hará la lubricación este limpia, que el tipo adecuado y la cantidad necesaria de lubricante están siendo utilizadas. La limpieza de la grasa es tan importante como la cantidad, si la grasa que entra al sistema está contaminada puede provocar más daños que la falta de lubricante. Johnson, Mike. (2008) Benchmarking Your Lubrication Program against a “Best Practice”. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010. http://www.reliabilityweb.com/art07/benchmarking_lubrication_03.htm

Los cojinetes, lubricantes y sellos generalmente son considerados como tres componentes separados, pero realmente deberían considerarse como uno solo. En cualquier aplicación dada cada elemento es tan confiable como lo sean los otros dos. Si el cojinete no puede operar a una carga, temperatura o velocidad dada el resultado es una falla de éste. Si los sellos fallan, el lubricante no puede quedarse en su lugar y el resultado es la falla del cojinete. Generalmente el lubricante es el eslabón más débil ya que si éste no es apto para la velocidad, temperatura, carga, o cualquier factor ambiental, el resultado es una falla en el cojinete.

Sabiendo esto, ¿Cómo se puede evitar que el lubricante sea el eslabón más débil?, primero que nada se debe analizar qué es lo que esperamos del lubricante haciendo una serie de preguntas:

- ¿A qué velocidad será usado el cojinete?
- ¿Qué cargas actúan en el cojinete?
- ¿Cuál es el rango de temperaturas en el que estará trabajando el cojinete?
- ¿Cuál es la temperatura nominal de operación?
- ¿Hay algún químico, solvente, ácido o cualquier otro factor ambiental que el cojinete tenga que soportar?
- ¿Es posible la relubricación? Si es así, ¿Qué tan seguido se debe hacer?

Cuando se han contestado estas preguntas, es necesario decidir qué tipo de lubricante es apropiado para cumplir con las expectativas de vida bajo estas condiciones.

4. Grasa, aceite ó película seca de lubricante: Para la mayoría de los cojinetes se busca una lubricación por medio de aceite o grasa. Como se menciona con anterioridad una grasa es simplemente un aceite espesado, el espesante retiene el aceite y lo libera conforme vaya aumentando la presión.

Es necesario verificar un factor de velocidad para un cojinete el cual se encuentra mediante la siguiente relación

$$FV = (\text{diámetro interno en mm}) \times (\text{velocidad de operación en rpm})$$

Usualmente se utilizan aceites cuando las velocidades de operación son muy altas ($FV > 800,000$) o cuando la temperatura del cojinete es tan alta que se necesita un sistema de enfriamiento para el aceite. (Sin Fecha) Gease Lubrication.[Homepage] Consultado el 26 de septiembre de 2010: <http://www.tribology-abc.com/abc/grease.htm#NLGI>

En la mayoría de las demás aplicaciones con cojinetes de bolas o de rodillos se utiliza grasa como lubricante, esto es debido a que se mantiene en su lugar y puede soportar los aspectos mecánicos y ambientales. Con las grasas es importante considerar con sumo cuidado la cantidad aplicada, ya que el exceso de grasa puede causar más problemas que el aplicar poca. Un cojinete que trabaja a mayor velocidad necesita una menor cantidad de grasa que uno que gira más lento. Cuando los cojinetes están protegidos, es necesario llenar de un 25 a un 40%, dependiendo del tipo de operación. (15 de noviembre de 2002). Bearing Librication II. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://machinedesign.com/article/bearing-lubrication-ii-1115>

Es necesario utilizar una grasa o aceite con una viscosidad adecuada a la temperatura de operación que forme un grosor de película ideal entre las superficies a una velocidad de operación deseada. Se deben considerar también las cargas que estará soportando el cojinete así como las temperaturas máximas y mínimas que se experimentarán. Si se selecciona un lubricante que no soporta la temperatura máxima de operación, se evaporará y degradará rápidamente. Se debe asegurar que el lubricante sea compatible con todos los materiales con los que estará en contacto.

5. Causas de fallas por mala lubricación en cojinetes

- a) Falta de lubricante: si el cojinete no es re-engrasado en un intervalo de tiempo apropiado, con la cantidad necesaria o si el aceite es removido de la base de la grasa por sobrecalentamiento, una falta de lubricante puede ocurrir y contribuir a la falla del equipo.

- b) Incompatibilidad de la grasa: no todas las grasas son compatibles unas con otras. Es importante mantenerse con la misma grasa o encontrar un sustituto compatible
- c) Grasa incorrecta: es importante asegurarse de usar la grasa correcta para la aplicación. Algunos diseños de cojinetes y sus aplicaciones necesitan únicamente grasa de uso general, mientras que otros necesitan grasa de extrema presión.
- d) Degradación de la grasa: el endurecimiento de la grasa, la separación del aceite de la grasa, el colapso químico por el calor excesivo son casos comunes de degradación de la grasa.
- e) Exceso de lubricación: cuando la grasa queda atrapada en medio de las partes del cojinete puede causar doblamiento o fallas.
- f) Para evitar estos problemas es necesario
 - i) Asegurarse que la bomba de grasa tenga la cantidad necesaria de lubricante para volver a engrasar el cojinete
 - j) Limpiar las áreas de relleno para asegurar que no se introduzcan contaminantes en las cavidades del cojinete.

6. Tipos de lubricación: Todos los cojinetes operan con una película de fluido, generalmente aceite o grasa. La película de aceite puede ser mantenida mediante bombeo utilizando un sistema de presurización, en este caso la lubricación se llama hidrostática. También puede ser mantenida por apriete de lubricante producido por la acción rodante del propio cojinete, en este caso la lubricación se conoce como hidrodinámica.

1) Lubricación hidrostática: Su mayor virtud es que puede acomodar cargas pesadas a velocidades bajas, esto es debido a que no depende del movimiento del cojinete para mantener una película de lubricante. En vez de esto la lubricación se mantiene mediante una bomba especial y líneas de alimentación hacia el cojinete. Otra ventaja de este sistema de lubricación es la baja deflexión en ciertos rangos de carga, lo que lo hace el preferido en muchas máquinas de alta precisión. La desventaja es el alto costo y complejidad

2) Lubricación hidrodinámica: La rotación del muñón causa que el lubricante sea arrastrado hacia una canal en forma de cuña generando presión que sostiene la carga. El lubricante en esta cuña crea suficiente presión para mantener el muñón montado en la película de grasa o aceite. Este tipo de lubricación es preferido debido a que es simple y confiable. Además, la acción lubricante mejora cuando la velocidad aumenta, esto va de la mano en la mayoría de aplicaciones en donde hay un aumento en las cargas experimentadas cuando la velocidad aumenta. El principal inconveniente es su inhabilidad de soportar cargas pesadas a velocidades bajas.

7. Referencia (Para elaborar el manual)

- Johnson, Mike. (2008) Benchmarking Your Lubrication Program against a “Best Practice”. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010. http://www.reliabilityweb.com/art07/benchmarking_lubrication_03.html
- (15 de noviembre de 2002). Bearing Librication II. [Homepage]. Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://machinedesign.com/article/bearing-lubrication-ii-1115>
- (Sin Fecha) Gease Lubrication.[Homepage] Consultado el 26 de septiembre de 2010: <http://www.tribology-abc.com/abc/grease.htm#NLGI>
- Snyder, Daniel. (mayo 2004) Proper Lubrication Keeps Bearings Rolling Along. [Homepage] Consultado el día 24 de septiembre de 2010: <http://www.machinerylubrication.com/Read/751/lubrication-bearings-rolling>

B. Lubricación en torres de enfriamiento y condensadores evaporadores

Además del manual informativo de lubricación se elaboró un documento que indica los lugares en donde se debe lubricar cada parte de los equipos. A continuación se presenta el esquema de cómo se mostró dicho documento.

1. Objetivo general

- a. Mantener en óptimas condiciones los condensadores evaporadores BAC y Möjonier y la torre de enfriamiento Marley al conservar un programa adecuado de lubricación y mantenimiento preventivo.

2. Objetivos específicos

- a. Establecer un adecuado programa de lubricación
- b. Evitar que las piezas fallen por fatiga prematuramente por falta de lubricación controlada
- c. Capacitar a los operadores para que realicen una lubricación eficaz.

3. Consideraciones en el momento de lubricar

- a. Lubricante: es el tipo de lubricante que se debe utilizar ya sea grasa o aceite
- b. Forma de aplicación: se indica si es a mano o con algún tipo de equipo
- c. Frecuencia: indica la periodicidad de aplicación (a diario, semanal, mensual, etc.).
- d. Cantidad: indica la cantidad necesaria que se debe aplicar de lubricante.
- e. Pieza a lubricar: indica la parte específica de la máquina que se debe lubricar
- f. Estado de la máquina: indica si la máquina debe estar encendida o apagada en el momento de lubricación.

4. Condensador evaporador Möjonier

Ilustración No. 56. Condensador evaporador Möjonier



a. Chumaceras Interiores

Ilustración No. 57. Puntos de lubricación de las chumaceras interiores

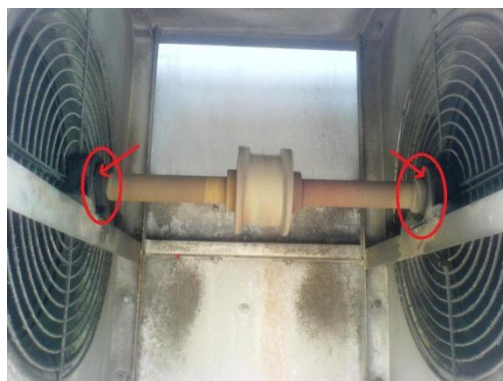


Tabla 2: Indicaciones de lubricación para las chumaceras del eje de transmisión de los ventiladores centrífugos del condensador evaporador Mojonier.

Lubricante	Optimol Olista Longtime 2
Marca	Castrol
Forma de aplicación	Bomba manual
Frecuencia	Cada 15 días
Cantidad	3 Bombazos
Estado de la máquina	Apagada
Observaciones	Si no se ha lubricado en el período especificado, es necesario aplicar más bombazos, aproximadamente 6 o bien hasta que haya salido la grasa vieja.

b. Chumaceras exteriores

Ilustración No. 58. Puntos de lubricación de las chumaceras exteriores

Tabla 3: Indicaciones de lubricación de las chumaceras exteriores del condensador evaporador Möjonnier

Lubricante	Optimol Olista Longtime 2
Marca	Castrol
Forma de aplicación	Bomba manual
Frecuencia	Cada 15 días
Cantidad	3 Bombazos
Estado de la máquina	Apagada
Observaciones	Si no se ha lubricado en el período especificado, es necesario aplicar más bombazos, aproximadamente 6 o bien hasta que haya salido la grasa vieja.

5. TORRE DE ENFRIAMIENTO MARLEY

Ilustración No. 59. Torre de enfriamiento Marley



- a. Motor del ventilador

Ilustración No. 60. Punto de lubricación del motoreductor



Tabla 4: Indicaciones de lubricación del motoreductor de la torre de enfriamiento Marley.

Lubricante	Aceite 800/460
Forma de aplicación	Remover el tapón y llenar
Frecuencia	Cada 15 días
Cantidad	Llenar hasta el nivel máximo
Estado de la máquina	Apagada
Observaciones	Si el nivel está al máximo no es necesario agregar lubricante.

C. Limpieza de torres de enfriamiento y condensadores evaporadores

Al igual que con la lubricación se creó un documento que indica los materiales que se deben utilizar para limpiar los equipos y la frecuencia con la cual se debe hacer dicho proceso. A continuación se presenta el esquema del documento.

1. Objetivo general

- a. Aumentar la durabilidad de los condensadores evaporadores Möjonnier y BAC y la torre de enfriamiento Marley al mantener un programa de limpieza e higienización general de los equipos

2. Objetivos específicos

- a. Evitar acumulación de sedimentaciones en los equipos
- b. Evitar la formación de incrustaciones en las superficies
- c. Evitar la acumulación de lodo, costras y espumas

3. Consideraciones en el momento de limpiar

- a. El equipo debe estar fuera de funcionamiento
- b. Asegurarse que se haya desconectado la fuente principal de corriente de los equipos.
- c. Utilizar el equipo de protección y seguridad adecuados cuando se realice cualquier tipo de trabajo en áreas húmedas y con partes rotatorias.
- d. Utilizar las herramientas adecuadas para una higienización efectiva.
- e. El mayor problema de limpieza en las torres de enfriamiento y condensadores evaporadores es la formación de algas y crecimiento de bacterias, por lo que es posible que sea necesario aplicar un tratamiento antibacterial para reducir o eliminar este problema.

4. Condensador evaporador Möjonnier

- a. Limpieza general de la estructura
- b. Limpieza de la balsa de agua
- c. Limpieza de las poleas y fajas
- d. Limpieza de los inyectores
- e. Limpieza de los ventiladores centrífugos
- f. Limpieza general de la tubería (exterior)
- g. Limpieza de las válvulas de paso
- h. Limpieza de drenajes

- i. Limpieza de incrustaciones
- j. Limpieza de residuos en el equipo
- k. Limpieza de los alrededores
- l. Limpieza de los eliminadores
- m. Limpieza general de la bomba
- n. Limpieza del tablero de control
- o. Limpieza de los filtros

5. Condensador evaporador BAC

- a. Limpieza de la estructura interior
- b. Limpieza de la balsa de agua
- c. Limpieza de las poleas y fajas
- d. Limpieza de los inyectores
- e. Limpieza de los ventiladores
- f. Limpieza general de la tubería
- g. Limpieza de válvulas de paso
- h. Limpieza de drenajes
- i. Limpieza de residuos en todo el equipo
- j. Limpieza de las instalaciones
- k. Limpieza de los eliminadores
- l. Limpieza general de la bomba
- m. Limpieza del tablero de control
- n. Limpieza de los filtros
- o. Limpieza de sedimentaciones generales.

6. Torre de enfriamiento Marley

- a. Limpieza de la estructura exterior
- b. Limpieza de las hojas
- c. Limpieza de la balsa de agua
- d. Limpieza de las persianas
- e. Limpieza de los inyectores
- f. Limpieza del ventilador
- g. Limpieza del motoreductor
- h. Limpieza general de la tubería
- i. Limpieza de las válvulas de paso
- j. Limpieza de drenajes

- k. Limpieza de residuos en todo el equipo
- l. Limpieza de las instalaciones
- m. Limpieza de los eliminadores
- n. Limpieza general de la bomba
- o. Limpieza del tablero de control.

D. Registros de lubricación

Ilustración No. 61. Registro de limpieza Marley

“Logo Empresa”	FÁBRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	AÑO DE EMISIÓN 2010
		PÁGINA 1/1
LIMPIEZA	Registros	

REGISTRO DE LIMPIEZA EN TORRES DE ENFRIAMIENTO Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Fecha: _____ OPERADOR 1: Nombre y firma: _____

Supervisor OPERADOR 2: Nombre y firma: _____

- Nombre: _____ Hora de inicio: _____

- Firma: _____ Hora de finalización: _____

Semanal : _____

Revisión Mensual : _____

Semestral: _____

Equipo	Realizado		Observaciones
Torre de enfriamiento Marley	Op 1	Op 2	
Procedimiento			
Limpieza de la estructura exterior			
Limpieza de las hojas			
Limpieza de la balsa de agua			
Limpieza de las persianas			
Limpieza de los inyectores			
Limpieza del ventilador			
Limpieza del motoreductor			
Limpieza de la tubería en general			
Limpieza de válvulas de paso			
Limpieza de drenajes			
Limpieza de residuos en todo el equipo			
Limpieza de los alrededores (instalaciones)			
Limpieza de los eliminadores			
Limpieza de la bomba en general			
Limpieza del tablero de control			

Materiales utilizados para la limpieza:

Otras observaciones:

Ilustración No. 62. Registro de limpieza Möjonnier

“Logo Empresa”	FÁBRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	AÑO DE EMISIÓN 2010
		PÁGINA 1/1
LIMPIEZA		Registros

REGISTRO DE LIMPIEZA EN TORRES DE ENFRIAMIENTO Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Fecha: _____ OPERADOR 1: Nombre y firma: _____

Supervisor OPERADOR 2: Nombre y firma: _____

- Nombre: _____ Hora de inicio: _____

- Firma: _____ Hora de finalización: _____

Semanal : _____

Revisión Mensual : _____

Semestral: _____

Equipo	Realizado		Observaciones
Condensador evaporador Möjonnier	Op 1	Op 2	
Procedimiento			
Limpieza de la estructura exterior			
Limpieza de la balsa de agua			
Limpieza de las poleas y fajas			
Limpieza de los inyectores			
Limpieza del ventilador centrífugo			
Limpieza de la tubería en general			
Limpieza de válvulas de paso			
Limpieza de drenajes			
Limpieza de residuos en todo el equipo			
Limpieza de los alrededores (instalaciones)			
Limpieza de los eliminadores			
Limpieza de la bomba en general			
Limpieza del tablero de control			
Limpieza de los filtros			

Materiales utilizados para la limpieza:

Otras observaciones:

Ilustración No. 63. Registro de limpieza BAC

"Logo Empresa"	FÁBRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	AÑO DE EMISIÓN 2010
		PÁGINA 1/1
LIMPIEZA		Registros

REGISTRO DE LIMPIEZA EN TORRES DE ENFRIAMIENTO Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Fecha: _____ OPERADOR 1: Nombre y firma: _____

Supervisor OPERADOR 2: Nombre y firma: _____

- Nombre: _____ Hora de inicio: _____

- Firma: _____ Hora de finalización: _____

Semanal : _____

Revisión Mensual : _____

Semestral: _____

Equipo	Realizado		Observaciones
	Op 1	Op 2	
Condensador evaporador BAC			
Procedimiento			
Limpieza de la estructura interior			
Limpieza de la balsa de agua			
Limpieza de las poleas y fajas			
Limpieza de los inyectores			
Limpieza de los ventiladores (4)			
Limpieza general de la tubería			
Limpieza de válvulas de paso			
Limpieza de drenajes			
Limpieza de residuos en todo el equipo			
Limpieza de los alrededores (instalaciones)			
Limpieza de los eliminadores			
Limpieza de la bomba en general			
Limpieza del tablero de control			
Limpieza de los filtros			
Limpieza de sedimentaciones generales			

Materiales utilizados para la limpieza:

Otras observaciones:

E. Rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento para los diversos equipos se desarrollaron para que el personal contara con una guía que indica paso a paso los procedimientos que se deben seguir para lograr un mantenimiento eficaz y eficiente. A continuación se presentan las rutinas de mantenimiento presentadas a la empresa. Estas rutinas son las que se ingresaron en el sistema para los PM JOB.

1. Condensador Evaporador BAC

a. Seguridad

- 1) Ponerse todos los accesorios de seguridad personal pertinentes para el trabajo
- 2) Colocar un rotulo que indique “Personal de mantenimiento trabajando”
- 3) Verificar que el flipón principal de la corriente eléctrica esté apagado
- 4) Desconectar la alimentación eléctrica

b. Bomba

- 1) Desmontar la bomba de la base
 - a) Cerrar las válvulas de succión y descarga de agua
 - b) Desacoplar las tuberías de succión y descarga de agua
 - c) Revisar todos los empaques en las uniones y ferrulas
 - d) Desmontar la bomba de la base junto con el motor eléctrico
- 2) Desarmar la bomba
 - a) Desacoplar la bomba del motor
 - b) Quitar la carcasa del motor
 - c) Almacenar todas las piezas removidas en un recipiente para evitar pérdidas.
- 3) Cambiar cojinetes del motor
 - a) Quitar los cojinetes con un extractor
 - b) Cambiar los cojinetes
 - c) Verificar que no haya daños en el eje ni en el rotor
- 4) Inspeccionar el motor
 - a) Limpiar interna y externamente el motor y remover cualquier tipo de incrustación.
 - b) Verificar que el rotor gire libremente
 - c) Medir la resistencia eléctrica
 - d) Probarlo
- 5) Cambiar el sello mecánico
 - a) Quitar el seguro del impulsor (impeler)
 - b) Quitar el impulsor
 - c) Verificar que el impulsor no tenga ningún daño en los álabes.

- d) Remover el sello mecánico
 - e) Quitar el plato trasero y revisar que no esté gastado o dañado
 - f) Limpiar todo de incrustaciones y manchas
 - g) Colocar de nuevo las partes removidas e instalar el sello mecánico nuevo
 - h) Verificar que las piezas giren libremente y que estén alineadas. No debe haber fricciones ni cabeceo.
- 6) Prueba
- a) Nunca se debe probar el funcionamiento eléctrico de una bomba vacía ya que puede dañar los sellos mecánicos. Probar únicamente cuando tenga agua.
 - b) Conectar de nuevo la bomba con el motor
 - c) Asegurarse que las piezas entre el motor y la bomba estén alineadas y centradas
- 7) Montaje
- a) Montar la bomba a su base original
 - b) Asegurarse que la bomba esté alineada y nivelada
 - c) Acoplar las tuberías de succión y descarga de la bomba
 - d) Conectar los cables de alimentación eléctrica
 - e) Abrir las válvulas de agua
 - f) Verificar que haya agua en la tubería de succión
 - g) Encender el flipón principal
 - h) Encender la bomba
 - i) Inspeccionar en busca de fugas en el eje, uniones con las tuberías o en las válvulas de agua
 - j) Verificar que no haya ruidos ni vibraciones anormales.
- c. Chumaceras y cojinetes
- 1) Quitar el eje
 - 2) Remover los pernos que sostienen las chumaceras
 - 3) Guardar los pernos en un lugar seguro
 - 4) Quitar la chumacera y revisar si necesita cambio
 - 5) Colocar el cojinete nuevo en la chumacera nueva
 - 6) Colocar de nuevo las chumaceras en su base
 - 7) Apretar bien los pernos, la tuerca siempre debe llevar una arandela.
- d. Motor, poleas y fajas
- 1) Fajas y poleas
 - a) Revisar la tensión de las fajas
 - b) Remover las fajas
 - c) Revisar que las poleas giren suavemente
 - 2) Ventilador

- a) Quitar los pernos de la rejilla de seguridad y almacenarlos
 - b) Quitar la rejilla de seguridad y colocarla en un lugar seguro
 - c) Remover el perno central del ventilador
 - d) Quitar el ventilador con un removedor
 - e) Colocarlo en un lugar seguro
 - f) Limpiarle las incrustaciones si éstas existen
- 3) Motor del ventilador
- a) Desmontar el motor con sumo cuidado
 - b) Verificar el amperaje del motor
 - c) Verificar las tapaderas
 - d) Verificar que no exista corrosión
 - e) Verificar que tan floja está la polea del eje
 - f) Revisar el cuñero y la cuña

2. Condensador evaporador Möjonnier

a. Seguridad

- 1) Ponerse todos los accesorios de seguridad personal pertinentes para el trabajo
- 2) Colocar un rotulo que indique “Personal de mantenimiento trabajando”
- 3) Verificar que el flipón principal de la corriente eléctrica esté apagado
- 4) Desconectar la alimentación eléctrica

b. Bomba

- 1) Desmontar la bomba de la base
 - a) Cerrar las válvulas de succión y descarga de agua
 - b) Desacoplar las tuberías de succión y descarga de agua
 - c) Revisar todos los empaques en las uniones y ferrulas
 - d) Desmontar la bomba de la base junto con el motor eléctrico
- 2) Desarmar la bomba
 - a) Desacoplar la bomba del motor
 - b) Quitar la carcasa del motor
 - c) Almacenar todas las piezas removidas en un recipiente para evitar pérdidas.
- 3) Cambiar cojinetes del motor
 - a) Quitar los cojinetes con un extractor
 - b) Cambiar los cojinetes
 - c) Verificar que no haya daños en el eje ni en el rotor
- 4) Inspeccionar el motor
 - a) Limpiar interna y externamente el motor y remover cualquier tipo de incrustación.

- b) Verificar que el rotor gire libremente
 - c) Medir la resistencia eléctrica
 - d) Probarlo
- 5) Cambiar el sello mecánico
- a) Quitar el seguro del impulsor (impeler)
 - b) Quitar el impulsor
 - c) Verificar que el impulsor no tenga ningún daño en los álabes.
 - d) Remover el sello mecánico
 - e) Quitar el plato trasero y revisar que no esté gastado o dañado
 - f) Limpiar todo de incrustaciones y manchas
 - g) Colocar de nuevo las partes removidas e instalar el sello mecánico nuevo
 - h) Verificar que las piezas giren libremente y que estén alineadas. No debe haber fricciones ni cabeceo.
- 6) Prueba
- a) Nunca se debe probar el funcionamiento eléctrico de una bomba vacía ya que puede dañar los sellos mecánicos. Probar únicamente cuando tenga agua.
 - b) Conectar de nuevo la bomba con el motor
 - c) Asegurarse que las piezas entre el motor y la bomba estén alineadas y centradas
- 7) Montaje
- a) Montar la bomba a su base original
 - b) Asegurarse que la bomba esté alineada y nivelada
 - c) Acoplar las tuberías de succión y descarga de la bomba
 - d) Conectar los cables de alimentación eléctrica
 - e) Abrir las válvulas de agua
 - f) Verificar que haya agua en la tubería de succión
 - g) Encender el flipón principal
 - h) Encender la bomba
 - i) Inspeccionar en busca de fugas en el eje, uniones con las tuberías o en las válvulas de agua
 - j) Verificar que no haya ruidos ni vibraciones anormales
- c. Motor del ventilador
- 1) Desmontar el motor con sumo cuidado
 - 2) Verificar el amperaje del motor
 - 3) Verificar las tapaderas
 - 4) Verificar que no exista corrosión
 - 5) Verificar que tan floja está la polea del eje
 - 6) Revisar el cuñero y la cuña Chumaceras y cojinetes

d. Chumaceras y cojinetes

- 1) Quitar el eje
- 2) Remover los pernos que sostienen las chumaceras
- 3) Guardar los pernos en un lugar seguro
- 4) Quitar la chumacera y revisar si necesita cambio
- 5) Colocar el cojinete nuevo en la chumacera nueva
- 6) Colocar de nuevo las chumaceras en su base
- 7) Apretar bien los pernos, la tuerca siempre debe llevar una arandela.

3. Torre de enfriamiento Marley

e. Seguridad

- 1) Ponerse todos los accesorios de seguridad personal pertinentes para el trabajo
- 2) Colocar un rotulo que indique “Personal de mantenimiento trabajando”
- 3) Verificar que el flipón principal de la corriente eléctrica esté apagado
- 4) Desconectar la alimentación eléctrica

f. Bomba

- 1) Desmontar la bomba de la base
 - a) Cerrar las válvulas de succión y descarga de agua
 - b) Desacoplar las tuberías de succión y descarga de agua
 - c) Revisar todos los empaques en las uniones y ferrulas
 - d) Desmontar la bomba de la base junto con el motor eléctrico
- 2) Desarmar la bomba
 - a) Desacoplar la bomba del motor
 - b) Quitar la carcasa del motor
 - c) Almacenar todas las piezas removidas en un recipiente para evitar pérdidas.
- 3) Cambiar cojinetes del motor
 - a) Quitar los cojinetes con un extractor
 - b) Cambiar los cojinetes
 - c) Verificar que no haya daños en el eje ni en el rotor
- 4) Inspeccionar el motor
 - e) Limpiar interna y externamente el motor y remover cualquier tipo de incrustación.
 - f) Verificar que el rotor gire libremente
 - g) Medir la resistencia eléctrica
 - h) Probarlo
- 5) Cambiar el sello mecánico
 - a) Quitar el seguro del impulsor (impeler)

- b) Quitar el impulsor
 - c) Verificar que el impulsor no tenga ningún daño en los álabes.
 - d) Remover el sello mecánico
 - e) Quitar el plato trasero y revisar que no esté gastado o dañado
 - f) Limpiar todo de incrustaciones y manchas
 - g) Colocar de nuevo las partes removidas e instalar el sello mecánico nuevo
 - h) Verificar que las piezas giren libremente y que estén alineadas. No debe haber fricciones ni cabeceo.
- 6) Prueba
- a) Nunca se debe probar el funcionamiento eléctrico de una bomba vacía ya que puede dañar los sellos mecánicos. Probar únicamente cuando tenga agua.
 - b) Conectar de nuevo la bomba con el motor
 - c) Asegurarse que las piezas entre el motor y la bomba estén alineadas y centradas
- 7) Montaje
- a) Montar la bomba a su base original
 - b) Asegurarse que la bomba esté alineada y nivelada
 - c) Acoplar las tuberías de succión y descarga de la bomba
 - d) Conectar los cables de alimentación eléctrica
 - e) Abrir las válvulas de agua
 - f) Verificar que haya agua en la tubería de succión
 - g) Encender el flipón principal
 - h) Encender la bomba
 - i) Inspeccionar en busca de fugas en el eje, uniones con las tuberías o en las válvulas de agua
 - j) Verificar que no haya ruidos ni vibraciones anormales
- g. Chumaceras y cojinetes
- 1) Quitar el eje
 - 2) Remover los pernos que sostienen las chumaceras
 - 3) Guardar los pernos en un lugar seguro
 - 4) Quitar la chumacera y revisar si necesita cambio
 - 5) Colocar el cojinete nuevo en la chumacera nueva
 - 6) Colocar de nuevo las chumaceras en su base
 - 7) Apretar bien los pernos, la tuerca siempre debe llevar una arandela.
- h. Ventilador
- 1) Quitar los tornillos que sostienen la rejilla de seguridad y almacenarlos en un lugar seguro
 - 2) Quitar la rejilla de seguridad

- 3) Remover el ventilador con un extractor
- 4) Levantarlo entre dos o más personas y bajarlo de la torre. Colocarlo en un lugar seguro
- 5) Remover todas las incrustaciones que se encuentren
- 6) Verificar que no hayan grietas en los álabes causados por la vibración
- 7) Revisar las chumaceras del eje.

i. Motoreductor

- 1) Quitar todos los tornillos, tuercas y pernos que sostienen la caja a la base.
- 2) Bajarla con mucho cuidado
- 3) Llevar al taller
- 4) Destapar la caja
- 5) Quitar los empaques
- 6) Drenar el aceite viejo
- 7) Secar los residuos de aceite con un guaipe
- 8) Quitar los ejes
- 9) Quitar los anillos de retención
- 10) Quitar todos los cojinetes con un extractor
- 11) Cambiar los cojinetes
- 12) Verificar si hay desgaste en los dientes del piñón o de la corona
- 13) Hacer rectificaciones en caso existiera desgaste
- 14) Verificar que no haya daño en el eje, en la cuña o en el cuñero. Informar inmediatamente si se encuentra algún daño.
- 15) Colocar de nuevo el eje con los cojinetes y anillos nuevos.
- 16) Llenar con aceite hasta el nivel indicado
- 17) Colocar sellos nuevos
- 18) Armar de nuevo la caja

F. Checklist

“Logo Empresa”	FÁBRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	FECHA DE EMISIÓN 2010
		PÁGINA 1/2
INSPECCIÓN	TORRES DE ENFRIAMIENTO	

Marca: _____ Fecha de inspección: _____

Fecha de última inspección: _____ Inspeccionado por: _____

Tipo de operación: Continuo Intermittente Firma: _____

Condición: 1 – Bien 2 – Mantener en observación 3 – Necesita atención inmediata

Estructura

	1	2	3	Observaciones
Material de la estructura				
Pintura				
Camino interior (si aplica)				
¿Hay rajaduras, grietas o fugas?				
¿Hay incrustaciones?				

Sistema de distribución de agua

	1	2	3	Observaciones
Tubería				
Válvulas de control				
Balsa de recolección de agua				
¿Hay escombros y sedimentaciones?				
¿Hay presencia de algas				
Inyectores				

Sistema de transferencia de calor

Tipo y Material	1	2	3	Observaciones
Relleno				
Persianas				
Eliminadores				

Equipo mecánico

Tipo de reductor de velocidad Fajas Engranés

	1	2	3	Observaciones
Tensión de la faja				
Polea del motor				
Polea del ventilador				

“Logo Empresa”	FÁBRICA DE BEBIDAS GASEOSAS	FECHA DE EMISIÓN 2010
		PÁGINA 2/2
INSPECCIÓN		TORRES DE ENFRIAMIENTO

Motor eléctrico

Marca: _____

Especificaciones HP: _____ RPM: _____ Fase: _____ Hz: _____ Voltaje: _____

Última fecha de lubricación: _____ Tipo de lubricante utilizado: _____

Ruido inusual Sí No Acción requerida _____Vibración inusual Sí No Acción requerida _____Calor inusual Sí No Acción requerida _____**Caja mecánica (si aplica)**

Marca: _____

Nivel de aceite: Lleno Vacío Medio Condición del aceite: Bueno Contiene agua Contiene metal

Tipo y marca de aceite utilizado: _____

Vibración inusual Sí No Acción requerida _____Ruido inusual Sí No Acción requerida _____

	1	2	3	Observaciones
Sellos				
Holgura axial del eje del ventilador				
Holgura entre componentes internos				

VentiladorMarca: _____ Tipo: Hélice Centrifugo

Diámetro: _____ Número de álabes: _____

	1	2	3	Observaciones
Material de los álabes				
Nivel de vibración				
Lubricación				
Chumaceras				
Eje del ventilador				
Cubierta del ventilador				
SopORTE mecánico				

Otras observaciones:

Firma del supervisor: _____

G. Cotizaciones

Se hicieron diversas cotizaciones para establecer los costos de los mantenimientos correctivos, se presenta únicamente la cotización de quienes realizaron el trabajo. Por motivos de confidencialidad se ha sustituido el nombre de la empresa por “Planta de bebidas carbonatadas”.

Guatemala 19 de Julio de 2,010
EQ.200-505

Señores:
**PLANTA DE BEBIDAS
CARBONATADAS**

**REPARACION Y MANTENIMIENTO DEL CONDENSADOR
EVAPORATIVO FABRICA DE HIELO.**

Attn. Ing. XXXXXXXX.

Por este medio le presentamos la siguiente Cotización sobre lo siguiente:

ALCANCE DEL TRABAJO:

Orden	Descripción	Precio venta
1	Desmontaje de las secciones de eliminadores de brisa para su limpieza con bomba de alta presión. Reparacion de los eliminadores de brisa y limpieza y pintura de la soportería. Revisión y limpieza de las boquillas y manifold distribuidor de agua. Desmontaje del mano hole del tanque del condensador de agua fría. Limpieza del tanque de agua distribución hacia la fabrica. limpieza de los ventiladores de aire y revisión. Limpieza interna con cepillos de alambre y liquidos para quitar suciedad. Reparación de soportería interna que se encuentra danada. Apliacacion de sellador en las uniones de las paredes, techos y Pisos de la torre. Revisión y ajuste del flotador de agua de reposición. NOTA: la limpieza se hara con bomba de alta presión, medios manuales pulidora con cepillos circulares y se usara equipo de protección.	Q.17,375.00

El valor de la mano de obra, materiales consumibles, pintura anticorrosivo, sista, etc de:

Inversión:Q. 17,375.00

En letras: Diez y siete mil trescientos setenta y cinco Quetzales con 00/100.

Más IVA.

OBSERVACIONES.

El valor de la instalación cotizada cubre únicamente los trabajos especificados. Cualquier trabajo adicional se facturara por separado.

Forma de Pago: contra entrega.
Tiempo de Entrega: 8 Días hábiles.
Validez de la Oferta: 10 Días.

A la espera de que la presente sea de interés de **PLANTA DE BEBIDAS CARBONATADAS.** les saluda.

Empresa S.A.

Ing. XXXXXXXXXX

Guatemala 1 de Junio de 2,010
EQ.200-486

Señores:
**Planta de Bebidas
Carbonatadas**

**REPARACION Y MANTENIMIENTO DE TORRE DE
ENFRIAMIENTO. DE TIRO FORZADO A CONTRA CORRIENTE.**

Attn. Ing. XXXXXXXXX

Por este medio le presentamos la siguiente Cotización sobre lo siguiente:

ALCANCE DEL TRABAJO:

Orden	Descripción	Precio venta
1	Desmontaje del motor eléctrico para su servicio. Revisión de chumaceras y cojinetes del eje de las aspas del ventilador. Desmontaje de las secciones de eliminadores de brisa para su limpieza con bomba de alta presión. Revisión y limpieza de las boquillas y manifold distribuidor de agua. Desmontaje y limpieza de las rejillas de entrada de aire. Limpieza interna con cepillos de alambre y líquidos para quitar suciedad. Reparación de soportera interna que se encuentra dañada. Aplicación de sellador en las uniones de las paredes, techos y Pisos de la torre. Revisión y ajuste del flotador de agua de reposición. NOTA: la limpieza se hará con bomba de alta presión, medios manuales pulidora con cepillos circulares y se usará equipo de protección.	Q.14,600.00

El valor de la mano de obra, materiales consumibles, pintura anticorrosivo, sista, etc de:

Inversión:Q. 14,600.00

En letras: tres mil Quinientos cincuenta Quetzales con 00/100.

Más IVA.

OBSERVACIONES.

El valor de la instalación cotizada cubre únicamente los trabajos especificados. Cualquier trabajo adicional se facturará por separado.

Forma de Pago: contra entrega.
Tiempo de Entrega: 2 Días hábiles.
Validez de la Oferta: 10 Días.

A la espera de que la presente sea de interés de **Planta de bebidas carbonatadas** les saluda.

Empresa S.A.

Ing. XXXXXXXXX

05 de julio de 2010
Oferta ro0507v161

Señores:
Planta de Bebidas Carbonatadas.

Atn: Ing. XXXX-XXXX:

Estimados Señores:

De acuerdo a su amable solicitud tenemos el gusto de cotizarle lo siguiente:

Item	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	01	Kit de relleno para torre Marca Marley modelo 8604 o 8605, incluye paneles, retenedores, barras de soporte y plano para la instalación, número de parte 623868.	\$ 4,373.49	\$ 4,373.49
		PRECIOS CON IVA INCLUIDO, PUESTO EN NUESTRAS BODEGAS		\$ 4,373.49
<u>Forma de pago</u>		Contado contra entrega.		
<u>Tiempo de entrega</u>		De 7 a 9 semanas.		
<u>Validez de la oferta</u>		15 días.		

Atentamente,

ROLANDO GOMEZ
 CEL 4009-5553



SERVICIOS INDUSTRIALES Y AGRICOLAS, S.A.

Guatemala, 07 de julio de 2,010
MQ10-Q3-248

10 Calle 0-52, Zona 9
 Guatemala, Guatemala, C.A. 01009
 Tel.: (502) 2323-5555 Fax: (502) 2334-7149/50
 E-mail: info@sidasa.net
 Web: www.sidasa.net

Señores
FABRICA DE BEBIDAS GASEOSAS S.A.
 Tel.: 2289 1555
 Guatemala, Ciudad

Atn.: Ing. Julio Garcia

Estimados Señores:

De acuerdo a su solicitud, de accesorios tenemos el gusto de cotizarles lo siguiente de ALFA LAVAL:

QTY	P/N	DESCRIPCION	P/U	P/TOTAL
134	22046	Field gasket CLIP8 CLIP8-WS CLIP8-D NBRP Clip-on MEDIUM	Q525.00	Q70,350.00
2	22096	ENDPL.GASKET 2 CLIP8NBRP/C	Q812.00	Q1,624.00
TOTAL PUESTO EN SUS BODEGAS (no incluye instalación)				Q71,974.00

IMPORTANTE:

Si varían las cantidades sera necesario re cotizar.

El emitir una orden de compra con base en esta cotización, implica la completa aceptación de las cantidades, precios, especificaciones técnicas de los equipos y sus componentes, tiempo de entrega, forma de pago y condiciones generales descritas en la misma, las cuales no pueden ser cambiadas posteriormente a su aceptación y aprobación.

La posterior cancelación de la orden de compra emitida esa sujeta a un cobro o a la pérdida del anticipo recibido de acuerdo a la política del proveedor de los equipos.

TIEMPO DE ENTREGA:

De una a dos semanas ex-fabrica, mas un tiempo estimado de fletes tres a cuatro semanas. A confirmar por el proveedor al momento de colocar la orden.

FORMA DE PAGO:

orden de compra.



SERVICIOS INDUSTRIALES Y AGRICOLAS, S.A.

10 Calle 0-52, Zona 9
Guatemala, Guatemala, C.A. 01009
Tel.: (502) 2323-5555 Fax: (502) 2334-7149/50
E-mail: info@sidasa.net
Web: www.sidasa.net

Página No. 2
MQ10-Q3-248

VALIDEZ DE LA OFERTA:
30 Días.

GARANTIA DEL EQUIPO:
SIDASA, como representante exclusivo de ALFA LAVAL transmite directamente la garantía contra defectos de materiales y fabricación del equipo ofrecida por ALFA LAVAL al usuario final, siempre y cuando el equipo sea instalado y operado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Sin otro particular y en espera de sus noticias, nos suscribimos.

Atentamente,

Ing. Gilbert Lanfur
División de Maquinaria

Ing. Sergio Cabrera
Gerente de División