



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
EQUIPO CARBONATADOR DE BEBIDAS**

**DANIEL ANTONIO GARCÍA VALDÉS**

**Asesorado por: Ing. César Augusto Martínez Flores**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 2003**

**A**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN  
EQUIPO CARBONATADOR DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DANIEL ANTONIO GARCÍA VALDÉS**

ASESORADO POR: ING. CÉSAR AUGUSTO MARTÍNEZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2003

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. William Abel Antonio Aguilar Vásquez
EXAMINADOR:	Ing. Milton Harry Oxóm Paredes
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN EQUIPO CARBONATADOR DE BEBIDAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería con fecha de julio de 2002.

Daniel Antonio García Valdés

## DEDICATORIA A

Mis padres	José Daniel García Godoy Marta Inés Valdés de García
Mis hermanos	José Roberto y Mario Andrés
Mis abuelos	Olga “Mago”, Álida “Micha”, Roberto “Papa Beto”, Daniel (+), “Papa Ñel” y Bernarda “Mamanayita”
Mi familia en general	
Mis amigos y compañeros	

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS

Supremo creador que nos da la vida y la sabiduría.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A la Facultad de Ingeniería

Al Ingeniero César Augusto Martínez Flores

Al Ingeniero José Monzón

A Javier Pérez y Angelo López

A las familias Morales Cameros y González Linares, gracias por todo su apoyo y ayuda en el transcurso de toda la carrera.

Y, a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a ver culminada mi carrera, se los agradezco infinitamente.



2.2.2	Sub-equipos y componentes del equipo de mezcla MSF .....	15
2.2.4	Construcción de la máquina .....	18
<b>3</b>	<b>PROGRAMA Y MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
3.1	Programa de mantenimiento preventivo .....	21
3.1.1	Clasificación de las tareas por realizar para el mantenimiento preventivo .....	21
3.1.2	Clasificación de las periodicidades o frecuencias de ejecución de las tareas .....	22
3.1.3	Clasificación con base en prioridades de las tareas ....	22
3.1.4	Listado de las tareas de mantenimiento preventivo ...	24
3.2	Manual de mantenimiento preventivo .....	25
3.2.1	Procedimientos o instrucciones para la elaboración de cada una de las tareas del programa de mantenimiento preventivo .....	25
3.3	Administración del mantenimiento preventivo .....	47
3.3.1	Solicitud de trabajo .....	48
3.3.2	Orden de trabajo .....	48
3.4	Control del mantenimiento preventivo .....	51
3.4.1	Métodos y herramientas por utilizar .....	51
3.4.1.1	Formatos o archivos de registro de mantenimiento .....	51
3.4.1.1.1	Ficha técnica .....	51
3.4.1.1.2	Control de órdenes de trabajo .....	53
3.4.1.1.3	Historial de órdenes de trabajo .....	54
3.4.1.1.4	Tiempo de paro .....	55
3.4.1.1.5	Costos de mantenimiento .....	55



3.4.1.1.6	Control de eficiencias de mantenimiento .....	56
3.4.1.1.7	Control de calidad de mantenimiento .....	58
<b>4</b>	<b>REPUESTOS Y MATERIALES</b>	
4.1	Inventarios .....	61
4.1.1	Clasificación de los artículos de inventario .....	61
4.1.2	Modelos determinísticos .....	65
4.1.2.1	Modelo estático de un solo artículo ...	65
4.1.3	Elaboración del modelo determinístico para los artículos tipo 1 del equipo de mezcla MSF .....	68
<b>5</b>	<b>PRUEBA PILOTO DE LA PROPUESTA</b>	
5.1	Encuesta de opinión sobre la propuesta .....	71
5.1.1	Determinación de la población que se va a encuestar .....	71
5.1.2	Creación de la encuesta .....	72
5.1.3	Resultados obtenidos .....	73
5.1.4	Análisis de los resultados obtenidos .....	78
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	79
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	81
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	83
	<b>ANEXO</b> .....	85
	<b>APÉNDICES</b> .....	86

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### ÍNDICE DE FIGURAS

1	Funcionamiento de carbonatadores por bacheo .....	6
2	Funcionamiento de carbonatadores por inyección.....	7
3	Diagrama de flujo del proceso de carbonatación .....	14
4	Diagrama de construcción del equipo de mezcla MSF 54/2	19
5	Formato de la solicitud de trabajo .....	50
6	Formato de la orden de trabajo .....	51
7	Formato de la ficha técnica .....	52
8	Formato de control de órdenes de trabajo .....	53
9	Formato de historial de órdenes de trabajo .....	54
10	Formato de control de tiempo de paro .....	55
11	Formato de control de costos de mantenimiento .....	56
12	Formato de control de eficiencias del mantenimiento.....	57
13	Gráfico de eficiencias de mantenimiento .....	58
14	Formato de control de la calidad del mantenimiento .....	59
15	Gráfico de diente de sierra .....	67
16	Plano del equipo .....	85
17	Certificado de participación en seminario Krones .....	86
18	Detalle de bomba de desplazamiento positivo .....	89
19	Desglose de partes de bomba centrífuga .....	90
20	Representación esquemática de la bomba de vacío .....	90
21	Válvula de compuerta .....	96
22	Válvula de obturador .....	97
23	Válvula de globo .....	97

24	Válvula de bola .....	97
25	Válvula de mariposa .....	98
26	Válvula de diafragma .....	98
27	Válvula de compresión .....	98
28	Válvula de retención .....	99
29	Válvula de alivio .....	99
30	Fotos de vistas generales del equipo .....	103
31	Foto motobomba de carbonatación .....	104
32	Foto motobomba de jarabe .....	104
33	Foto motobomba de vacío .....	104
34	Foto válvula de mariposa .....	105
35	Foto válvula de seguridad .....	105
36	Foto válvula reguladora .....	105
37	Foto reguladora de presión .....	106
38	Foto electroválvula de agua de sello de bomba de vacío ....	106
39	Foto de medidores de flujo másico .....	106
40	Foto filtro y unidad de mantenimiento neumática .....	107
41	Foto banco de válvulas neumáticas .....	107
42	Formato de cuestionario empleado en encuesta .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

I	Listado de sub-equipos y componentes del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2 .....	15
II	Listado de tareas de mantenimiento preventivo del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2 .....	24
III	Listado de artículos tipo 1 .....	62

IV	Listado de artículos tipo 2 por utilizar en un año .....	63
V	Listado de artículos tipo 3 recomendados.....	64
VI	Resultados pregunta 1 .....	73
VII	Resultados pregunta 2 .....	73
VIII	Resultados pregunta 3 .....	74
IX	Resultados pregunta 4 .....	74
X	Resultados pregunta 5 .....	74
XI	Resultados pregunta 6 .....	75
XII	Resultados pregunta 7 .....	75
XIII	Resultados pregunta 8 .....	75
XIV	Resultados pregunta 9 .....	76
XV	Resultados pregunta 10 .....	76
XVI	Resultados pregunta 11 .....	77
XVII	Resultados pregunta 12 .....	77
XVIII	Resultados pregunta 13 .....	77
XIX	Resultados pregunta 14 .....	78
XX	Resultados pregunta 15 .....	78
XXI	Causas y síntomas de fallos más comunes en bombas ...	100
XXII	Nomenclatura para interpretar plano de componentes .....	102



## GLOSARIO

<b>Bomba</b>	Es un dispositivo empleado para elevar y/o transferir líquidos y gases.
<b>Brix</b>	Unidad de medida que se utiliza para determinar el grado de dulzura específico de una bebida carbonatada.
<b>Carbonatación</b>	Proceso mediante el cual el agua absorbe determinada cantidad de gas de CO <sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) al estar en contacto.
<b>Cavitación</b>	Formación de vacío que reduce el flujo y daña la estructura de una bomba.
<b>Desaereación</b>	Proceso en el que se remueve constantemente el oxígeno disuelto en el agua de proceso.
<b>Histéresis</b>	Inexactitud de un instrumento de medición.

<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de actividades destinadas a garantizar el óptimo funcionamiento y prolongar la vida útil de los equipos.
<b>Mantenimiento preventivo</b>	Es todo trabajo planificado destinado a la rápida detección y tratamiento de las anomalías del equipo, antes de que causen defectos o pérdidas.
<b>Span</b>	Rango máximo de medición de un instrumento.
<b>Solución saturada CO<sub>2</sub></b>	Solución que ha absorbido todo el CO <sub>2</sub> que puede retener a una determinada presión y temperatura.
<b>Solución sobresaturada de CO<sub>2</sub></b>	Solución que ha absorbido más CO <sub>2</sub> del que puede retener.
<b>Stock</b>	Cantidad de un repuesto o insumo que se tiene en existencia.
<b>Termografía</b>	Método que permite medir las variaciones de temperatura de los cuerpos, por medio de la detección de la radiación infrarroja que emiten.
<b>Wype</b>	Material elaborado de retazos de tela deshilada, que es utilizado para realizar las tareas de limpieza.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación, se propone un programa de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebida. Se trata del equipo carbonatador o de mezcla del tipo de inyección MFS 54/2, que es fabricado por la empresa alemana KRONES.

Dicho programa está formado por una serie de tareas que se deben de realizar con una frecuencia establecida, y que permitan mantener en óptimo estado el equipo, para prolongar su vida útil al máximo.

Antes de poder realizar el listado de tareas, fue necesario elaborar una clasificación de los componentes en los que se debían de realizar dichas tareas, y así elaborar un listado de los distintos subequipos agrupados, con base en el sistema o función que en conjunto desempeñan en el equipo.

Posteriormente, se elaboraron instrucciones que permitieran orientar a los trabajadores en la ejecución de las distintas tareas del programa, a las cuales se les añadió, además de la frecuencia, un tiempo estimado de ejecución, la especialidad que debía tener la persona que realizará el trabajo, así como un listado de materiales e insumos sugeridos que se van a utilizar en cantidades aproximadas.

Para poder llevar un control del programa de mantenimiento, se elaboraron distintos formatos o registros, cada uno destinado a recabar información importante que debe ser almacenada y analizada, para poder determinar la eficacia de las actividades que se estén realizando, así como estimados de tiempo, dinero y mano de obra, que se vayan invirtiendo en el desarrollo no sólo del programa



preventivo, sino de cualquier actividad de mantenimiento que se ejecute en el equipo.

Se elaboró también una clasificación de los distintos repuestos e insumos, que se deben de emplear en las distintas tareas, y se propuso un modelo numérico, para poder llevar control de las cantidades a mantener en almacenaje, así como la forma de realizar los futuros pedidos.

Finalmente, una vez concluido el programa, se elaboró una prueba piloto, la cual consistió en llevar a cabo una encuesta de opinión, en la que utilizando un cuestionario de preguntas directas; se pidió la opinión de un grupo de especialistas y técnicos estratégicamente seleccionados y se evaluó el trabajo propuesto.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer un programa de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebidas.

### **Específicos**

1. Proponer un programa y manual de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebidas, el cual ayudará a prolongar la vida útil de sus componentes.
2. Describir, en forma general, el proceso de carbonatado de bebidas.
3. Detallar cada uno de los componentes del equipo carbonatador.
4. Elaborar un programa con el listado de las tareas de mantenimiento preventivo, para los componentes del equipo carbonatador.
5. Elaborar un manual con los pasos o instrucciones de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo del equipo carbonatador.
6. Elaborar el estudio de un manejo de inventario de los repuestos necesarios, para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo en el equipo carbonatador.
7. Proporcionar orientación, a través del programa de mantenimiento preventivo a los técnicos para la ejecución eficiente y eficaz de sus intervenciones.



## INTRODUCCIÓN

Un programa de mantenimiento preventivo es de suma importancia para toda máquina o equipo, ya que garantiza la aplicación de las tareas de mantenimiento, que son necesarias para propiciar su funcionamiento óptimo, así como para prolongar su vida útil.

El programa de mantenimiento preventivo establece intervalos de tiempo o frecuencias definidas, para la realización de cada una de las tareas que deben realizarse para que la maquinaria se mantenga en condiciones adecuadas de operación y funcionamiento, antes de que ocurran las fallas, al mismo tiempo que toma en consideración la disposición del mínimo de repuestos para dar el servicio, así como el personal definido para llevar acabo dichas actividades.

Por medio de un programa, se pueden detallar los procedimientos que garanticen que cada una de las tareas de mantenimiento se lleven a cabo correctamente, para que se realicen de una forma ordenada y eficiente.

Debe existir una estrecha comunicación y colaboración entre los responsables del mantenimiento preventivo y los de producción, con la finalidad mutua de que las intervenciones de la manutención de los equipos sean completas, oportunas y de bajo impacto de costos.

El presente trabajo se orienta a la elaboración del programa y manual de mantenimiento preventivo para un equipo carbonatador de bebida.



# 1. INFORMACIÓN GENERAL

## 1.1 Bebidas carbonatadas

Las bebidas carbonatadas son una de las mayores fuentes de azúcar refinado en la dieta moderna. Según encuestas publicadas recientemente, representan el 27% de todas las bebidas que se consumen, y se añaden el 24% a las ventas de todas las bebidas. Una elevación de 8.6% desde 1970.

Su proceso de elaboración implica el tratamiento del agua, la adición de saborizantes y aditivos a esta agua tratada (mezcla conocida como: “jarabe”), el adicionado de gas carbónico o carbonatación, el envasado y el empaquetado.

### 1.1.1 Ingredientes básicos

Las bebidas carbonatadas están compuestas principalmente por:

- a) Agua tratada
- b) Saborizantes y aditivos
- c) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

#### 1.1.1.1 Agua tratada

El agua empleada en la preparación de las bebidas carbonatadas es agua tratada, es decir, que es agua sometida a una serie de procesos físicos y

químicos, que son utilizados para eliminar todas las impurezas, partículas y microorganismos, olores, sabores y colores que ésta contenga.

#### **1.1.1.2 Saborizantes y aditivos**

Son los componentes que se utilizan para darle a las bebidas carbonatadas el sabor, el color y la preservación, que según la presentación o marca sean necesarios. Los principales son:

##### **Azúcar refinada**

La azúcar refinada es utilizada como endulzante principal, para la mayoría de bebidas carbonatadas.

En el caso de las bebidas dietéticas, se utilizan edulcorantes (productos industriales dietéticos), que son aprobados por los organismos reguladores.

##### **Ácido fosfórico**

Pequeñas cantidades de ácido fosfórico son adicionadas a las bebidas carbonatadas, para balancear su grado de acidez.

##### **Benzoato de sodio**

Es empleado para preservar las bebidas carbonatadas y mantenerlas libres de mohos y contaminantes.

##### **Concentrado**

Es el nombre con el que se denomina a la mezcla de colorantes y

saborizantes artificiales y naturales, que se utilizan para dar a la bebida el color, sabor y preservación, que según la presentación o marca sean necesarios.

### **1.1.1.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono es un compuesto químico formado por la combinación de 1 átomo de carbón con 2 átomos de oxígeno; existe en la naturaleza en cualquiera de los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso), según las condiciones de la temperatura y presión.

Es un gas pesado, incoloro, inodoro y relativamente inactivo. No es corrosivo, forma parte de la atmósfera y es esencial para la vida de las plantas. No es dañino a la vida animal, a menos que éste desaloje el oxígeno.

En forma de gas, es más pesado que el aire, lo que ocasiona que se asiente en el piso. Al entrar en contacto con la mezcla de jarabe y agua, produce la carbonatación de la bebida y le da ese sabor “picante” o gaseoso.

### **1.1.2 Proceso de elaboración o carbonatación**

La carbonatación es el proceso mediante el cual el agua absorbe determinada cantidad de gas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) al estar en contacto. A 60 °F (15.6 °C) y presión atmosférica, el agua absorberá una cantidad de CO<sub>2</sub>, igual a su volumen, que se conoce como “volumen de carbonatación”.



El grado de carbonatación está influido por dos condiciones; la temperatura a la cual se encuentre el agua y la presión a la cual se encuentre el CO<sub>2</sub>; a menor temperatura se encuentre el agua, mayor será su absorción y retención de dióxido de carbono, en cambio, un aumento de presión en el gas a una temperatura dada significará un aumento en el grado de absorción y retención.

Existe una relación directa entre el grado de carbonatación y el sabor de la bebida terminada. A una bebida que le falta CO<sub>2</sub>, le falta también parte de su sabor y comúnmente se le describe como “floja”.

Por el contrario, cuando una solución ha absorbido todo el CO<sub>2</sub> que puede retener a una determinada presión y temperatura, se dice que está “saturada”. Finalmente, si después se reduce la presión o se aumenta la temperatura, entonces la solución contendrá más gas del que puede retener, y entonces se le llama, “sobresaturada” En este caso, parte del gas se desprenderá de la solución, hasta que llegue nuevamente a su punto de saturación.

Cuando una botella cerrada con bebida carbonatada se calienta, la presión sube en el espacio libre que está arriba del líquido, hasta llegar a su punto de saturación, entonces ya no escapa más CO<sub>2</sub> de la bebida, debido a que se encuentra en estado de equilibrio. Si se le quita la tapa rápidamente a la botella, la presión del gas saldrá inmediatamente; la bebida estará entonces “sobresaturada”, debido a la disminución de presión; en ese momento las burbujas del gas se elevarán a la superficie provocando espuma, y si la botella ha sido agitada, se formará espuma rápidamente.

#### **1.1.2.1 Principios de la carbonatación**

La velocidad de absorción depende del grado de contacto entre el agua y el

dióxido de carbono. Si la mitad inferior de un recipiente fuera llenado con agua, y la mitad superior con dióxido de carbono, existiría únicamente contacto en la parte intermedia del recipiente, lo cual haría que el agua absorbiera el dióxido de carbono muy despacio, y serían necesarios varios días para lograr la saturación. Sin embargo, si el recipiente fuera agitado, el agua absorbería el gas rápidamente. Para obtener una carbonatación rápida y completa, deben exponerse al dióxido de carbono grandes cantidades de agua.

El agua “carbonatada” se mezcla con jarabe que no contiene dióxido de carbono, por lo tanto, el agua debe tener la suficiente cantidad de gas, para carbonatar adecuadamente la mezcla. En algunos equipos, la mezcla entre el agua y el jarabe se da antes del proceso de carbonatación.

En cualquier caso, la presión del dióxido de carbono se ajusta para dar la combinación adecuada de presión y temperatura, que producirá la carbonatación deseada. A menos que el agua esté muy caliente, la presión del dióxido de carbono estará generalmente entre 50 y 60 lb/plg<sup>2</sup> (psi), o lo que es lo mismo, entre 3.5 y 4.2 kg/cm<sup>2</sup>.

### **1.1.2.2 Descripción general de un equipo carbonatador**

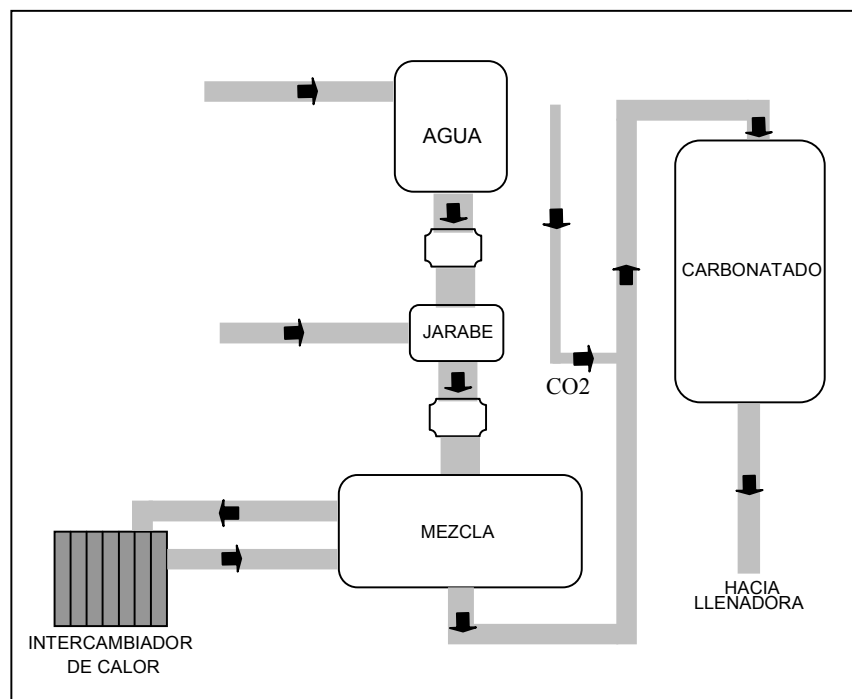
El carbonatador o equipo de mezcla es el aparato, por medio del cual se logra la adición del gas carbónico a una bebida o solución determinada.

Existen principalmente dos tipos o variedades, diferenciados por la forma en que realizan la mezcla del agua con el jarabe terminado:

- Carbonatadores por bacheo
- Carbonatadores por inyección

En los equipos carbonatadores de *batch* o por bacheo, el agua se encuentra en un tanque y el jarabe terminado en otro; un tercer tanque para el mezclado se encuentra colocado debajo de los dos. El proceso de mezclado se da al abrir las válvulas que permiten que el agua y el jarabe caigan en el tanque de mezclado (operación conocida como “*batch*”), en el cual los fluidos se mezclan gracias al trabajo ejercido por una bomba de succión, que los obliga a recircular y posteriormente también a atravesar un intercambiador de calor en forma de placas, en el que se utiliza amoníaco líquido como refrigerante. Finalmente la mezcla a una temperatura entre 7 y 9 °C pasa al tanque de carbonatado, en el cual se le agrega el CO<sub>2</sub>. En la figura 1, se representa esquemáticamente este proceso.

**Figura 1. Funcionamiento de carbonatadores por bacheo**



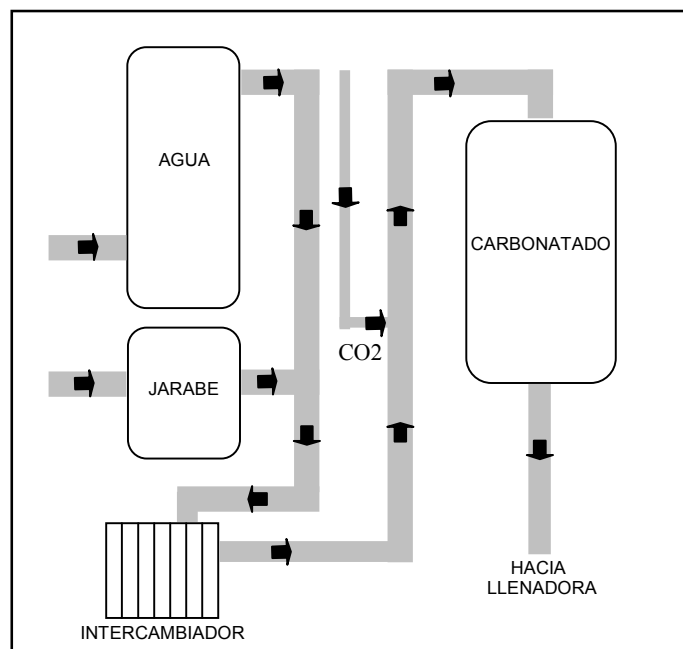
Por otro lado, en el tipo de carbonatadores por inyección, la mezcla entre el jarabe y el agua se da al inyectar constantemente jarabe en la corriente de agua, y

los procesos de enfriamiento y carbonatado son iguales al descrito para los carbonatadores por batcheo. En la figura 2, se muestra esquemáticamente este proceso.

Los carbonatadores rara vez producen agua completamente saturada; la saturación completa no sólo es difícil de obtener, sino que además no es deseable. Si el agua sale del carbonatador completamente saturada, cualquier aumento o disminución de presión, la transformará en sobresaturada.

Un carbonatador promedio, que opera bajo condiciones favorables y a la capacidad adecuada, producirá agua carbonatada con un grado de saturación del 90%. Si el agua contiene una cantidad considerable de aire o sedimento, el mismo carbonatador producirá agua solamente al 70% de saturación.

**Figura 2. Funcionamiento de carbonatadores por inyección**



Existen tantos factores que pueden afectar la presión del gas requerida en el carbonatador, que la presión usada no puede considerarse como un indicador en el que se puede confiar para conocer las pérdidas de gas con una eficiencia total del sistema de agua carbonatada. No es posible preparar una tabla de presión contra temperatura que pueda aplicarse a los carbonatadores de todas las fábricas. Cada fábrica debe determinar, a través de su propia experiencia, la combinación de presión y temperatura exacta que produzca la carbonatación necesaria en el producto que se va a embotellar.

Si la temperatura del agua es más o menos constante, el carbonatador operará por largos períodos de tiempo con poco o sin ningún ajuste de la presión; sin embargo, la carbonatación puede ser afectada por muchos factores y si se quiere producir una bebida uniforme, se requiere atención constante.

Las dos causas más comunes en un mal funcionamiento del carbonatador son:

- La relación incorrecta de presión y temperatura
- La presencia de aire dentro del carbonatador, dependiendo del sistema deaerador de agua que se utilice.

La eficiencia de un carbonatador, por lo tanto, depende de conservarlo tan libre de aire como sea posible; mientras más aire se acumule, menor grado de carbonatación se obtendrá bajo la misma presión, dado que entre más espacio ocupe el aire dentro del carbonatador, menos espacio ocupará el gas carbónico (CO<sub>2</sub> en estado gaseoso), por lo cual existirá menor contacto entre el agua y el dióxido de carbono, y se disminuirá la velocidad y el grado de carbonatación.

Es recomendable que la tubería que lleve el agua carbonatada hacia la llenadora, sea lo más corta posible y no contenga muchos codos, ya que cuando el agua fluye a través de cualquier tubería, hay turbulencias y ésta aumenta en gran

medida cuando hay codos; mientras más se agite el agua carbonatada, tenderá más a perder el gas, además de que los tramos largos aumentan la temperatura y provocan el aumento de turbulencia, lo que da lugar a una variación del punto de saturación de las bebidas. El carbonatador debe instalarse cerca de la llenadora, de modo que la tubería pueda ser corta y directa.



## **2. ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO**

### **2.1 Conceptos generales de mantenimiento**

#### **2.1.1 Definición de mantenimiento**

El mantenimiento se puede definir como el conjunto de actividades , que permiten garantizar el óptimo funcionamiento y prolongar la vida útil de los equipos.

#### **2.1.2 Estandarización de las actividades de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento deben ser estandarizadas por diferentes razones, entre ellas:

- No pueden ser ejecutadas efectivamente, si cada quien las lleva a cabo como mejor le parezca.
- Muchas de las técnicas y destrezas de mantenimiento llevan largo tiempo, para ser ejecutadas adecuadamente.
- El trabajo de mantenimiento es menos efectivo que el de producción, pues es menos repetitivo.

La estandarización dirige estos problemas con la incorporación de manuales. Estos documentos permiten que un gran número de trabajadores, incluyendo los nuevos, hagan el trabajo que previamente fue hecho por trabajadores con experiencia. Esta capacidad de entrenar e involucrar muchos



individuos en el trabajo de mantenimiento es clave para desarrollar un programa eficiente de mantenimiento. Los estándares se deben revisar, por lo menos una vez al año.

### **2.1.3 Mantenimiento preventivo**

#### **2.1.3.1 Definición de mantenimiento preventivo**

Es todo trabajo planificado, que permite la rápida detección y tratamiento de las anomalías del equipo, antes de que causen defectos o pérdidas.

Consiste en dos actividades básicas: inspección periódica y restauración planeada del deterioro, que están basadas en los resultados de estas inspecciones.

El desarrollo del mantenimiento preventivo se realiza a través de las siguientes rutinas:

- Inspecciones: pruebas o mediciones periódicas.
- Ajustes: reacomodo de piezas tales como fajas, engranajes y tornillos.
- Lubricación: aplicación de grasas y lubricantes, para evitar fallas provocadas por desgaste.
- Limpieza de la maquinaria y equipos, para permitir la detección de averías, y así facilitar el trabajo del personal de mantenimiento.

## **2.2 Equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2**

### **2.2.1 Descripción del proceso de funcionamiento o carbonatación**

El proceso de carbonatación de bebidas del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2 tiene una capacidad aproximada de entre 10,000 y 18,000 litros/hora, y sucede de la siguiente manera: en el tanque de desaeración se remueve constantemente el oxígeno disuelto en el agua de proceso, debido a la dispersión de gotas de agua y a la remoción simultánea de aire por medio de una bomba de vacío. Simultáneamente el jarabe se alimenta a un tanque por medio de una bomba de desplazamiento positivo. La mezcla se lleva a cabo inyectando jarabe dentro de la corriente de agua desareada; dicha mezcla se controla por partes (jarabe/agua), para un producto total bajo un principio de relación de masa a masa (“x” partes de jarabe/ “y” partes de agua). El producto mezclado se bombea por la acción de la bomba de carbonatación, a través de un enfriador o intercambiador de calor de placas, el cual enfría el producto de 30° a 2°C (86° a 36° F). Después de que el producto pasa por este enfriador de placas, el CO<sub>2</sub> se dispersa dentro de la corriente de producto, a través del conjunto carbonatador, el cual está equipado con un elemento sinterizado de acero inoxidable de dos micrones por medio del cual pasan el producto y el CO<sub>2</sub> por lo que se provee la mezcla inicial de burbujas de CO<sub>2</sub> de tamaño micrónico. El mezclado posterior se desarrolla en el mezclador estático de CO<sub>2</sub>, para después pasar al tanque de estabilización, en el cual se mantiene la presión de CO<sub>2</sub> adecuada de la bebida, hasta que es enviada finalmente a la llenadora.

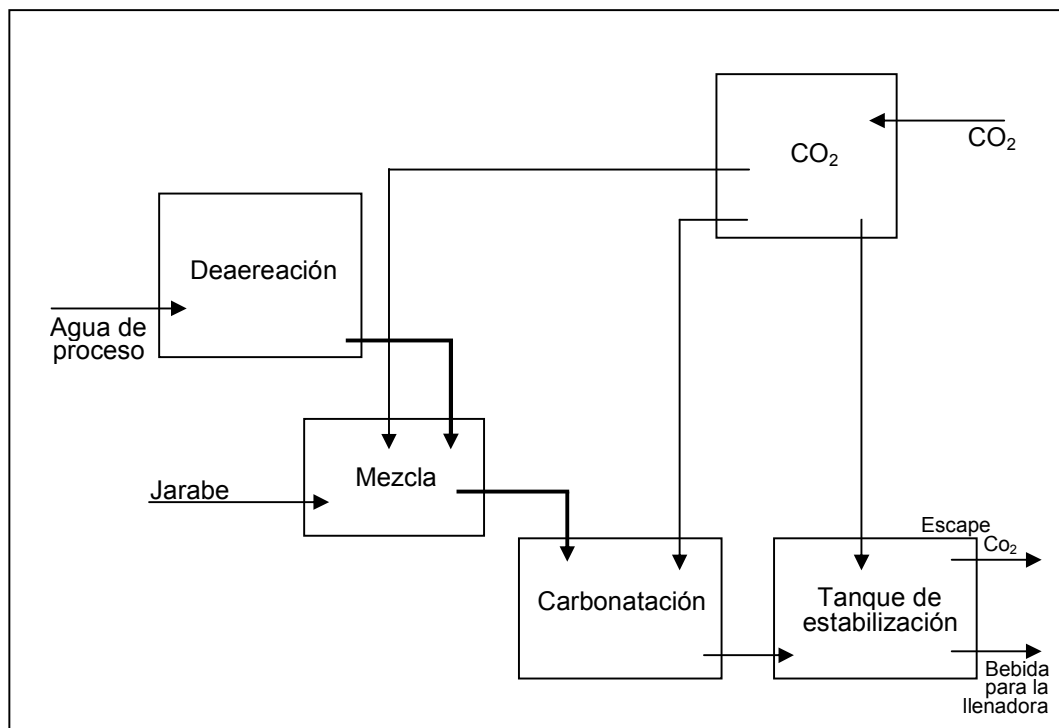
### **2.2.2 Diagrama de flujo del proceso de carbonatación**

Tal como se describió anteriormente, se puede apreciar, en la figura 3, el proceso completo de carbonatación, que consta en esencia de las siguientes

etapas:

- deaereación (se remueve el oxígeno del agua)
- mezcla (proceso de inyección constante de jarabe en la corriente de agua)
- carbonatación (adición de  $\text{CO}_2$  a la mezcla)
- estabilización (proceso mediante el cual se mantiene la presión de  $\text{CO}_2$  adecuada en la bebida hasta ser enviada a la llenadora).

**Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de carbonatación del equipo MSF 54/2**



### 2.2.3 Sub-equipos y componentes del equipo de mezcla MSF 54/2

Tabla I. Listado de sub-equipo y componentes del equipo de mezcla MSF 54/2

P	Descripción	Información general	Especificaciones
10	<b>Sistema de alimentación de CO2</b>		
10	Medidor másico de CO2 FIT585	E+H tipo Promass 63 F	16-62 VDC/20-55V AC
10	Válvula 515 reguladora de desfogue de CO2 tanque estabilizador	Kramer Ventile 30037	DN-25, 0,25-1,1 bar
10	Válvula 521 reguladora de ingreso de CO2 a tanque estabilizador	Kramer Ventile 30037	DN-25, 0,25-1,1 bar
9	Válvula 522 de entrada de CO2	Válvula de mariposa de 30mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 562 de desfogue de CO2 de tanque estabilizador	Válvula de mariposa de 30mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
6	Válvula 575 de entrada de nitrógeno	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	Válvula 585 reguladora de carbonatación	Kramer Ventile 25038	DN-1", 0,25-1,1 bar
10	<b>Sistema de deaeración</b>		
9	Tanque de deaeración	Cilindrico de acero inoxidable	1584 litros, -1/8 - 11.4 bar, max 50°C
10	Válvula 501 de entrada agua a tanque de deaeración	Válvula de mariposa de 100mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 504 de desfogue de tanque de deaeración	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 505 de cierre vacío tanque de deaeración	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 508 de seguridad de tanque de deaeración	Válvula de seguridad de 40mm de diámetro	
9	Válvula 576 de deaeración por presión	Válvula de asiento inclinado de 1/2" de diam.	Actuador neumático de simple efecto
10	<b>Sistema de vacío</b>		
10	Bomba de vacío P505	Speck tipo V155-55 0019	
10	Motor para bomba de vacío P505	Speck tipo 112M4L-11L	8,3 HP, 1720 rev/min, 440/480 V
10	Válvula 509 de entrada de agua de sello de bomba de vacío	Electro-válvula 24 V AC/DC, 4 A, 8 W	2-6 bar
10	<b>Sistema de carbonatación</b>		
10	Bomba centrífuga de carbonatación P501	Hilge tipo maxana-I65-250/36/2	Q = 64m <sup>3</sup> /h, H = 110m
10	Motor para bomba centrífuga P501	Leroy somer tipo LS200LT-T	45,6 HP, 3500 rev/min, 480/630 V
9	Válvula 507 de drenaje descarga bomba P501	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	Carbonatador	Krones	
10	Válvula 567 de ingreso de producto para carbonatador	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto

\* P = prioridad

Continuación

10	<b>Sistema estabilizador</b>		
10	Bomba centrífuga de alimentación a llenadora P503	Hilge tipo euro-hygia-bloc-11/608	Q = 54m <sup>3</sup> /h, H = 35m
10	Motor para bomba centrífuga P503	Siemens tipo 1LA9131-2LA-ZX04	17 HP, 3505 rev/min, 480 V
10	Válvula 563 de envío de producto a llenadora	Válvula de mariposa de 120mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 564 de drenaje de salida a mixer	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 568 recirculación tanque estabilizador	Válvula de mariposa de 2" de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Tanque estabilizador	Cilíndrico de acero inoxidable	1584 litros, -1/8 - 11.4 bar, max 50°C
9	Válvula 524 seguridad tanque estabilizador	Válvula de seguridad de 40mm de diámetro	
9	Válvula 566 ingreso de producto sin carbonatar a tanque estabilizador	Válvula de mariposa de 2" de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	<b>Sistema de jarabe</b>		
9	Tanque de jarabe	Cilíndrico de acero inoxidable	180 litros, -1/8 - 11.4 bar, max 50°C
8	Válvula 519 de drenaje entrada de jarabe	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 528 redosificadora de jarabe, No.1	Válvula de asiento inclinado de 1/2" de diam.	Actuador neumático de simple efecto
8	Válvula 529 de drenaje de redosificación de jarabe	Válvula de asiento inclinado de 1/2" de diam.	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 530 redosificadora de jarabe, No. 2	Válvula de asiento inclinado de 1/2" de diam.	Actuador neumático de simple efecto
10	<b>Sistema de regulación de presión del tanque de jarabe</b>		
10	Regulador de presión PC512	Krones PC512	
9	Válvula 510 de ingreso a tanque de jarabe	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 512 de ingreso de presión a tanque de jarabe	Válvula de mariposa de 30mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 527 de seguridad de tanque de jarabe	Válvula de seguridad de 40mm de diámetro	
9	Válvula 561 de entrada de jarabe al mixer	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	<b>Sistema dosificador de jarabe</b>		
10	Bomba de desplazamiento positivo de jarabe P517	Bornemann tipo SLC125-23V	Q = 2.2-11 m <sup>3</sup> /h
10	Motor para bomba de desplazamiento positivo de jarabe P517	Vem tipo K21R 160 M4 TWS HW	23 HP, 1750 rev/min, 277/480 V
9	Válvula 506 de seguridad de bomba de jarabe	Válvula de seguridad de 40mm de diámetro	
8	Válvula 541 de drenaje de descarga de bomba de jarabe	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
8	Válvula 547 de drenaje de descarga de bomba de jarabe	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto

\* P = prioridad

Continuación

10	<b>Sistema de mezcla</b>		
10	Mezclador estático	Sulzer tipo SMF-DN-125	16 bar, 50 °C
8	Válvula 513 de drenaje entrada mezclador estático	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
8	Válvula 543 de entrada jarabe a mezclador estático	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	Medidor de flujo másico de jarabe FIT 517	E+H tipo Promass 83 F	
10	Medidor de flujo másico de bebida FIT 502	E+H tipo Promag 53 H	
7	Válvula 586 de purga de aire salida de medidor de bebida	Válvula de asiento inclinado de 1/2" de diam.	Actuador neumático de simple efecto
8	<b>Sistema de medición de brix</b>		
7	Medidor de brix electrónico	Anton Paar	CARBO 2100
7	Panel eléctrico sistema de medición de brix	Anton Paar	Tipo DPRn427
7	Bomba del sistema de medición de brix P509	Schmalenberger tipo HL 1 10-08/2-50HZ	Q = 0.63 m3/h
7	Motor para bomba de medición de brix	ATB tipo HL 1 10-08/2-50HZ	0.4 HP, 3440 rev/min, 440 V
9	<b>Sistema de saneamiento CIP</b>		
9	Válvula 500 de entrada de agua al mixer (CIP)	Válvula de mariposa de 100mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 502 de saneado a tanque estabilizador No. 1	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 503 de drenaje saneado tanque estabilizador	Válvula de mariposa de 70mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 511 de saneado a tanque de jarabe	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
9	Válvula 523 de saneado a tanque estabilizador, No. 2	Válvula de mariposa de 40mm de diámetro	Actuador neumático de simple efecto
10	<b>Sistema eléctrico</b>		
10	Panel eléctrico o de fuerza del mezclador	Krones 5 D-93068	480 V, 60 Hz, 85 A, 3 fases
10	Pantalla de mando del operador	Krones CTS 10	
10	<b>Sistema neumático</b>		

\* P = prioridad

En la tabla I, aparece el listado completo de los subequipos y componentes del equipo de mezcla MSF (ver anexo 1 y apéndices 1 y 4), así como las descripciones generales de cada uno de ellos.

Los subequipos han sido agrupados en sistemas, los cuales están relacionados con la función u operación, que en conjunto desempeñan; dichos sistemas son los siguientes:

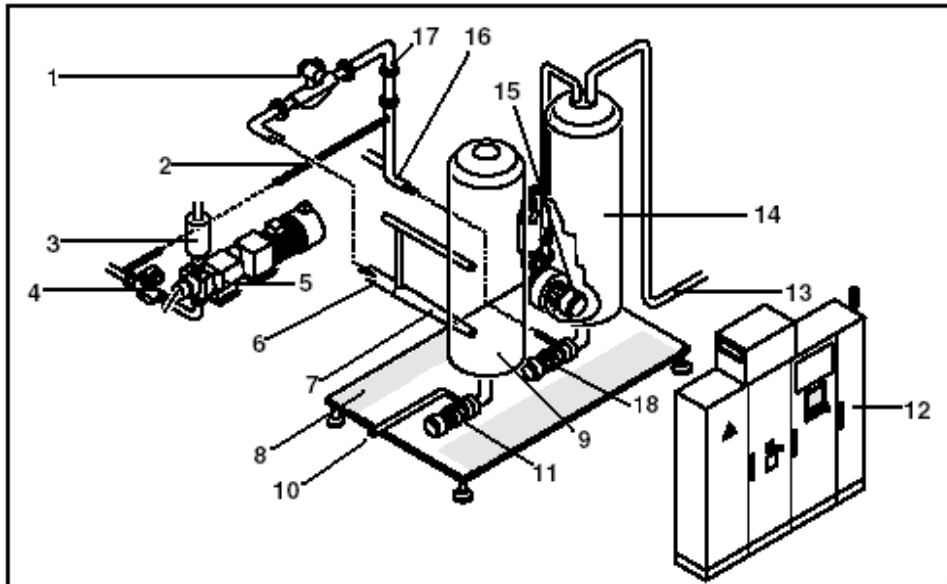
- Sistema de alimentación de agua
- Sistema de alimentación de CO<sub>2</sub>
- Sistema de deaeración del agua
- Sistema de carbonatación
- Sistema estabilizador
- Sistema de jarabe
- Sistema de mezcla
- Sistema de medición de Brix
- Sistema de saneamiento "CIP"
- Sistema eléctrico
- Sistema neumático

#### **2.2.4 Construcción de la máquina**

El equipo de mezcla MSF 54/2 es un carbonatador del tipo de inyección. Gráficamente podría representarse tal y como se muestra en diagrama de la figura 4. En dicho diagrama, aparecen enumerados sus subequipos y componentes principales, los cuales son:

1. Medidor de flujo másico de la mezcla
2. Acometida de jarabe al tubo de mezcla
3. Tanque o depósito de alimentación principal para jarabe

**Figura 4. Diagrama de construcción del equipo de mezcla MSF 54/2**



Fuente: Manual D-06-00079SP KRONES, 2002, p. 73

4. Medidor de flujo másico de jarabe
5. Bomba de desplazamiento positivo de jarabe
6. Acometida de la mezcla al depósito de carbonatación
7. Inyector de la mezcla en el depósito de carbonatación
8. Base o armazón del equipo de mezcla
9. Tanque o depósito de carbonatación
10. Acometida a la llenadora
11. Bomba de alimentación de producto a la llenadora
12. Panel eléctrico o armario de distribución (pantalla de mando y conjuntos de servicios)
13. Acometida de agua al depósito de desgasificación
14. Tanque o depósito de desgasificación del agua
15. Bomba de vacío o de desgasificación
16. Acometida de agua al tubo mezclador
17. Tubo mezclador



18. Bomba de carbonatación

19. Bomba de alimentación de agua

### **3. PROGRAMA Y MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **3.1 Programa de mantenimiento preventivo**

##### **3.1.1 Clasificación de las tareas que se va a realizar para el mantenimiento preventivo**

En el programa de mantenimiento preventivo, para el equipo carbonatador o mezcladora MSF 54/2, se dividen las tareas en:

- Eléctricas
- Electrónicas o de instrumentación
- Mecánicas

Con esto se diferencia el oficio del trabajador al que se le debe asignar una tarea en específico.

Seguidamente, según el tipo de trabajo que se va a efectuar, se agrupan en:

- Verificaciones: aquellas tareas que consistan en comprobar el correcto funcionamiento de un componente o sub-equipo determinado.
- Limpiezas: son todas las tareas destinadas a mantener los componentes o subequipos libres de cualquier suciedad o impureza, que perjudique su correcto funcionamiento.
- Lubricaciones: son las tareas encaminadas a garantizar la correcta lubricación de los componentes, para evitar el excesivo desgaste y

deterioro de las piezas.

- Cambios: es la sustitución de repuestos usados por nuevos, tomando como referencia las recomendaciones de los fabricantes de los equipos.

### **3.1.2 Clasificación de las periodicidades o frecuencias de ejecución de las tareas**

La periodicidad o frecuencia de tiempo, con que se deben realizar las distintas tareas de mantenimiento, se manejará con múltiplos de días, especificando claramente la cantidad de días (de hasta 20 horas de producción en promedio) recomendada, que deberá de transcurrir para que se vuelva a realizar cada una de ellas.

### **3.1.3 Clasificación con base en las prioridades de las tareas**

La determinación de la prioridad de los trabajos constituye una herramienta de ayuda para el programador o coordinador de mantenimiento, en la cual se puede basar, para realizar la distribución adecuada de los recursos limitados que tenga disponibles, obviamente comenzando por aquellas tareas que tengan la prioridad más alta.

Para la elaboración de este programa, se utiliza el sistema de prioridades conocido como RIME (*ranking index of maintenance expenditures*: clasificación por índices de trabajos de mantenimiento), diseñado en Chicago, Estados Unidos, por la compañía de asesoría *Albert Ramond and Associates, Inc.*

El sistema RIME consiste en dos procedimientos: la categorización de cada parte del equipo y la clasificación de cada tipo de trabajo de mantenimiento. Cada tipo de equipo y clase de trabajo se clasifica en una escala del 1 al 10. El diez es el que tiene la máxima prioridad.

Para decidir el orden de prioridad de un trabajo, se determina la categoría del equipo y la clase de trabajo, y estos dos factores se multiplican entre sí para dar un número de prioridad; el 100 es el número más alto posible.

Las prioridades de las tareas fueron asignadas tomando en cuenta su clase (eléctricas, mecánicas, electrónicas, etc.), su categoría (verificación, limpieza, etc.) y su frecuencia de aplicación.

### 3.1.4 Listado de las tareas del mantenimiento preventivo de los componentes del equipo carbonatador

Tabla II. Listado de tareas de mantenimiento preventivo del equipo de mezcla MSF 54/2

PRIORIDAD	DESCRIPCION	FRECUENCIA	TIPO	EQUIPO	EQ. PARADO	TIEMPO APROX.
9	Verificación de dispositivos neumáticos	7 días	Mecánica	Sistema neumático	si	0.5
8	Verificación de fugas en tuberías, tanques y válvulas	15 días	Mecánica	General	no	0.5
9	Limpieza de panel eléctrico (fuerza)	1 mes	Eléctrica	Panel eléctrico	si	5
6	Limpieza de cableado eléctrico externo	1 mes	Eléctrica	Sistema eléctrico	no	1
6	Limpieza de circuito de tubería	1 mes	Mecánica	General	no	2.5
7	Limpieza exterior del tanque de jarabe	1 mes	Mecánica	Tanque de jarabe	no	1
7	Limpieza exterior del tanque desareador de agua	1 mes	Mecánica	Tanque desareador	no	1
7	Limpieza exterior de tanque estabilizador	1 mes	Mecánica	Tanque estabilizador	no	1
7	Limpieza de válvulas de mariposa y de seguridad	1 mes	Mecánica	General	no	4
7	Limpieza de válvulas reguladoras	1 mes	Mecánica	Válvulas 515, 521 Y 585	si	0.33 / c/u
7	Limpieza exterior de motobomba de vacío	1 mes	Mecánica	Motobomba P505	si	1
7	Limpieza exterior de motobomba dosificadora de jarabe	1 mes	Mecánica	Motobomba P517	si	1
7	Limpieza exterior de motobomba de carbonatación	1 mes	Mecánica	Motobomba P501	si	1
7	Limpieza exterior de motobomba de alimentación a llenadora	1 mes	Mecánica	Motobomba P503	si	1
10	Verificación de motobomba de vacío	1 mes	Mecánica-eléctrica	Motobomba P505	no	0.5
10	Verificación de motobomba dosificadora de jarabe	1 mes	Mecánica-eléctrica	Motobomba P517	no	0.5
10	Verificación de motobomba de carbonatación	1 mes	Mecánica-eléctrica	Motobomba P501	no	0.5
10	Verificación de motobomba de alimentación a llenadora	1 mes	Mecánica-eléctrica	Motobomba P503	no	0.5
8	Verificación de fugas del sistema neumático	1 mes	Mecánica	Sistema neumático	no	2
8	Limpieza de equipo de medición de brix	1 mes	Mecánica-eléctrica	Equipo de med. Brix	no	1
9	Verificación de fugas internas de válvulas del sistema	3 meses	Mecánica	General	si	6
10	Limpieza de regulador de presión	3 meses	Mecánica	Regulador PC512	no	2
10	Verificación del funcionamiento de válvulas reguladoras	6 meses	Mecánica-eléctrica	Válvulas 515, 521 Y 585	si	0.33 / c/u
10	Verificación de electro-válvula de lubricación de sello mecánico	6 meses	Eléctrica	Motobomba P505	si	1
10	Verificación de platinos de contactores	6 meses	Eléctrica	Panel eléctrico	si	2 / c/u
10	Evaluación de vibraciones y termografía	6 meses	Mecánica-eléctrica	Motobombas y panel	no	1
8	Limpieza de sensores de medidor de oxígeno	1 año	Electrónica	Medidor de oxígeno	si	1
10	Limpieza de variadores	1 año	Eléctrica	Panel eléctrico	si	4 / c/u
10	Cambio de aceite lubricador de bomba dosificadora de jarabe	1 año	Mecánica	Motobomba P517	si	1
10	Cambio de empaques de válvulas de mariposa	1 año	Mecánica	General	si	0.75 / c/u
10	Cambio de sello mecánico y cojinetes de motobombas	1 año	Mecánica	Motobombas	si	3 / c/u
10	Calibración de componentes electrónicos	1 año	Electrónica	General	si	-

\* Tiempo aproximado de ejecución en horas

## **3.2 Manual de mantenimiento preventivo**

### **3.2.1 Procedimientos o instrucciones, para la elaboración de cada una de las tareas del programa de mantenimiento preventivo**

#### **Verificación de dispositivos neumáticos**

Información general: frecuencia: semanal, tiempo estimado: 30 min.; estado de la máquina: paro; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

Verificación y limpieza de válvula de aire (dispositivo neumático 0.1)

1. Revisar que la válvula principal de entrada de aire 0.1 no presente fugas y/o roturas.
2. Limpie a detalle el exterior de la válvula, utilizando un trapo o wype.

Verificación y limpieza de regulador de válvula de control de presión del tanque de jarabe (dispositivo neumático 0.5)

1. Verifique el funcionamiento y estado del regulador para la válvula de presión del tanque de jarabe.
2. Limpie externamente a detalle el regulador utilizando un trapo o wype.
3. Revise que la presión esté ajustada a 20 psi o 1.4 bar; de lo contrario, ajústela utilizando la perilla negra, que se encuentra en la parte superior del regulador (la presión aumenta al girar la perilla en el sentido de las agujas del reloj).

Verificación y limpieza de la unidad de mantenimiento principal del equipo (regulador, trampa de agua, filtro y vaso lubricador)

1. Verifique el funcionamiento y estado adecuado de los distintos componentes de la unidad de mantenimiento principal.
2. Verifique que la presión de aire esté ajustada a 6 bar (85 psi) de manera estable. Realice esta revisión con el equipo en drenaje, es decir, con todas las válvulas abiertas. De ser necesario, ajuste la presión utilizando la perilla negra que se encuentra en la parte superior del regulador (la presión aumenta al girar la perilla en el sentido de las agujas del reloj).
3. Limpie externamente a detalle la unidad de mantenimiento completa, utilizando un wype o trapo.
4. Con la presión de aire conectada, purgue el agua condensada en la trampa de la unidad, abriendo la llave negra que se encuentra en la parte inferior de la misma.
5. Verifique que el nivel de aceite del vaso lubricador de la unidad de mantenimiento sea el adecuado (3/4 de su capacidad como mínimo). De lo contrario, rellénelo, cerrando antes la llave principal de aire. Para rellenar el vaso lubricador, debe girarlo y retirarlo para luego aplicar aceite ISO-10.
6. Finalmente verifique que el lubricador deje pasar a la corriente de aire una gota de lubricante cada 30 segundos; de lo contrario, gradúe el goteo por medio de la perilla que se encuentra en la parte superior del mismo.

**Material que se va a utilizar:** ½ lb. de wype, 1 trapo.

### **Verificación de fugas en tuberías, tanques y válvulas**

Información general: frecuencia: quincenal, tiempo estimado: 30 min.; estado de la máquina: operación o en proceso de saneamiento; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Verifique visualmente que no existan fugas de agua en tuberías, tanques y válvulas. A simple vista, podrá notar el goteo de agua por alguno de las superficies de estos componentes.
2. Si hubiera alguna fuga en uniones de tuberías, válvulas, visores, sondas, manómetros u otros componentes, trate de repararlas reapretando las tuercas y/o tornillos que las sujetan. Si la fuga persiste, repórtela para programar una orden correctiva.

**Material que se va a utilizar:** Caja de herramientas generales, juego de llaves para uniones de tubería roscada o de tacón.

### **Notas de seguridad**

- Precaución en el contacto directo con algunas tuberías, ya que podrían encontrarse a elevadas temperaturas.
- Si aprieta uniones, utilice guantes y lentes de protección.
- No abra ninguna válvula manualmente, pues el agua que se utiliza para saneamiento se encuentra caliente.

### **Limpieza de panel eléctrico o de fuerza**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 3 horas, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

- 1.Desenergice por completo el panel.



- 2.Retire polvo y suciedad que se encuentre sobre los componentes eléctricos y electrónicos, utilizando una aspiradora, wype y limpiador de contactos.
- 3.Limpie el ventilador del panel y verificar su funcionamiento adecuado.
- 4.Verifique el apriete de la tornillería de borneras del PLC y de los contactores.
- 5.Verifique el estado y funcionamiento de bombillas indicadoras de fallas.
- 6.Verifique el consumo de corriente de los motores.
- 7.Limpie el exterior de variadores de velocidad o inversores, verificar que su ventilador funcione adecuadamente, apretar su tornillería.
- 8.Ordene correctamente el cableado del panel.
- 9.Notifique si existe algún desperfecto para programar una orden correctiva.

**Materiales que se va a utilizar:** caja de herramientas, 2 lb. de wype, 1 bote de limpiador de contactos, una aspiradora.

**Notas de seguridad**

- Proteja componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.

**Limpieza de cableado externo**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: operación o paro; se asigna a 1 eléctrico o electrónico.

1. Limpie con cuidado el cableado eléctrico externo, utilizando wype o un trapo húmedo.
2. Remueva excesos de humedad que hayan quedado en el cableado, utilizando wype o un trapo seco.
3. Verifique el estado de la soportaría de los ductos eléctricos. Reporte cualquier anomalía, para generar una orden correctiva.

**Material que se va a utilizar:** 1 lb. de wype, 1 trapo.

**Notas de seguridad**

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.

**Limpieza de circuito completo de tubería**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 2.5 horas, estado de la máquina: operación o paro; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Limpie con detalle todo el contorno de las tuberías y uniones, incluyendo los visores. Utilice wype o esponja y jabón desengrasante para remover todo tipo de suciedad e impurezas incrustadas en el exterior de las tuberías. Si existieran incrustaciones difíciles de remover, utilice un cepillo de cerdas suaves para eliminarlas.
2. Remueva los excesos de humedad con wype o trapo seco.

**Material que se va a utilizar:** 2 lb. de wype, 1 esponja, 1 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 1 cepillo de cerdas suaves.

**Notas de seguridad**

- Proteja componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.

- No aplique agua a presión.
- Utilice solamente solventes para acero inoxidable.
- Utilice una escalera para poder limpiar la tubería que se encuentra en la parte superior del equipo. No se pare en válvulas, tuberías o canaletas, pues no soportan mayor peso.

### **Limpieza exterior de tanques (de jarabe, deaerador y estabilizador)**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 45 min. tanque de jarabe y 1 hora por cada tanque (deaerador y estabilizador), estado de la máquina: operación o paro; asignar a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Limpie con detalle todo el contorno de los tanques, incluyendo los visores, exterior de sondas de nivel y manómetros. Utilice wype o esponja y jabón desengrasante para remover todo tipo de suciedad e impurezas incrustadas. Si existieran incrustaciones difíciles de remover, utilice un cepillo de cerdas suaves para eliminarlas.
2. Remueva los excesos de humedad con wype o trapo seco.

**Material que se va a utilizar:** tanque de jarabe: 1 lb. de wype, 1 esponja, 1/2 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 1 cepillo de cerdas suaves. Tanque deaerador y estabilizador (para cada uno): 2 lb. de wype, 1 esponja, 1 vaso de jabón desengrasante, 1 trapo, 1 cepillo de cerdas suave.

### **Notas de seguridad**

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.
- Utilice solamente solventes para acero inoxidable.
- Utilice una escalera para poder limpiar partes o superficies que se encuentra en la parte superior del equipo. No se pare en válvulas, tuberías o

canaletas, pues no soportan mayor peso.

### **Limpieza externa de todas las válvulas de mariposa y de seguridad del equipo**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: operación o paro; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Realice esta limpieza para cada válvula de la máquina. Las válvulas de mariposa y de seguridad son: 500, 501, 502, 503, 505, 506, 507, 508, 510, 511, 513, 518, 519, 522, 523, 524, 526, 527, 528, 529, 530, 540, 541, 543, 547, 557, 561, 562, 563, 564, 566, 567, 575, 576, 587, 588.
2. Limpie con detalle externamente el cuerpo de la válvula, el actuador neumático, los sensores, los acoples y el indicador de apertura o cierre. Utilice para esto wype o trapo húmedo. De ser necesario, utilice un cepillo de cerdas suaves para remover suciedad muy pegada.
3. Remueva los excesos de humedad con wype o trapo seco

**Material que se va a utilizar:** 2 lb. de wype, 1 trapo.

#### **Notas de seguridad**

- Proteja componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.
- Utilice una escalera para poder limpiar partes o superficies que se encuentra en la parte superior del equipo. No se pare en válvulas, tuberías o canaletas, pues no soportan mayor peso.

### **Limpieza de válvulas reguladoras**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: paro; se asignar a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Limpie a detalle cada válvula reguladora: válvula 515 (desfogue tanque estabilizador), válvula 521 (presurización tanque estabilizador) y válvula 585 (carbonatador); limpie además el actuador neumático amarillo, sus acoples y el vástago actuador. Para realizar estas limpiezas, utilice wype o trapo húmedo. De ser necesario, utilice un cepillo de cerdas suaves para remover suciedad muy pegada.

2. Remueva los excesos de humedad con wype o trapo seco

**Material que se va a utilizar:** 1 lb. de wype, 1 trapo.

**Notas de seguridad**

- Proteja componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.
- Utilice una escalera para poder limpiar partes o superficies que se encuentra en la parte superior del equipo. No se pare en válvulas, tuberías o canaletas, pues no soportan mayor peso.

**Limpieza exterior de motobombas (dosificadora de jarabe P517, de vacío P505, de carbonatación P501 y de alimentación a llenadora P503)**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 45 min. por bomba, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Con el motor de la bomba apagado, retire la guarda protectora del ventilador.
2. Limpie con detalle con un cepillo y/o wype aplicando desengrasante dieléctrico todo el exterior del motor, (evite utilizar materiales que dañen la pintura del mismo).

3. Limpie, utilizando los mismos materiales, el ventilador del motor y su guarda o carcasa protectora.
4. Limpie con detalle la parte exterior de la bomba aplicándole jabón desengrasante con un wype o trapo.
5. Retire todos los excesos de humedad, utilizando wype o trapo seco.
6. Coloque nuevamente la guarda protectora del ventilador.
7. Pruebe el motor y la bomba, acciónela manualmente, con agua en el tanque respectivo, para que no se trabaje en vacío.

Material que se va a utilizar: por cada bomba: 1.5 lb. de wype, 1 cepillo de cerdas suaves, 1.5 vasos de desengrasante dieléctrico, 1 vaso de jabón desengrasante.

Notas de seguridad

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.

**Verificación del funcionamiento de motobombas (dosificadora de jarabe P517, de vacío P505, de carbonatación P501 y de alimentación a llenadora P503)**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 30 minutos por bomba, estado de la máquina: operación o en proceso de saneamiento; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

Verificación del motor

1. Poner a funcionar la motobomba que se va a verificar.

2. Verificar por medio de un estetoscopio si existe ruido anormal provocado por el mal estado de los cojinetes, o por el roce del impeler con la carcaza.
3. Verificar la temperatura del motor por medio de algún instrumento de medición (pistola infrarroja por ejemplo). El rango de temperatura normal del motor en funcionamiento oscila entre 45 y 50 grados centígrados; una temperatura mayor de 50 °C debe de ser reportada inmediatamente para programar una revisión más profunda.
4. Verificar si el ventilador funciona adecuadamente y proporciona aire suficiente para regular la temperatura del motor.
5. Verificar el aislamiento y continuidad de los cables de alimentación eléctrica.

#### Verificación de la bomba

1. Verificar si existen fugas de fluido (agua, aire, jarabe, producto) en el sello mecánico.
2. Verificar el apriete de la tornillería general.
3. Verificar el apriete de las tuercas de unión de la tubería.
4. Para la bomba P517, verifique en el visor lateral que el nivel de aceite lubricador sea el adecuado; de lo contrario, rellene empleando aceite de grado ISO 68.

Nota: En la tabla XXI, se incluye una tabla con posibles causas de problemas mecánicos frecuentes.

**Material que se va a utilizar:** caja de herramientas, tester, instrumento de medición de temperatura.

### **Verificación de fugas del sistema neumático**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 2 horas, estado de la máquina: operación o en proceso de saneamiento; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

1. Con la máquina en funcionamiento en cualquier ciclo (producción o saneamiento), verifique que no existan fugas aplicando agua con jabón a las mangueras neumáticas. Revise la fijación, el apriete y el estado de los racores, válvulas y demás elementos neumáticos.
2. Limpie el agua con jabón utilizado para revisar las fugas; para esto use un trapo o wype.
3. Si existieran fugas o daños en cualquiera de los componentes neumáticos, repórtelo inmediatamente para programar una orden correctiva.

**Material que se va a utilizar:** 1lb. de wype, ½ vaso de jabón desengrasante, 1 trapo.

### **Notas de seguridad**

- Las mangueras o tuberías neumáticas que se revisarán se encuentran bajo presión; no las desconecte.

### **Limpieza del equipo de medición de brix**

Información general: frecuencia: mensual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la



máquina: operación, proceso de saneamiento o paro; se asigna a 1 operador o auxiliar del equipo.

- 1.Limpiar con detalle las cubiertas del equipo, utilizando wype y desengrasante dieléctrico.
- 2.Limpiar con detalle el exterior de la motobomba del equipo, utilizando wype y desengrasante dieléctrico.
- Limpiar con detalle el cableado y el panel eléctrico, utilizando wype y desengrasante dieléctrico.

**Material que se va a utilizar:** ½ libra de wype, 1 unidad de desengrasante dieléctrico.

**Notas de seguridad**

- Proteja los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplique agua a presión.

**Verificación de fugas internas de las válvulas del equipo**

Información general: frecuencia: trimestral, tiempo estimado: 3 horas, estado de la máquina: paro, asignar a: 1 operador o auxiliar del equipo.

- 1.Cierre la válvula bajo prueba, manualmente desde el panel del operador.
2. Presurice un lado de la válvula con agua o CO<sub>2</sub>, según sea el caso. No desconecte ninguna tubería.
3. Abra al otro lado de la válvula bajo prueba todas las válvulas que se

encuentran ubicadas hasta la próxima toma muestras, o hasta el próximo visor o salida de drenaje.

4. Verifique en la toma muestras, en el visor o en el drenaje que no esté saliendo agua o CO<sub>2</sub>.
  
5. Repita el procedimiento para cada una de las válvulas del equipo. Si existiera alguna con fuga, repórtela para programar su reparación.

### **Notas de seguridad**

- No abra ninguna válvula en tuberías bajo presión.
- Entre cada prueba de válvula, despresurice el sistema dejando salir el agua o CO<sub>2</sub>, por el siguiente drenaje o toma muestra.

### **Verificación del funcionamiento de válvulas reguladoras y sus I/P**

Información general: frecuencia: semestral, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico electrónico.

1. Coloque un generador de 4 a 20 mA en el transductor.
  
2. Genere 4mA en el I/P y verifique que la válvula no tenga fuga.
  
3. Genere 12mA y verifique que la válvula abra a la mitad.
  
4. Genere 20mA en el I/P y verifique que la válvula abra completamente.
  
5. Genere nuevamente 12mA y verifique que la válvula abra a la mitad.
  
6. Genere nuevamente 4mA en el I/P y verifique que la válvula cierre completamente.

7. Verifique que en el ciclo de cierre – abre – cierre no exista histéresis.
8. Verifique que la válvula module rápidamente.
9. Repita este procedimiento para las tres válvulas reguladoras.
10. Si alguna válvula no funciona adecuadamente, reporte el problema inmediatamente para generar una orden correctiva.

**Material que se va a utilizar:** Generador de 4mA a 20mA

**Notas de seguridad**

- No abra ninguna válvula en tuberías bajo presión.

**Verificación de electro-válvula de lubricación de sello mecánico de la bomba de vacío P505**

Información general: frecuencia: semestral, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

1. Verificar el aislamiento de la bobina.
2. Verificar el estado del vástago y limpiarlo a detalle.
3. Efectuar medición de impedancia.
4. Verificar el funcionamiento adecuado de la electroválvula de lubricación, ya que es una válvula normalmente cerrada, es decir, al poner en funcionamiento la bomba de vacío, debe abrir el paso de agua hacia el sello mecánico de la misma y lubricarlo en todo momento.

**Material a utilizar:** Tester.

**Notas de seguridad**

- No utilizar agua a presión para efectuar la limpieza del vástago.
- Proteger los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.

**Verificación de platinos de contactores de motores de bombas (dosificadora de jarabe P517, de vacío P505, de carbonatación P501 y de alimentación a llenadora P503)**

Información general: frecuencia: semestral, tiempo estimado: 2 horas por cada uno, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

1. Verificar continuidad entre contactos.
2. Verificar el estado físico de los contactos, los cuales no deben de presentar mucho desgaste o incrustaciones.
3. Limpiar a detalle todos los contactos.
4. Verificar que las mediciones de la bobina del contactor sean las adecuadas.

**Material que se va a utilizar:** tester

**Notas de seguridad**

- Al verificar impedancias con aparatos de Meger, hay que asegurarse de que el motor se encuentre desconectado del variador.

### **Medición de vibraciones de motobombas y estudio de termografía de motobombas y panel eléctrico**

Información general: frecuencia: semestral, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: operación; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

1. Utilizando transductores de vibración, se toma las mediciones del movimiento en operación de las motobombas.
2. Utilizando cámara de termografía infrarroja, se toma las mediciones de motobombas y componentes internos del panel eléctrico (contactores de motobombas, etc.).
3. Se notifican los resultados obtenidos en estos estudios para generar, de ser necesario, los trabajos correctivos correspondientes.

### **Limpieza de sensores de equipo de medición de oxígeno**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

1. Apague y desenergice el equipo de medición de oxígeno.
2. Desacople los sensores de la tubería.
3. Límpielos a detalle empleando los químicos proporcionados por el fabricante.

4. Coloque nuevamente los sensores en la tubería.

#### **Notas de seguridad**

- Proteger los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplicar agua a presión.

#### **Limpieza de variadores de motores de bombas (dosificadora de jarabe P517, de carbonatación P501 y de alimentación a llenadora P503)**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 4 horas por cada uno, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico eléctrico o electrónico.

1. Desenergizar por completo el panel eléctrico.
2. Desmontar las tarjetas electrónicas.
3. Limpiar con detalle los disipadores de temperatura de las tarjetas.
4. Limpiar con detalle la caja de borneras.

#### **Notas de seguridad**

- Proteger los componentes eléctricos y electrónicos de la humedad.
- No aplicar agua a presión.

#### **Cambio de aceite lubricador de bomba de dosificación de jarabe P517**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 1 hora, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico mecánico u operador.

1. Retire el tapón de drenaje y vacíe el lubricante de la bomba en un recipiente.
2. Rellene el depósito con aceite de grado ISO 68 hasta el nivel máximo.
3. Coloque nuevamente el tapón.
4. Realice pruebas de funcionamiento manualmente de la bomba.

**Nota de seguridad:**

- Asegúrese de apretar adecuadamente el tapón de drenaje.

**Cambio de empaque de válvulas de mariposa**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 45 minutos por cada una, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico mecánico.

Nota: se debe programar el cambio de empaque de todas las válvulas de mariposa. A continuación, se describe el procedimiento para cambiar el empaque de una válvula.

1. Vaciar y despresurizar por completo el equipo.
2. Desconectar las conexiones del actuador neumático de la válvula.
3. Desacoplar la válvula de la tubería y del actuador neumático.
4. Desarmar la válvula.
5. Retirar empaque viejo de la válvula.

6. Limpiar a detalle el interior de la válvula, incluyendo la paleta y su eje.
7. Colocar adecuadamente el empaque nuevo.
8. Colocar las tapaderas de la válvula, teniendo cuidado de no lastimar el empaque.
9. Colocar nuevamente la válvula en su lugar, tomando en cuenta la posición correcta.
10. Realizar pruebas de apertura y cierre, para verificar que no existan fugas, y que la válvula opere correctamente.

**Material que se va a utilizar:** caja de herramientas, 3lb wype, 2 vasos de jabón desengrasante, empaque para válvula de mariposa (ver tabla 4).

**Notas de seguridad**

- No abra ninguna válvula en tuberías bajo presión
- Utilice una escalera para poder desmontar las válvulas que se encuentran en la parte superior del equipo. No se pare en válvulas, tuberías o canaletas, pues no soportan mayor peso.

**Cambio de sello mecánico y cojinetes de motobombas (dosificadora de jarabe P517, de vacío P505, de carbonatación P501 y de alimentación a llenadora P503)**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 4 horas por cada una, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico mecánico.

1. Cortar por completo la corriente del panel eléctrico.



2. Desmontar tapadera de acometida eléctrica.
3. Proceder a desconectar los cables de alimentación eléctrica, tomando nota de sus respectivas posiciones. Ambos extremos de los cables deberán de ser aislados utilizando cinta especial.
4. Quitar la tubería que va unida a la carcaza de la bomba, desenroscando la tuerca de acople.
5. Destornillar la base del motor.
6. Destornillar la tuerca del acople de la carcaza del motor, que va unida a la tubería de entrada del tanque.
7. Desmontar bomba.
8. Desarmar bomba extrayendo sello mecánico.
9. Desarmar motor extrayendo cojinetes del estator.
10. Verificar y limpiar las piezas del motor y la bomba.
11. Colocar los cojinetes nuevos en el estator, para proceder a armar nuevamente el motor introduciendo el rotor con mucho cuidado; colocar las tapaderas, colocar el ventilador, colocar el acoplamiento o eje del impeler, colocar la tapadera del acople de la carcaza y el motor.
12. Colocar la carcaza tomando en cuenta la posición del acople de la tubería.

13. Colocar adecuadamente el sello mecánico nuevo.
14. Colocar cuña, impeler y tapadera de la bomba.
15. Verificar manualmente que el giro del impeler no sea forzado. Ajustar colocación de la carcasa.
16. Montar nuevamente la motobomba en su lugar.
17. Acoplar la tubería.
18. Apretar tornillería de la base del motor.
19. Conectar nuevamente el cableado de alimentación eléctrica.
20. Realizar pruebas:
  - A. Se llena el tanque respectivo a la altura indicada en el nivel.
  - B. Se pone a funcionar la motobomba, accionado el pulsador en la pantalla de mando. Se verificar que no existan ruidos extraños en el motor y fugas de fluidos en la bomba y sus acoples.

**Material que se va a utilizar:** caja de herramientas, extractor de cojinetes, 1lb wye, 1 unidad de líquido limpia-contactos.

**Nota de seguridad**

- Asegurarse de aislar adecuadamente los cables eléctricos al desmontar el motor
- Conecte correctamente los cables eléctricos al montar el motor y aislelos adecuadamente.
- Coloque correctamente la tapadera del cableado eléctrico del motor después de montarlo.

### **Calibración de componentes electrónicos**

Información general: frecuencia: anual, tiempo estimado: 2 horas por transductor, estado de la máquina: paro; se asigna a 1 técnico electrónico.

Transductores de corriente a presión I/P de válvulas reguladoras

1. Coloque un generador de 4 a 20 mA en el transductor.
2. Coloque un manómetro calibrado en válvula.
3. Genere 4mA en el I/P y verifique que la válvula se mantenga cerrada y el manómetro marque 3 psi; de lo contrario, gradúe el cero del transductor hasta llegar a la presión indicada.
4. Genere 20mA en el I/P y verifique que la válvula abra completamente y el manómetro marque 15 psi; de lo contrario, gradúe el span (rango máximo) del transductor hasta llegar a la presión indicada.
5. Este procedimiento se debe repetir, por lo menos tres veces, para verificar que el transductor esté correctamente calibrado.

**Material que se va a utilizar:** Generador de 4 a 20mA calibrado, manómetro de 0 a 20 psi calibrado, manguera y uniones neumáticas.

Transductores de presión a corriente P/I (ubicados en el tanque estabilizador y tubería de salida a la llenadora)

1. Coloque un generador de presión calibrado (0-10 bar)

2. Al no recibir presión, el transductor debería marcar 0 psi y generar una señal de salida de 4 mA, la cual se puede medir colocando un amperímetro entre sus terminales 1 y 3. El transductor debe estar alimentado con una señal de 24 voltios para funcionar. Si el transductor genera una señal distinta a 4mA, se deberá de ajustar el cero presionando los dos botones Z, hasta que genere la señal indicada.
3. Genere una presión de 6 bares sobre el transductor y verifique que la señal de salida sea de 20 mA, utilizando el mismo procedimiento y bajo las mismas condiciones que usó para medir la señal de 4mA. Si el transductor genera una señal distinta, ajuste el span presionando los dos botones S, hasta que genere la señal indicada.
4. Este procedimiento se debe de repetir, por lo menos, tres veces para garantizar que el transductor esté correctamente calibrado.

**Material que se va a utilizar:** generador de presión de 0 a 10 bares, amperímetro.

**Notas de seguridad**

- Verifique que la presión y corriente generadas a los transductores sea la adecuada.

### **3.3 Administración del mantenimiento preventivo**

Para poder administrar de una manera eficiente las distintas actividades de mantenimiento preventivo del equipo carbonatador, se contará con formatos establecidos, que según el caso se emplearán, para delegar las tareas y llevar un registro detallado de las mismas.

### **3.3.1 Solicitud de trabajo**

Es un documento identificado con un número correlativo individual e irrepetible, que se utiliza para reportar un desperfecto o fallo de cualquiera de los componentes del equipo carbonatador, y que necesite de un trabajo de mantenimiento correctivo o de emergencia. En dicho documento, se deberá registrar la siguiente información:

- fecha de solicitud,
- componente o sub-equipo dañado,
- descripción del trabajo solicitado,
- nombre de quien solicita el trabajo.

Un modelo para elaborar el formato de la solicitud de trabajo se muestra en la figura 5.

### **3.3.2 Orden de trabajo**

Es un documento identificado con un número correlativo individual e irrepetible, que se utiliza para asignar una tarea de mantenimiento determinada, en el cual se debe de especificar, entre otros aspectos, el componente en el que se debe de trabajar, el tipo de trabajo por realizar (mecánico-eléctrico: preventivo, correctivo, emergencia, otros), la descripción de la tarea a realizar, la(s) persona(s) que deberá(n) realizar la tarea, el tiempo estimado de realización (para el caso de los mantenimientos preventivos) y los repuestos e insumos que se deberán utilizar. Quien efectúe un trabajo asignado por medio de una orden de trabajo será responsable de reportar en la misma los pormenores de la ejecución del trabajo:

fecha de ejecución, tiempo de ejecución, repuestos utilizados y observaciones, si las hubiese.

Será de vital importancia que los datos que reporten las personas a las que se les asigne una orden de trabajo sean verídicos y exactos, para poder obtener una correcta retroalimentación de información y llevar un registro adecuado.

Un modelo para elaborar el formato de la orden de trabajo se muestra en la figura 6.

**Figura 5. Formato de solicitud de trabajo**

Logo de la empresa

No. \_\_\_\_\_

**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  
SOLICITUD DE TRABAJO**

Solicita	Prioridad	Interno
Producción <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	Rojo <input type="checkbox"/> Verde <input type="checkbox"/>	Ingresar a programa preventivo si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
<b>Área:</b>		
<b>Equipo:</b>		
<b>Trabajo que solicita:</b>		
<b>Observaciones:</b>		
<b>Nombre de quien solicita:</b>		<b>Fecha de solicitud:</b>

\_\_\_\_\_  
Solicita

\_\_\_\_\_  
Recibe

**Figura 6. Formato de orden de trabajo**

LOGO DE EMPRESA \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_

**DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO  
ORDEN DE TRABAJO**

Preventiva       Correctiva       Emergencia       Otros

Fecha de solicitud: \_\_\_\_\_ No. de asignados: \_\_\_\_\_  
 Solicitado por: \_\_\_\_\_ Asignación 1: \_\_\_\_\_  
 Prioridad: \_\_\_\_\_ Asignación 2: \_\_\_\_\_  
 Área: \_\_\_\_\_ Equipo: \_\_\_\_\_  
 Fecha realización: \_\_\_\_\_

Sistema	Descripción	Tiempo prog.	Tiempo real
Procedimiento:			
Notas de seguridad industrial:			
Repuestos			
Código	Descripción	Cantidad usada	Costo
Observaciones:			
Pendiente por: FM--FT--PP--FH--E--O		FM(Falta de materiales), FT(Falta de tiempo), PP(Por producción), FH(Falta de Herramienta), E(Emergencia), O(otros)	
Tipo de trabajo:		Hr. de inicio:	
Fecha prog. inicio		Hr de término:	
Fecha prog. término			

---

Programador

---

Técnico de mantenimiento

---

Coordinador de mantenimiento

---

Recibido por

### **3.4 Control del mantenimiento preventivo**

#### **3.4.1 Métodos y herramientas que se van a utilizar**

También para el control y supervisión de las tareas de mantenimiento, se utilizarán diferentes formatos de registro.

##### **3.4.1.1 Formatos o archivos de registro de mantenimiento**

Son documentos diseñados para poder llevar el control de toda la información relacionada con las distintas tareas de mantenimiento, que son efectuadas en el equipo carbonatador o de mezcla MSF. Se recomienda que estos formatos sean almacenados en un programa de cómputo de hojas de cálculo (en forma de archivos), o empleando una base de datos, debido a la facilidad de acceso y organización que permite este recurso. Teniendo en cuenta que será necesario elaborar respaldos o back up's de esta información con cierta periodicidad, para estar seguros de no perder información, por problemas técnicos, con el equipo de cómputo.

##### **3.4.1.1.1 Ficha técnica (figura 7 )**

Es la recopilación de la información general del equipo; en este documento se encuentran sus datos más importantes. Deberá ser elaborado antes de poner el equipo en funcionamiento, y servirá de referencia para obtener información de sus distintos componentes y repuestos.







### 3.4.1.1.3 Historial (figura 9)

Archivo por mes, en la cual se documentará en forma cronológica la información más importante de los distintos trabajos de mantenimiento que se han efectuado en el equipo. Los datos que se registrarán son los siguientes:

- fecha en la que se efectuó el trabajo;
- componente o subequipo en el que se trabajó;
- tipo de trabajo efectuado: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, emergencia, etc.;
- descripción del trabajo,
- cantidad de personas que efectuaron el trabajo, así como su especialidad y oficio;
- tiempo estimado en horas de duración del trabajo,
- descripción, cantidad y costo de los repuestos empleados,
- observaciones.

**Figura 9. Formato de historial de órdenes de trabajo**

FECHA				
SISTEMA				
COMPONENTE				
TIPO DE TRABAJO				
TIEMPO DE EJECUCIÓN				
DESCRIPCIÓN				
CANTIDAD DE EMPLEADOS		OFICIO		
REPUESTOS				
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
COSTO DE REPUESTOS				
OBSERVACIONES				

#### 3.4.1.1.4 Tiempo de paro (figura 10)

Es otro archivo que se deberá llevar por mes, y en el cual se registrará cronológicamente la información detallada de los distintos paros, que se han producido en el equipo debido a problemas mecánicos. La información que se va a recopilar será la siguiente:

- fecha de paro,
- nombre del componente que provocó el paro;
- descripción del motivo del paro,
- duración en minutos del paro,
- observaciones.

**Figura 10. Formato de control de tiempo de paro**

FECHA	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DEL MOTIVO DEL PARO	DURACIÓN	OBSERVACIONES

#### 3.4.1.1.5 Costos de mantenimiento (figura 11)

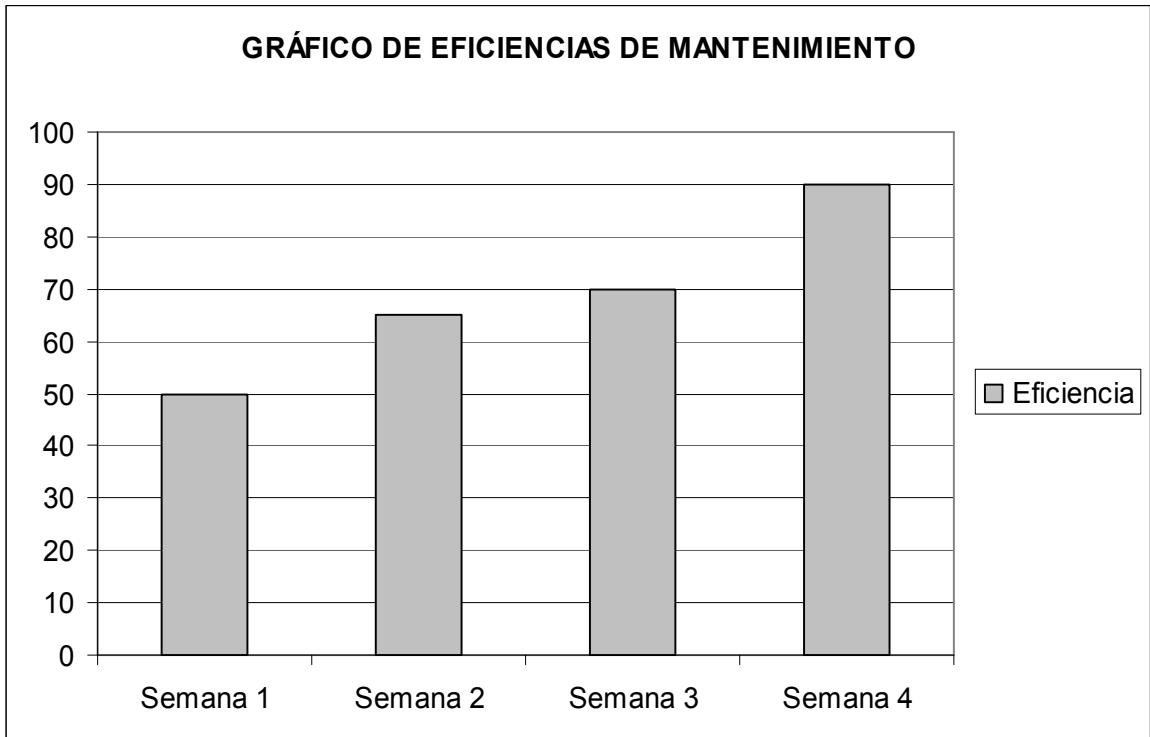
En este archivo, se hará una recopilación semanal de las cantidades de dinero invertidas en repuestos e insumos utilizados para las distintas tareas de mantenimiento del equipo, así como los trabajos efectuados por contratistas, si la situación lo ameritara. Los datos que se deben de registrar son:

- fecha en que se efectuó el trabajo;





**Figura 13. Gráfico de eficiencias de mantenimiento**



#### **3.4.1.1.7 Control de calidad del mantenimiento**

Para poder llevar un control de la calidad de las tareas del mantenimiento preventivo que se ejecuten en el equipo, se sugiere llevar un control mensual de los parámetros básicos del equipo en operación (ver figura 14), dichos parámetros deberán de mantenerse en el transcurso del tiempo y cualquier variación de ellos significará un posible error o fallo en el mantenimiento ejecutado o en el funcionamiento de algún componente del equipo.

**Figura 14. Formato de control de calidad del mantenimiento**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR ESPERADO</b>	<b>VALOR ACTUAL</b>
Presión de entrada de agua	4 - 5 bar	
Presión de entrada de CO2	10 bar	
Presión de aire a válvulas 5/2	7 bar	
Presión de aire a válvulas moduladoras	1.4 bar	
Presión de aire a válvula reguladora de presión de tanque de jarabe	7 bar	
Modulación lazo de mezcla	modulando	
Modulación lazo de carbonatación	modulando	
Modulación lazo de presión de tanque de estabilización	modulando	
Modulación lazo de presión P503	modulando	
Nivel de tanque de jarabe	mantenido	
Nivel de tanque de desaereación	mantenido	
Nivel de tanque de estabilización	mantenido	
Vacío tanque de desaereación	-1 bar	
Fugas en tuberías	no	
Fugas en bomba P501	no	
Fugas en bomba P505	no	
Fugas en bomba P503	no	
Fugas en bomba P517	no	
Fugas en bomba P509	no	
Temperatura de motor-bomba P501	45 - 50 °C	
Temperatura de motor-bomba P505	45 - 50 °C	
Temperatura de motor-bomba P503	45 - 50 °C	
Temperatura de motor-bomba P517	45 - 50 °C	
Presión de mezcla	6 - 7 bar	





## **4. REPUESTOS Y MATERIALES**

### **4.1 Inventarios**

Los inventarios se relacionan con el aseguramiento de cantidades suficientes de bienes (repuestos, insumos, materias primas, etc.), que garanticen una operación continua en un sistema de producción o en una actividad comercial. Según las condiciones en las que se desarrollen dichos procesos, pueden darse dos casos: a) muy poca reserva o stock puede ocasionar costosos paros en la operación del sistema, y b) demasiada reserva puede dañar la ventaja competitiva y el margen de ganancia del negocio.

Es importante entonces poder encontrar un equilibrio entre estas dos condiciones extremas, para poder manejar efectivamente los inventarios y así poder minimizar problemas.

#### **4.1.1 Clasificación de los artículos de inventario**

Para poder controlar efectivamente los artículos de inventario necesarios, y poder cumplir con el programa de mantenimiento preventivo para el equipo de mezcla, se propone la siguiente clasificación:

- a) Artículos tipo 1: son aquellos que se utilizarán constantemente, que en su mayoría son los insumos necesarios para desarrollar las tareas menores de mantenimiento (limpiezas y verificaciones). Para poder determinar la

cantidad óptima de estos artículos que se debe mantener en el inventario y que permitan cumplir con el programa de mantenimiento, se sugiere utilizar los modelos determinísticos de inventario como herramienta de control. El listado de artículos tipo 1 aparece en la tabla III.

**Tabla III. Listado de artículos tipo 1**

<b>Artículo</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Demanda mensual estimada</b>
Wype	Libra	20
Líquido limpia-contactos eléctricos	Unidad (bote)	1
Aceite ISO-10	Vaso	1
Jabón desengrasante	Vaso	8
Líquido desengrasante eléctrico	Vaso	4

b) Artículos tipo 2: son aquellos que se utilizarán para trabajos mayores de mantenimiento, piezas de recambio de los distintos componentes y que se emplearán con frecuencias determinadas. Estas frecuencias serán de por lo menos 1 año, y por lo tanto será cuestión de coordinar con los proveedores los tiempos de entrega, para poder tenerlos en el inventario con la anticipación necesaria, para lo cual no se deberá utilizar ningún método determinado. El listado de artículos tipo 2 que se van a utilizar en un año aparece en la tabla IV.

c) Artículos tipo 3: son aquellos que los distintos fabricantes recomiendan tener siempre en cantidades específicas (*stock*) en el inventario, para cubrir posibles eventualidades que obliguen a un cambio no programado. El listado de algunos artículos tipo 3 recomendados aparece en la tabla V.

**Tabla IV. Listado de artículos tipo 2 a utilizar en un año**

<b>Artículo</b>	<b>Unidades</b>
Empaque de válvula de mariposa DN-30	3
Empaque de válvula de mariposa DN-40	7
Empaque de válvula de mariposa DN-70	10
Empaque de válvula de mariposa DN-100	2
Empaque de válvula de mariposa DN-120	1
Empaque de válvula de mariposa DN-2"	2
Juego de cojinetes de motobomba P501	1
Juego de cojinetes de motobomba P503	1
Juego de cojinetes de motobomba P505	1
Juego de cojinetes de motobomba P517	1
Sello mecánico de motobomba P501	1
Sello mecánico de motobomba P503	1
Sello mecánico de motobomba P505	1
Sello mecánico de motobomba P517	2

**Tabla V. Listado de algunos artículos tipo 3 recomendados**

<b>Artículo</b>	<b>Mínimo</b>
Sello DN-30 válvula de mariposa	2
Sello DN-40 válvula de mariposa	4
Sello DN-70 válvula de mariposa	4
Sello DN-100 válvula de mariposa	2
Sello DN-120 válvula de mariposa	2
Sello DN-2" válvula de mariposa	2
Juego de cojinetes de motobomba P501	2
Juego de cojinetes de motobomba P503	2
Juego de cojinetes de motobomba P505	2
Juego de cojinetes de motobomba P517	2
Sello mecánico de motobomba P501	2
Sello mecánico de motobomba P503	2
Sello mecánico de motobomba P505	2
Sello mecánico de motobomba P517	2
Simatic S7400, fuente PS407 10A, alim. 120/2	1
Simatic S7400, CPU 414-3, ME M 768KB, 1 puerto	1
Flash memory long 256 Kbyte	1
Módulo entrada S7400 16DIx24VDC	1
Módulo entrada analógico S7400 BAI	1
Módulo analógico salida S7400 BAA U/I	1
Simatic S7400, Rack montaje UR2, P/9 POS	1
Conector frontal S7400 48 polos	1
Simatic DP, ET 200M periférico IAP/max 8 mod.	1
ET200L DO32x24VDC / 0.5 A	1
Manómetro 0-76-80-018-2	1
Tarjeta entrada D.E.-991-00-299-1 6ES7-321 1BL00	1
Placa DT200L 7-459-92-299-5	1
Amplificador 0-20 mA	1
Solenoide agua de vacío	1
Tarjeta ET200M	1
Terminal Block 32	1
Sonda de nivel 7-379-99-967-3	1
Transmisor sonda de nivel 7-379-99-967-3	1
Fuente S7-400	1
CPU 414-3	1
CPU pantalla CTS 100	1

#### 4.1.2 Modelos determinísticos

Los modelos de inventarios determinísticos se caracterizan en que la demanda es conocida con certeza. También son llamados modelos de tamaño de lote económico. Existen varios tipos, pero dadas las características de demanda y reabastecimiento de los artículos tipo 1 del equipo de mezcla MSF, se utilizará el modelo determinístico estático de un solo artículo, para poder llevar a cabo un control adecuado.

##### 4.1.2.1 Modelo estático de un solo artículo

Es el tipo de modelo de inventario más simple y se utiliza cuando la demanda es constante (estática) en el tiempo, y existe una forma directa y sencilla de reabastecimiento y no se presenta escasez.

Este modelo utiliza como principal herramienta de cálculo la fórmula del tamaño del pedido o cantidad óptima de pedido, mediante la cual se minimizan todos los costos asociados con el pedido y el almacenaje del inventario necesario.

Los factores que se utilizan en el cálculo del modelo de lote económico son los siguientes:

**Demanda (D):** es la cantidad de repuestos o materiales que fueron empleados durante el período que se tomó como base para el cálculo.

**Costo unitario (Cu):** es el costo de compra de cada unidad de un repuesto o material determinado.

**Costo de almacenaje (Ch):** representa los costos de almacenaje, manejo y depreciación de un repuesto o material determinado.

**Costo por pedido (Co):** es el costo que representa realizar un pedido.

**Tiempo de entrega (t):** es el lapso que tarda un proveedor en entregar un determinado repuesto o material.

Los datos obtenidos con el modelo de pedido económico son los siguientes:

**Cantidad óptima de pedido (Q):** es la cantidad de repuestos necesaria para cubrir adecuadamente la demanda en un determinado período de tiempo.

**Período de agotamiento del inventario (T):** es la cantidad de tiempo necesaria para que se consuma el pedido de un repuesto o material determinado.

**Nivel de reorden (R):** es la cantidad de existencia mínima de unidades de un repuesto o material determinado en el inventario, en la que se debe de realizar un nuevo pedido.

**Número de órdenes (r):** es la cantidad de pedidos que se realizarán durante un período de tiempo determinado.

**Costo total (Ct):** cantidad total de dinero necesaria para mantener el nivel adecuado de un repuesto o material en el inventario.

Las fórmulas que se utilizan para obtener estos datos son:

$$Q = \sqrt{\frac{2(D)(C_o)}{C_h}}$$

$$T = (Q/D)$$

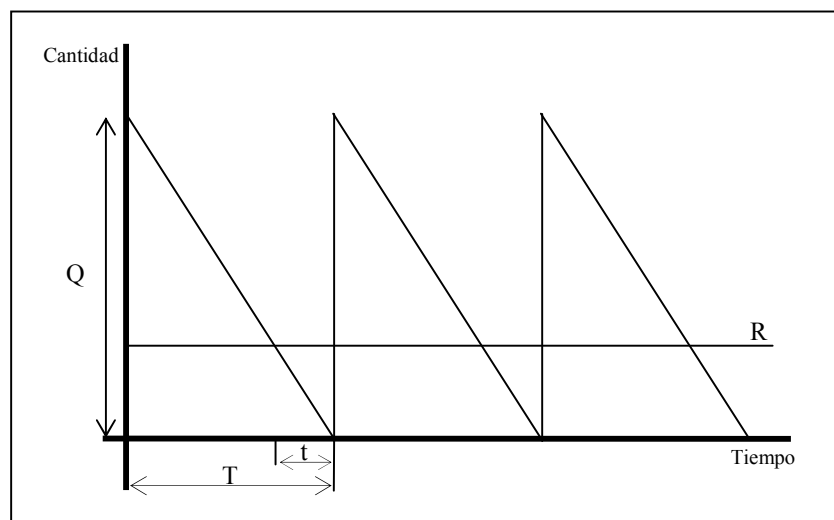
$$r = (D/Q)$$

$$R = (t)(D)$$

$$C_t = \{((C_o)(D/Q)) + ((C_h)(Q/2))\}$$

En la figura 15, se puede observar la representación gráfica del modelo del pedido económico, la cual se conoce como “gráfica de diente de sierra”.

**Figura 15. Gráfica de diente de sierra**





#### **4.1.2 Elaboración del modelo determinístico propuesto para artículos tipo 1 del equipo de mezcla MSF**

Como se explicó anteriormente, para poder llevar un control adecuado de las existencias de artículos tipo 1 del equipo de mezcla MSF, se recomienda aplicar el modelo determinístico estático de un solo artículo.

Tomando como ejemplo el wype, material elaborado de retazos de tela deshilada, utilizado para realizar las tareas de limpieza del equipo, se desarrollará el modelo mencionado, que puede aplicarse igualmente para los demás artículos de este tipo.

Para poder desarrollar el modelo, se tomará en cuenta la siguiente información:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| - Demanda estimada (D):     | 20 libras por mes (ver tabla 3)<br>240 libras por año |
| - Costo por pedido (Co):    | Q.5   |
| - Costo de almacenaje (Ch): | Q.10 anual  |
| - Costo unitario (Cu):      | Q. 5.35 la libra                                      |
| - Tiempo de entrega (t):    | 1 semana en promedio                                  |

Utilizando la fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2(D)(Co)}{Ch}}$$

se tiene,

- Cantidad óptima de pedido  $Q = \sqrt{\frac{2(240)(5)}{10}}$

$$Q = 15.49$$

$$Q = 16 \text{ libras}$$

- Número de órdenes  $r = (D/Q)$

$$r = (240/16)$$

$$r = 15 \text{ órdenes al año}$$

- Nivel de reorden  $R = (t)(D)$

$$R = (7 \text{ días})(240 \text{ libras/año})(1 \text{ año}/365 \text{ días})$$

$$R = 4.6$$

$$R = 5 \text{ libras}$$

- Período de agotamiento del inventario  $T = Q/D$

$$T = 16/240$$

$$T = 0.0667 \text{ años}$$

$$T = 24.33 \text{ días}$$

$$T = 24 \text{ días}$$

- Costo total  $Ct = \{(Co)(D/Q) + (Ch)(Q/2)\}$

$$Ct = \{(5)(240/16) + (10)(16/2)\}$$

$$Ct = \{(75) + (80)\}$$

$$Ct = Q.155 / \text{año}$$

Analizando entonces los resultados, se deberá ordenar 16 libras de wype (Q), cuando el nivel de inventario llegue a 5 libras (NR), debiendo realizar en total 15 órdenes al año (r), con un costo total aproximado (Ct) Q155 al año, para poder mantener el nivel adecuado en el inventario. Finalmente, se puede decir que si

sólo se realizara un pedido, demoraría aproximadamente 24 días en agotarse, según la demanda establecida.

## **5. PRUEBA PILOTO DE LA PROPUESTA**

### **5.1 Encuesta de opinión sobre la propuesta**

#### **5.1.1 Determinación de la población que se va a encuestar**

Dado que el equipo carbonatador MSF 54/2 se emplea esencialmente en la fabricación de bebidas carbonatadas, las personas que tienen conocimientos acerca de su operación y mantenimiento son:

- Trabajadores de empresas fabricantes de bebidas carbonatadas
- Técnicos especializados en la instalación y el mantenimiento de este tipo de equipos.

Del 23 de junio al 04 de julio del 2003, se llevó a cabo en Guatemala el primer seminario regional de equipos de carbonatación o de mezcla (*Mixers*) KRONES MSF, impartido por técnicos de AUTOMATA, S.A., empresa representante autorizada (ver anexo 2). En dicho seminario, participaron 23 trabajadores de 5 empresas fabricantes de bebidas carbonatadas (2 de Guatemala, 2 de Honduras y 1 de México), encargados de la operación y mantenimiento de equipos iguales o similares al que es presentado en este trabajo de graduación.

Este grupo de trabajadores y los dos técnicos, que impartieron las conferencias teóricas y prácticas, formaron un total de 25 personas, a las cuales se les presentó el trabajo de graduación y se les encuestó para poder evaluar el mismo, muestra representativa, tomando en cuenta que la población aproximada

de personas que llenen los mismos requisitos a nivel regional es reducida (entre 80-100 personas aproximadamente).

Los trabajadores de las empresas de bebidas carbonatadas desempeñan los siguientes puestos:

- Operadores del equipo carbonatador (8)
- Programadores de mantenimiento (4)
- Coordinadores de mantenimiento (2)
- Técnicos mecánicos (5)
- Técnicos eléctricos (2)
- Técnicos electrónicos (2)

Los técnicos especializados en la instalación y el mantenimiento de este tipo de equipos de la empresa AUTÓMATA-KRONES, tienen las siguientes especialidades:

- Eléctrico (1)
- Mecánico-electrónico (1)

### **5.1.2 Creación de la encuesta**

La encuesta fue efectuada mediante un cuestionario estructurado de 15 preguntas directas (ver figura 42), para que las repuestas fueran cuantificables y permitieran analizar los resultados.

### 5.1.3 Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, luego de realizar la encuesta.

Pregunta No. 1

¿Antes de leer este trabajo de graduación, tenía conocimiento acerca de los principios de la carbonatación?

**Tabla VI. Resultados pregunta 1**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bastante	07	47%
Poco	18	53%
Nada	0	-

Pregunta No. 2

¿Es importante conocer acerca de estos principios para poder operar y dar mantenimiento a un equipo carbonatador o de mezcla?

**Tabla VII. Resultados pregunta 2**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 3

¿Existe información en el trabajo de graduación presentado, que le permita

conocer de una mejor manera los principios de la carbonatación?

**Tabla VIII. Resultados pregunta 3**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	24	93 %
No	01	07 %

Pregunta No. 4

¿Sabe usted que es mantenimiento preventivo?

**Tabla IX. Resultados pregunta 4**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 5

¿Es importante contar con un listado de componentes y repuestos del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, como el presentado en este trabajo de graduación?

**Tabla X. Resultados pregunta 5**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 6

¿Considera que el listado de componentes y repuestos del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación, es el correcto?

**Tabla XI. Resultados pregunta 6**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	24	93 %
No	01	07 %

Pregunta No. 7

¿Considera que el listado de tareas de mantenimiento preventivo para el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación, es el correcto?

**Tabla XII. Resultados pregunta 7**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 8

¿Son lo suficientemente entendibles las instrucciones, que se encuentran en el manual de mantenimiento preventivo para el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación?

**Tabla XIII. Resultados pregunta 8**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 9

¿Considera que mediante la correcta aplicación del programa de mantenimiento



preventivo, presentado en este trabajo de graduación, se puede garantizar el óptimo funcionamiento de el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

**Tabla XIV. Resultados pregunta 9**

<b>RESPUESTA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 10

¿Considera que mediante la correcta aplicación del programa de mantenimiento preventivo, presentado en este trabajo de graduación, se puede prolongar la vida útil del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

**Tabla XV. Resultados pregunta 10**

<b>RESPUESTA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 11

¿Recomendaría el uso del programa de mantenimiento preventivo, presentado en este trabajo de graduación a una empresa, que adquiriera un equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

**Tabla XVI. Resultados pregunta 11**

<b>RESPUESTA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 12

¿Es posible utilizar el programa de mantenimiento preventivo, que ha sido presentado en este trabajo de graduación como modelo para elaborar programas de mantenimiento preventivo, para otros modelos y marcas de equipos carbonatadores o de mezcla?

**Tabla XVII. Resultados pregunta 12**

<b>RESPUESTA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Sí	24	93%
No	01	07 %

Pregunta No. 13

¿Considera que los formatos de control de mantenimiento, que han sido presentados en este trabajo de graduación, son funcionales?

**Tabla XVIII. Resultados pregunta 13**

<b>RESPUESTA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Sí	25	100 %
No	0	-

Pregunta No. 14

¿Antes de leer este trabajo de graduación, tenía conocimiento acerca de la existencia de métodos de control de inventario?

**Tabla XIX. Resultados pregunta 14**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	20	80 %
No	05	20 %

Pregunta No. 15

¿Considera que es utilizable el método de control de inventario, presentado en este trabajo de graduación?

**Tabla XX. Resultados pregunta 15**

RESPUESTA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Sí	24	93 %
No	1	07 %

#### **5.1.4 Análisis de los resultados obtenidos**

Después de efectuar la encuesta de opinión, se puede establecer que los resultados obtenidos fueron favorables al trabajo de graduación propuesto, ya que la mayoría de encuestados (93%) otorgó su visto bueno al programa y demás información, que en este trabajo se presenta.

## CONCLUSIONES

1. El trabajo de graduación propuesto cumple con las finalidades con la que fue creado, es decir, que es una herramienta útil para poder mantener en condiciones óptimas de funcionamiento el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2.
2. El listado de componentes y subequipos, en los que se divide el equipo carbonatador, es el adecuado, y la agrupación con base en la función que desempeñan, se presentan en un listado estratégicamente ordenado.
3. El listado de tareas creado es el correcto, lo que permite conformar un programa de mantenimiento preventivo adecuado para el equipo carbonatador de bebidas MSF 54/2.
4. El listado de los repuestos e insumos fue el indicado para poder realizar las tareas del programa preventivo, su clasificación y el modelo de inventario determinístico, que fue propuesto para su control.
5. Las instrucciones, que fueron creadas para cada una de las tareas del programa de mantenimiento preventivo, se encuentran adecuadamente estructuradas y redactadas, y se pueden utilizar para orientar a las personas encargadas de realizar dichas tareas.



## RECOMENDACIONES

1. Se debe instruir a las personas encargadas de ejecutar las tareas de mantenimiento del equipo carbonatador, acerca de los principios básicos de la carbonatación, para que puedan comprender en mejor manera el funcionamiento del equipo.
2. Es conveniente coordinar adecuadamente las distintas actividades de mantenimiento con el Departamento de Producción, para que garantice, de esta manera, que se pueda cumplir a cabalidad el programa. Sería conveniente que las gerencias de producción y mantenimiento trataran semanalmente en una reunión, estratégicamente programada, los distintos trabajos que se van a realizar y en conjunto establecieran las fechas y horarios en que se efectuarán y quiénes serán los encargados de ejecutarlas.
3. Se debe tener una completa base de datos con la información de los representantes de las diferentes marcas o proveedores locales de los equipos, para poder consultarlos directamente sobre aspectos específicos de construcción, instalación, tiempo de vida, funcionamiento y mantenimiento de dichos equipos.
4. Hay que mantener actualizados los niveles físicos de los repuestos e insumos que se tengan en el inventario, almacenarlos y clasificarlos adecuadamente, para poder garantizar su existencia en el momento de realizar las distintas tareas del programa de mantenimiento preventivo.
5. Es necesario utilizar repuestos originales para garantizar los trabajos de mantenimiento que se efectúen en el equipo. Además, hay que utilizar insumos

de la mejor calidad para realizar las tareas de limpieza, y efectuar pruebas previas para aquellos productos nuevos, antes de utilizarlos directamente en el equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cuevas, R. **Fundamentos de CO2.** Venezuela: Liquid Carbonic Venezolana, S.A., s.a.
2. **Enciclopedia Encarta 2000.** Microsoft 2000.
3. Lacán Hernández, Julio César. Programa de mantenimiento preventivo para las áreas de molinos y vulcanizado del departamento de producción y manejo de inventarios de la bodega del departamento de mantenimiento de la Hulera Centroamericana, S.A. (HUCASA). Tesis Ing. Mec. Industrial. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 155pp.
4. **Manual mezcladora MSF 54/2.** ( No. de documento D-06-00079SP) KRONES, 2002.
5. Rosales, Robert C. **Manual del ingeniero de planta.** 2ª ed. México: Mc Graw Hill, 1998. Tomos I y II.
6. Taha, Hamdy A. **Investigación de operaciones.** 5ª ed. México: Ediciones Alfaomega, 1995. 960pp







## APÉNDICE 1

Figura 17. Certificado de participación en seminario Krones



## APÉNDICE 2

### **Bomba**

Es un dispositivo empleado para elevar y/o transferir líquidos y gases. Los parámetros característicos de una bomba, que se miden a partir del rendimiento de la misma, son: descarga, carga, potencia en HP, eficiencia y carga de succión positiva neta. Dichas características varían con el tipo de bomba, tamaño, velocidad, etc.

*Mantenimiento:* el mantenimiento de la bomba exige lubricación apropiada, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los sellos mecánicos y empaques (dispositivos o materiales diseñados para crear y mantener un diferencial de presión en un fluido) deben inspeccionarse y atenderse, según sea necesario, debiendo controlar y eliminar cualquier fuga del fluido con el cual se este trabajando. Es indispensable revisar la existencia de ruidos extraños de cojinetes o rodamientos y sobrecalentamientos en operación.

### **Bombas de desplazamiento positivo**

Estas bombas generan presión, mediante el empuje directo por contacto con el líquido. Por lo general, se emplean en aplicaciones de presión media y flujo bajo, como bombas de medición para desplazar un volumen conocido de fluido en un tiempo específico. Las bombas de desplazamiento positivo de gran tamaño, generalmente resultan antieconómicas debido a las necesidades de espacio.

Su funcionamiento depende de un par de engranes ajustados en un alojamiento. Por lo regular, el fluido penetra entre los espacios de los dientes por el extremo de la entrada y es conducido a lo largo de la carcasa, hasta el lado de la salida.

### **Bomba centrífuga**

Las bombas centrífugas, también denominadas rotativas, tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del eje del rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta, que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor. El rotor debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, que debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba. Esto puede lograrse colocando una válvula de retención en el conducto de succión, que mantiene el líquido en la bomba cuando el rotor no gira. Si esta válvula pierde, puede ser necesario cebar la bomba introduciendo líquido desde una fuente externa, como el depósito de salida. Son las bombas de mayor uso en las aplicaciones de las plantas; en ellas el movimiento rotatorio del impulsor proporciona fuerza centrífuga al líquido, lo que incrementa la presión. Por lo general, las bombas centrífugas tienen una válvula en el conducto de salida, para controlar el flujo y la presión.

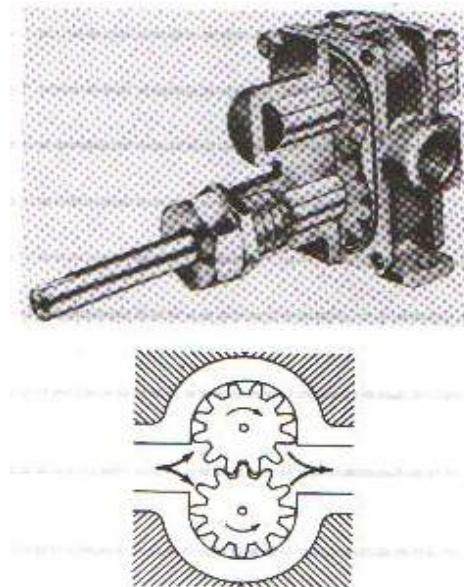
### **Bomba de vacío**

Un primer tipo de bomba de vacío era semejante a una máquina de vapor. En la actualidad, esta bomba ha sido sustituida en las aplicaciones de vacío por la bomba rotativa sellada por aceite y la bomba de eyección. En la bomba rotativa, un cilindro excéntrico gira dentro de una carcasa cilíndrica hueca. Una

paleta de movimiento alternativo, montada en la carcasa y en contacto continuo con el rotor, actúa como sello entre la entrada y la salida. Todo el interior está lleno de un aceite de sellado con baja presión de vapor. Las bombas de eyección se basan en el principio de que un líquido o gas a presión, al pasar por una tobera formando un chorro, arrastra las moléculas de gas de la cámara de mezcla y las expulsa de ésta, con lo que produce un vacío. Si el fluido en movimiento es agua, el dispositivo se denomina aspirador o condensador barométrico; si es vapor de agua, se denomina eyector de vapor. La bomba de difusión funciona según un principio similar, pero emplea el vapor de un líquido de muy baja presión de vapor, por ejemplo, mercurio o fluidos orgánicos especialmente seleccionados. El vapor se recicla condensándolo y volviendo a evaporar el líquido de condensación.

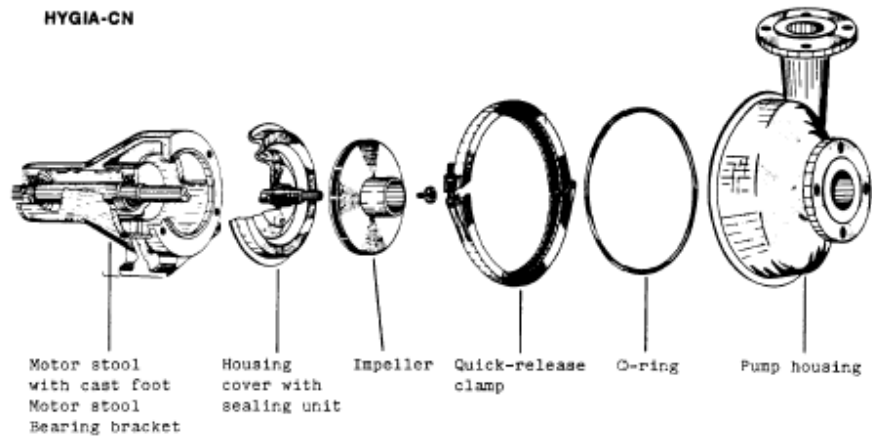
Fuente: Robert C. Rosales. **Manual del ingeniero de planta.** (2ª Edición; México: Editorial Mc Graw Hill, 1998) (II): 9.4 - 9.9

**Figura 18. Detalle de bomba de desplazamiento positivo**



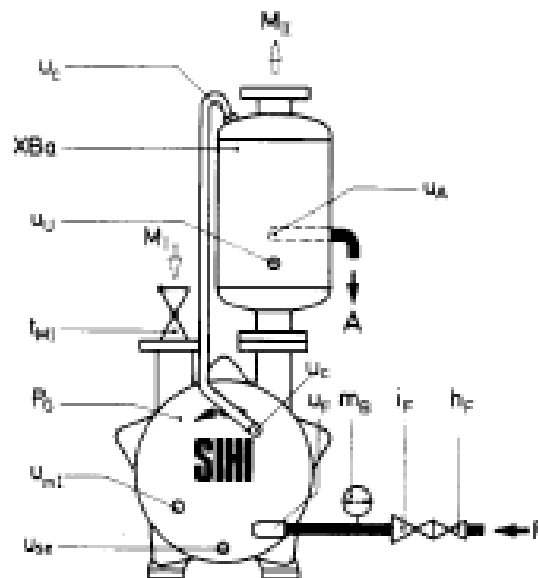
Fuente: Robert C. Rosales. **Manual del ingeniero de planta.** (2ª Edición; México: Editorial Mc Graw Hill, 1998) (II) : 9.10

Figura 19. Desglose de partes de bomba centrífuga



Fuente: Manual D-06-00079SP KRONES, 2002, p. 295

Figura 20. Representación esquemática de la bomba de vacío



Fuente: Manual D-06-00079SP KRONES, 2002, p. 314

## **Válvula**

Dispositivo mecánico que permite que el flujo de líquidos o gases se inicie, se detenga o se regule mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos.

Gracias a la naturaleza de su diseño, así como a sus materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una gran diversidad de líquidos y gases, desde los más básicos hasta los más corrosivos o tóxicos. El rango de diámetros de las válvulas varía desde una fracción de pulgada hasta 9 m (30 pies). Las válvulas pueden manejar presiones, que varían desde el vacío hasta más de 140 MPa/m<sup>2</sup> (20 000 lb/plg<sup>2</sup>) y temperaturas hasta de 815 °C (1500 °F). En algunas aplicaciones, es imprescindible lograr un sellado absoluto, mientras que en otras las fugas no constituyen un factor importante.

## **Válvula de compuerta**

Es una válvula de vueltas múltiples, en la que el paso o conducto se cierra por medio de un disco vertical de cara plana, que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Es recomendada para apertura o cierre total sin estrangulamiento, operación poco frecuente, resistencia mínima al flujo, cantidades mínimas de fluido atrapado en la línea de tubería. Entre sus ventajas están: alta capacidad, cierre hermético, bajo costo, sencillez de diseño y operación y poca resistencia al flujo. Como desventajas, se pueden mencionar: control deficiente del flujo, fuerza de operación elevada, cavitación a baja caída de presión; debe estar completamente cerrada o abierta, y finalmente es muy probable que la posición de estrangulamiento provoque erosión en el asiento y en el disco.



### **Válvula de obturador (de macho)**

Es de un cuarto de giro y regula el flujo por medio de un macho cilíndrico o cónico con un orificio en el centro, y puede abrirse o cerrarse con un giro de 90°. Es recomendada para apertura o cierre total, operación frecuente, baja caída de presión a través de la válvula, así como para resistencia mínima al flujo y cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería. Entre sus ventajas están: alta capacidad, bajo costo, cierre hermético y operación rápida. Como desventajas se pueden mencionar: alto par de torsión para accionarla, desgaste del asiento, y cavitación a baja caída de presión.

### **Válvulas de globo**

Es una válvula de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o macho que sella el paso del fluido sobre un asiento, que suele ser paralelo al flujo en la tubería. Es recomendada para estrangulamiento o regulación del flujo, operación frecuente, corte positivo de gases o aire y es aceptable en los casos en que exista alguna resistencia al flujo. Entre sus ventajas están: estrangulamiento eficiente con un mínimo de desprendimiento de rebaba o de erosión del disco o el asiento, carrera corta del disco y menos vueltas para que funcione, lo cual reduce el tiempo y el desgaste del vástago, y el control preciso del flujo. Como desventajas, se pueden mencionar la alta caída de presión y el costo relativo elevado.

### **Válvulas de bola**

Es una válvula de un cuarto de vuelta y consiste en una bola taladrada que gira entre asientos elásticos. Cuando la válvula se encuentra abierta, permite el flujo directo, pero cuando la bola gira 90°, lo corta y cierra el conducto. Es recomendada para abrir y cerrar sin estrangulamiento, abrir con rapidez, necesidades de temperaturas moderadas y en los casos en que se necesita

resistencia mínima al flujo. Entre sus ventajas, están: bajo costo, alta capacidad, corte bidireccional, patrón de flujo en línea recta, pocas fugas, se limpia por sí misma, poco mantenimiento; no necesita lubricación, compacta, cierre hermético con bajo par de torsión. Como desventajas, se pueden mencionar: características poco adecuadas para el estrangulamiento, alto par de torsión para accionarla, susceptible al desgaste del sello y propensa a la cavitación.

### **Válvulas de mariposa**

Es una válvula de un cuarto de vuelta que controla el flujo por medio de un disco circular, cuyo eje de giro se encuentra en ángulo recto respecto a la dirección del flujo. Es recomendada para apertura o cierre total, estrangulamiento, operación frecuente, cuando es necesario el corte positivo de gases o líquidos, cuando es permisible que un mínimo de fluido quede atrapado en la tubería, y para baja caída de presión a través de la válvula. Entre sus ventajas, están: compacta, peso ligero, bajo costo, mantenimiento mínimo, número mínimo de piezas móviles, no tiene cavidades, alta capacidad, flujo en línea recta y se limpia por sí misma. Como desventajas, se pueden mencionar: alto par de torsión para accionarla, capacidad limitada para caída de presión, propensa a la cavitación.

### **Válvulas de diafragma**

Válvula de vueltas múltiples, que cierra por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma sella y corta el flujo. Es recomendada para apertura o cierre total, estrangulamiento y bajas presiones de operación. Como ventajas, se pueden mencionar: bajo costo, no tiene prensaestopas de empaque, no hay posibilidad de fugas por el vástago, inmune a los problemas de obstrucción y

corrosión. Entre sus desventajas, están: diafragma susceptible a desgaste y par de torsión elevado al cerrar con la tubería llena.

### **Válvulas de compresión**

Válvula de vueltas múltiples que cierra por medio de uno o más elementos flexibles, tales como diafragmas o tubos de caucho que pueden oprimirse entre sí para cortar el flujo. Es recomendada para abrir y cerrar, estrangulamiento, temperaturas moderadas, cuando la caída de presión a través de la válvula es baja, y para los servicios que necesiten poco mantenimiento. Como ventajas se tienen: bajo costo, poco mantenimiento, la carencia de obstrucciones o bolsas internas que provoquen obturación, diseño sencillo y que no son corrosivas, y que resisten la abrasión. Entre sus desventajas, están: aplicación limitada para vacío y difícil de dimensionar.

### **Válvulas de retención**

Diseñada para impedir que el flujo se invierta. Cuando el flujo se mueve en el sentido deseado, la válvula se abre, mientras que al invertirse, se cierra. Hay tres tipos básicos: de bisagra, de elevación y de mariposa.

### **Válvula de retención de bisagra**

Tiene un disco con bisagras que abre por completo al recibir la presión de la tubería y cierra cuando la presión cesa y empieza el flujo inverso. Es recomendada para los casos en que se necesite una mínima resistencia al flujo, cuando los cambios en la dirección del flujo en la tubería son poco frecuentes, y el servicio en líneas de tuberías que emplean válvulas de compuerta y en tuberías verticales que tienen flujo ascendente. Como ventajas tiene: vista sin

obstrucciones, la turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas, y el disco puede rectificarse sin desmontar la válvula de la tubería.

### **Válvula de retención de elevación**

Es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión de la tubería hacia delante, y se cierra gracias a la gravedad y al flujo inverso. Recomendada para: cuando la tubería presenta cambios frecuentes en la dirección del flujo, uso combinado con válvulas de globo y de ángulo, y para los casos en que no importa la caída e presión a través de la válvula. Tiene las siguientes ventajas: carrera mínima del disco para abrirse por completo y accionamiento rápido.

### **Válvula de retención de mariposa**

Tiene un disco dividido articulado sobre la flecha que pasa por el centro del mismo, de modo que el sello flexible, sujeto al disco, forme un ángulo de 45° respecto al cuerpo de la válvula, cuando ésta se encuentre cerrada. Así que para abrir por completo, el disco sólo recorre una corta distancia desde el cuerpo hacia el centro de la válvula. Es recomendada para los casos en que se necesite un resistencia mínima al flujo en la línea de tubería, cuando existan cambios frecuentes en la dirección del flujo en la línea de tubería, y para usarse con válvulas de mariposa, macho, bola, diafragma o de estrangulamiento. Presenta las siguientes ventajas: el diseño del cuerpo se presta para la instalación de diversos tipos de forros en el asiento, que es menos costosa en lo que se refiera a resistencia a la corrosión, operación silenciosa; la sencillez de su diseño permite que se construya en diámetros grandes y pueda instalarse prácticamente en cualquier posición.

## Válvula de alivio y válvula de seguridad

Es una válvula autónoma y está diseñada para regular la presión de manera automática y exacta. Su uso más importante corresponde a fluidos no compresibles; para regular la presión de operación, se abre poco a poco a medida que la presión aumenta.

Una variación de la válvula de alivio se conoce como válvula de seguridad, la cual se abre con rapidez a manera de disparo, a fin de descargar la presión excesiva provocada por los gases o los fluidos compresibles.

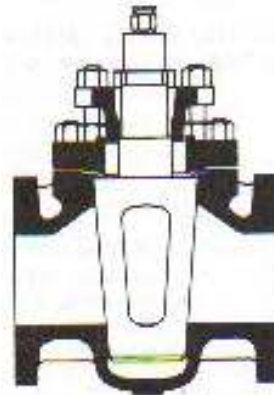
El tamaño de las válvulas de alivio es muy importante y se determina mediante fórmulas específicas. Es recomendada para aquellos sistemas en que se necesiten límites predeterminados de presión. Tiene las ventajas de bajo costo y no necesita potencia auxiliar para funcionar.

Fuente: Robert C. Rosales. **Manual del ingeniero de planta**. (2ª Edición; México: Editorial Mc Graw Hill, 1998) (II): 10.118 - 10.129

**Figura 21. Válvula de compuerta**



**Figura 22. Válvula de obturador**



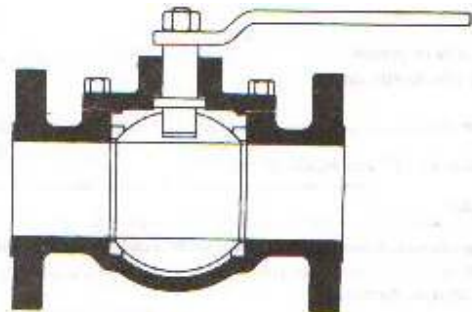
Válvula de obturador (de macho).

**Figura 23. Válvula de globo**



Válvula de globo.

**Figura 24. Válvula de bola**



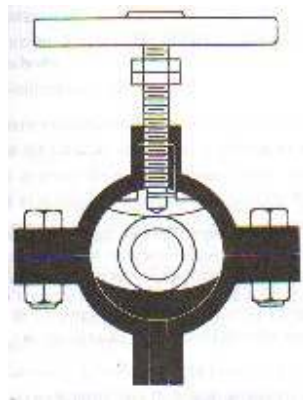
**Figura 25. Válvula de mariposa**



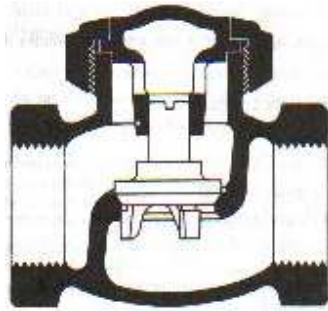
**Figura 26. Válvula de diafragma**



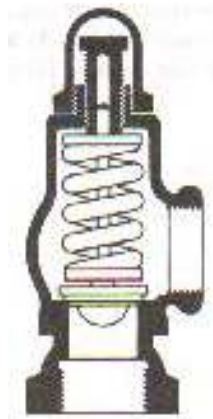
**Figura 27. Válvula de compresión**



**Figura 28. Válvula de retención**



**Figura 29. Válvula de alivio**



Fuente: Robert C. Rosales. **Manual del ingeniero de planta.** (2ª Edición; México: Editorial Mc Graw Hill, 1998) (II): 10.118 - 10.129



## APÉNDICE 3

**Tabla XXI. Causas y síntomas de fallos más comunes en bombas**

CAUSAS	SINTOMAS									
	La bomba no suministra líquido	Capacidad inadecuada	La carga es inadecuada	La bomba se para después de arrancar	La bomba necesita potencia demasiado alta	Fugas excesivas por el estopero	El empaque debe renovarse con mucha frecuencia	La bomba vibra o hace ruido	Los cojinetes se calientan	La bomba trabaja forzada o se traba
La bomba y la línea de succión no están bien cebadas con el líquido que se maneja										
Elevación excesiva de succión										
Margen insuficiente entre la elevación de succión y la presión de vapor										
El líquido contiene gas										
Bolsa de aire en la línea de succión										
Fuga de aire en la línea de succión										
Válvula de pie demasiado pequeña										
La válvula de pie está obstruida parcialmente										
La válvula de pie y la línea de succión no están completamente sumergidas										
El sello de agua, que está en el estopero de succión, se encuentra bloqueado										
El anillo de cierre hidráulico del estopero no ajusta bien										
Velocidad demasiado baja										
Velocidad demasiado alta										
Dirección de rotación incorrecta										
La carga manométrica total del sistema es superior a la carga manométrica de la bomba										
La carga manométrica total del sistema es inferior a la carga manométrica de la bomba										
La gravedad específica del líquido manipulado no es la que se suponía en un principio										
La viscosidad del líquido manipulado no es la que se suponía en un principio										
La bomba funciona a capacidad demasiado baja										
La conexión paralela no es adecuada para las condiciones de operación específicas										
La línea, el impulsor o la caja de la bomba están bloqueados										
El conjunto de la bomba está desalineado										
Los cimientos no están nivelados										
La flecha de la bomba está torcida										




## Continuación

CAUSAS	SINTOMAS									
	La bomba no suministra líquido	Capacidad inadecuada	La carga es inadecuada	La bomba se para después de arrancar	La bomba necesita potencia demasiado alta	Fugas excesivas por el estopero	El empaque debe renovarse con mucha frecuencia	La bomba vibra o hace ruido	Los cojinetes se calientan	La bomba trabaja forzada o se trava
Una pieza rotatoria trabaja contra una pieza estacionaria, p.e.: el impulsor trabaja contra los anillos de desgaste										
Cojinete(s) defectuoso(s)										
Los anillos de desgaste están desgastados										
El impulsor está dañado										
La flecha de la bomba o el manguillo de la flecha están desgastados localmente en el estopero										
El estopero está mal empacado										
El tipo de empaque utilizado es inadecuado para el líquido manejado										
El impulsor está desbalanceado										
No se aplica agua de enfriamiento, cuando se manejan líquidos calientes										
La holgura entre la flecha de la bomba y el diámetro interior de la caja de ésta, que se encuentra en el fondo del estopero, son demasiado grandes										
El líquido del sello de agua contiene impurezas										
El prensaestopas está demasiado apretado										
El ajuste axial de toda la flecha de la bomba con el impulsor es incorrecto										
Lubricación excesiva o insuficiente										
El lubricante contiene impurezas										
Los cojinetes están mal ajustados										

Adaptada de: Robert C. Rosales. **Manual del ingeniero de planta.** (2ª Edición; México: Editorial McGraw Hill, 1998) (II): 9.20 - 9.21

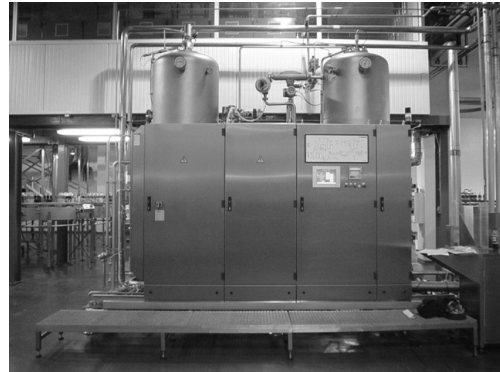
## APÉNDICE 4

Tabla XXII. Nomenclatura para interpretar plano de componetes

NOMENCLATURA PARA INTERPRETAR PLANO DE COMPNETES	
Código	Descripción
PIT	Transductor de presión [bar] a corriente en el PLC [mA]
PC	Regulador de presión
FC	Lazo de control (regulador)
SC	Lazo de control (fijo)
FIT	Medidor de flujo másico
LS	Sonda de nivel
PIT	Manómetro
TT	Termocopla
QIA	Medidor de Brix
	Válvula de cheque
	Bomba
	Medidor de flujo

## APÉNDICE 5

Figura 30. Fotos de vistas generales del equipo



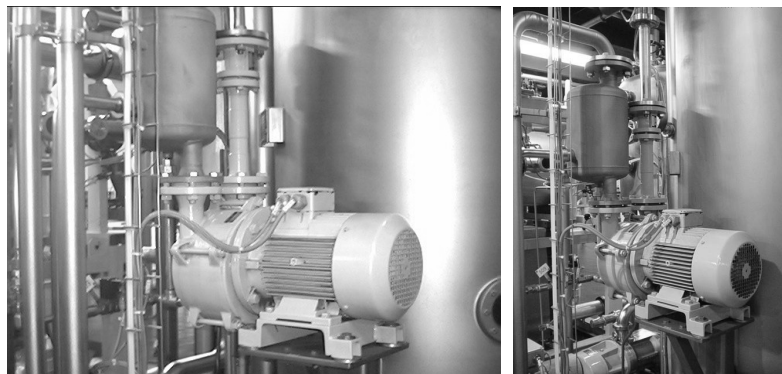
**Figura 31. Foto de motobomba de carbonatación**



**Figura 32. Foto de motobomba de jarabe**



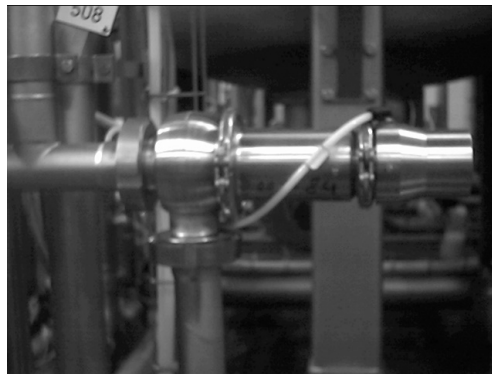
**Figura 33. Fotos de motobomba de vacío**



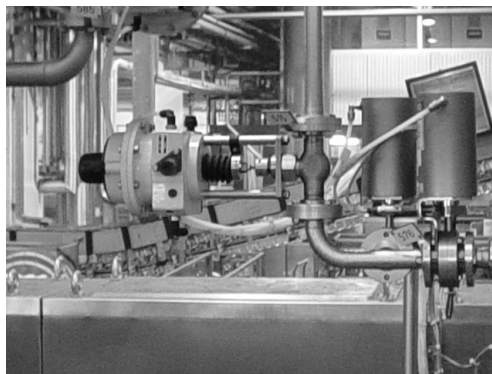
**Figura 34. Foto de válvula de mariposa**



**Figura 35. Foto de válvula de seguridad**



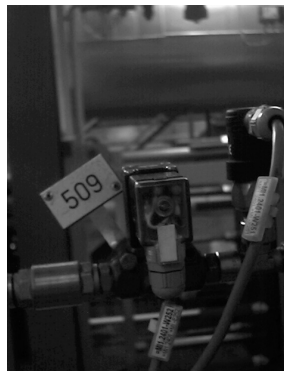
**Figura 36. Foto de válvula reguladora**



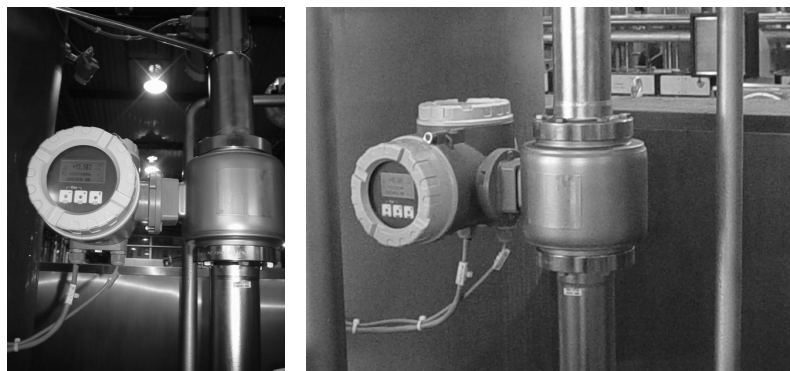
**Figura 37. Foto de reguladora de presión**



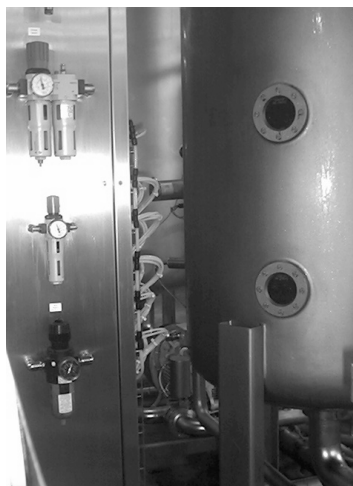
**Figura 38. Foto de electroválvula agua de sello mecánico de bomba de vacío**



**Figura 39. Fotos de medidores de flujo másico**



**Figura 40. Foto de filtros y unidad de mantenimiento del sistema neumático**




**Figura 41. Foto de banco de válvulas neumáticas**





## APÉNDICE 6

Figura 42. Formato de cuestionario empleado en encuesta

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA MECÁNICA INDUSTRIAL</b>	
<p>El presente cuestionario ha sido elaborado para poder analizar el trabajo de graduación “Programa de Mantenimiento Preventivo de un Equipo Carbonatador de Bebidas”, elaborado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, Daniel Antonio García Valdés, quien se identifica con número de carné 9712249. El mismo cuenta con 15 preguntas de respuesta directa, las cuales se le solicita responder en los espacios marcados.</p>		
1. ¿Antes de leer este trabajo de graduación, tenía conocimiento acerca de los principios de la carbonatación?		
Bastante _____	Poco _____	Nada _____
2. ¿Es importante conocer acerca de estos principios, para poder operar y dar mantenimiento a un equipo carbonatador o de mezcla?		
Sí _____	No _____	
3. ¿Existe información en el trabajo de graduación presentado, que le permita conocer de una mejor manera los principios de la carbonatación?		
Sí _____	No _____	
4. ¿Sabe usted qué es mantenimiento preventivo?		
Sí _____	No _____	
5. ¿Es importante contar con un listado de componentes y repuestos del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, como el presentado en este trabajo de graduación?		
Sí _____	No _____	

### Continuación

6. ¿Considera que el listado de componentes y repuestos del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación, es el correcto?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

7. ¿Considera que el listado de tareas de mantenimiento preventivo para el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación, es el correcto?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

8. ¿Son lo suficientemente comprensibles las instrucciones presentadas en el manual de mantenimiento preventivo para el equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2, presentado en este trabajo de graduación?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

9. ¿Considera que mediante la correcta aplicación del programa de mantenimiento preventivo, que ha sido presentado en este trabajo de graduación, se puede garantizar el óptimo funcionamiento del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

10. ¿Considera que mediante la correcta aplicación del programa de mantenimiento preventivo, que ha sido presentado en este trabajo de graduación, se puede prolongar la vida útil del equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. ¿Recomendaría el uso del programa de mantenimiento preventivo, que ha sido presentado en este trabajo de graduación a una empresa que adquiriera un equipo carbonatador o de mezcla MSF 54/2?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

12. ¿Es posible utilizar el programa de mantenimiento preventivo, que ha sido presentado en este trabajo de graduación, como modelo para elaborar programas de mantenimiento preventivo para otros modelos y marcas de equipos carbonatadores o de mezcla?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

**Continuación**

13. ¿Considera que los formatos de control de mantenimiento, presentados en este trabajo de graduación, son funcionales?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

14. ¿Antes de leer este trabajo de graduación, tenía conocimiento acerca de la existencia de métodos de control de inventario?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

15. ¿Considera que es utilizable el método de control de inventario, que ha sido presentado en este trabajo de graduación?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_