



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MONTAJE DE UN TÚNEL DE ENFRIAMIENTO PARA UNA LÍNEA DE  
TORTILLAS DE HARINA, EN UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN**

**Juan José Vásquez Castillo**

Asesorado por el Ing. Luís Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, octubre de 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE UN TÚNEL DE ENFRIAMIENTO PARA UNA LÍNEA DE  
TORTILLAS DE HARINA, EN UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JUAN JOSÉ VÁSQUEZ CASTILLO**

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007



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



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Sergio Enrique Benítez de León
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:

### **MONTAJE DE UN TÚNEL DE ENFRIAMIENTO PARA UNA LÍNEA DE TORTILLAS DE HARINA, EN UNA PLANTA DE PANIFICACIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 12 de marzo de 2007.

Juan José Vásquez Castillo



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Hacedor del universo y fuente inagotable de sabiduría.
<b>Mi padre</b>	Por su esfuerzo y apoyo incondicional que nunca me faltó.
<b>Mi madre</b>	Quien me dio aliento y fuerzas para seguir adelante en los momentos más difíciles. Este triunfo es tuyo.
<b>Mi tía Dora</b>	Por estar siempre conmigo, te quiero y respeto, comparto este triunfo con vos.
<b>Mis hermanos</b>	Amilcar, Eunice, gracias por su apoyo y cariño, Arabela quien me dio paz y fortaleza para seguir adelante.
<b>Mis abuelos</b>	Gracias por sus consejos.
<b>Mis tíos, tías</b>	Con cariño y agradecimiento por sus consejos, especialmente para mi tío Antonio Castillo, tío Roberto.
<b>Mis primos</b>	Por el cariño y apoyo que siempre me han demostrado.
<b>Mis amigos y amigas</b>	Con cariño, son parte de mi realización profesional.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Empresa Bimbo de  
Centro América**

Por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

**El Departamento de Mantenimiento**

Por su apoyo en la realización de este trabajo.

**Mi asesor de trabajo de graduación  
Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga**

Por su valioso aporte y dedicación en la asesoría para la elaboración de este trabajo.

**Ing. Carlos Pérez**

Por su apoyo para terminar este trabajo.

**Mis compañeros de Bimbo**

Quienes me enseñaron a trabajar y sobresalir en equipo, gracias por su apoyo para terminar este trabajo, Antonio, Alejandro, Leonel, Rafael M, Rafael A.

**Mis compañeros de Producción**

Por su apoyo incondicional y formación profesional.

**Mecánicos de Bimbo**

Por transmitir sus conocimientos para mi formación.



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. CONCEPTOS GENERALES</b>	1
1.1. Principios de refrigeración	1
1.1.1. Qué es calor y cómo se mide	1
1.1.2. Cómo se transmite el calor y los factores que lo determinan	1
1.1.3. Cómo trabajan los sistemas de refrigeración	2
1.2. Ciclo de refrigeración (definición)	3
1.2.1. Diagrama	4
1.3. Componentes básicos en un sistema de refrigeración	6
1.3.1. Compresor (definición)	6
1.3.2. Tipos de compresores	6
1.3.3. Funcionamiento	8
1.3.4. Condensadores	17
1.3.5. Funcionamiento	17
1.3.6. Evaporadores	27
1.3.7. Funcionamiento	29

1.3.8. Controladores de flujo	35
1.3.9. Aparatos para controlar flujo	43
1.3.10. Componentes auxiliares	45
1.4. Refrigerantes	47
1.4.1. Definición	47
1.4.2. Clasificación	50
<b>2. PLANTA DE PRODUCCIÓN</b>	<b>59</b>
2.1. Ubicación de maquinaria y equipo de la línea de tortillas	59
2.2. Proceso de operación de tortillas	61
2.3. Funciones del personal de producción a cargo de la manufactura	68
2.4. Funciones del personal a cargo del mantenimiento	71
2.5. Antecedentes de la operación y mantenimiento del túnel de enfriamiento	77
2.6. Producción de línea	81
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>83</b>
3.1. Qué es un túnel de enfriamiento	83
3.2. Funcionamiento del túnel de enfriamiento	83
3.2.1. Índice de velocidad requerida	84
3.2.2. Tiempo del ciclo de enfriamiento	84
3.2.3. Temperatura de entrada vrs temperatura de salida	85
3.3. Tipos de túneles de enfriamiento de tortillas de harina	87
3.3.1. Túnel de banda en espiral	87
3.3.2. Túnel de nivel de bandas	94
3.3.3. Túnel de banda sanitaria	95

3.3.4. Túnel de perchas	98
3.4. Características del túnel de enfriamiento para tortillas de harina	106
3.5. Partes que componen un túnel de enfriamiento	107
3.5.1. Transmisión mecánica	107
3.5.2. Bandas transportadoras de producto	110
3.5.3. Soporte de banda	115
3.5.4. Sistemas de refrigeración	115
3.5.5. Estructura	116
3.5.6. Sistema eléctrico	117
<b>4. MONTAJE GENERAL DEL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>119</b>
4.1. Realización del project montaje del túnel de enfriamiento de tortillas de harina, para las actividades y tiempos requeridos para el montaje	119
4.2. Instalación de sistema de refrigeración	120
4.2.1. Instalación de plataforma para compresores de refrigeración	120
4.2.2. Realización de sistema eléctrico para compresores de refrigeración	121
4.2.2.1. Descripción de elementos eléctricos	121
4.2.2.2. Distribución de tuberías eléctricas	124
4.2.2.3. Soportería y anclaje de tuberías	124
4.2.2.4. Requisición de materiales	124
4.2.3. Instalación de compresores de refrigeración	125
4.2.3.1. Descripción de elementos de refrigeración	125
4.2.3.2. Distribución de tubería de refrigeración	127
4.2.3.3. Requisición de materiales	128
4.3. Instalación de sistemas eléctricos	128
4.3.1. Realización de diagrama eléctrico de fuerza y control	128

4.3.2. Montaje de elementos eléctricos para transmisión	130
4.3.3. Distribución de tuberías eléctricas	131
4.4. Diagrama de maquinaria actual	131
4.5. Diagrama de maquinaria readecuada para el montaje	131
4.6. Montaje de túnel de enfriamiento de tortillas	131
4.7. Programa de mantenimiento preventivo para el nuevo túnel de enfriamiento de tortillas	132
4.7.1. Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo para el túnel de enfriamiento de tortillas	132
4.7.2. Realización de rutina de operación del túnel de enfriamiento de tortillas	136
4.7.3. Realización de rutina de lubricación del túnel de enfriamiento de tortillas	137
4.8. Programa de limpieza especializada para estructura y bandas transportadoras de producto	137
4.9. Capacitación de personal operativo	141

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **APÉNDICE**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Ciclo de refrigeración	3
2	Compresor semi-hermético seccionado	9
3	Compresor semi-hermético repuestos	9
4	Compresor abierto	11
5	Compresor hermético	12
6	Compresor rotativo y rotor	13
7	Compresor de tornillo	14
8	Compresor tipo scroll	15
9	Compresor centrífugo	16
10	Condensador enfriado por agua	21
11	Esquema de condensador enfriado por agua	22
12	Condensador de aire de circulación natural	23
13	Condensador de aire forzado tipo horizontal	24
14	Condensador de aire forzado tipo vertical	24
15	Intercambiador de doble tubo	25
16	Unidad condensadora, condensador enfriado con aire	26
17	Enfriador acorazado con evaporador tipo inundado	30
18	Evaporador tipo spray	31
19	Enfriador con evaporador tipo expansión seca	32
20	Evaporador de placa	33
21	Evaporador de aire forzado	34
22	Evaporador multitubular	35
23	Válvula de expansión manual	36

24	Válvula de expansión automática	37
25	Válvula de expansión automática usada como <i>by pass</i>	38
26	Esquema del sobrecalentamiento <i>superheat</i> con una TEV	41
27	Válvula termostática con tubo igualador	42
28	Control de flotador de baja presión	44
29	Control de flotador de alta presión	45
30	Ubicación de maquinaria y equipo de la línea de tortillas	60
31	Túnel de enfriamiento antiguo	78
32	Túnel de banda de espiral	87
33	Tablero eléctrico túnel de banda de espiral	92
34	Túnel de nivel de bandas	94
35	Túnel de banda sanitaria	95
36	Cadena <i>table-top</i> metálica	110
37	Cadena <i>table-top</i> termoplástica	111
38	Banda <i>sani grid</i>	111
39	Banda <i>flat wire</i>	112
40	Banda <i>flat flex</i>	112
41	Banda sanitaria	113
42	Banda intralox	113
43	Motor eléctrico	122
44	Etapa de control variador	123
45	Variador de frecuencia	123
46	Requisición de material eléctrico	125
47	Requisición de material tubería de cobre	128
48	Diagrama de control de túnel de enfriamiento	129
49	Diagrama de control de temperatura de enfriador	129
50	Diagrama de fuerza de túnel de enfriamiento	130
51	Túnel de enfriamiento nuevo	149

## TABLAS

I	Productos elaborados en línea de tortillas	81
II	Project montaje de túnel de enfriamiento de tortillas	120
III	Formato rutina de lubricación	137



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Btu</b>	Unidad térmica británica
<b>Btu/min</b>	Unidad térmica británica por minuto
	Flujo de agua en galones por minuto por tonelada de refrigeración
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>Lb/plg<sup>2</sup></b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>Q</b>	Calor transferido
<b>P</b>	Presión
<b>T</b>	Temperatura
<b>T</b>	Tiempo
<b>D</b>	Distancia
<b>V</b>	Velocidad
<b>HP</b>	Caballos de potencia
<b>B.K</b>	Baker Perkins
<b>OP</b>	Presión de aceite
<b>HP</b>	Presión alta
<b>LP</b>	Presión baja



## GLOSARIO

<b>Coeficiente de fricción</b>	Relación entre la fuerza de fricción y la de contacto, que se determina experimentalmente.
<b>Compresor</b>	Bomba de un mecanismo de refrigeración que succiona de un vacío o baja presión en el lado de enfriamiento del ciclo de refrigeración y descarga o comprime el gas pasándolo al lado de alta presión o de condensación del ciclo.
<b>Condensador evaporativo</b>	Condensador en el que se absorbe calor de la superficie por medio de la evaporación de agua, que se rocía o se añade a la superficie de dicho condensador. La evaporación de una parte del agua es la que baja la temperatura.
<b>Diclorodifluorometano</b>	Refrigerante cuyo nombre común es R-12. Su fórmula química es $\text{CCl}_2\text{F}_2$ . La clave de color de su cilindro es blanca.
<b>Efecto de refrigeración</b>	Cantidad de calor en Btu/hr o cal/hr que un sistema es capaz de transferir.

<b>Evaporación</b>	Término que se aplica al cambio de estado de un líquido a un gas. En este proceso se absorbe calor.
<b>Evaporador</b>	Parte de un mecanismo de refrigeración en la que el refrigerante se evapora y absorbe calor.
<b>Fricción</b>	Fuerza que actúa entre dos cuerpos en la superficie de contacto, de manera que evita su deslizamiento entre si.
<b>Guía de desgaste</b>	Guías plásticas que se agregan a la estructura del transportador para aumentar la vida útil del mismo y de las bandas. Útiles también para la reducción de las fuerzas de fricción por deslizamiento.
<b>Líquido saturado</b>	Es cuando un líquido se encuentra en contacto y en equilibrio térmico con su vapor.
<b>Motoreductor</b>	Elemento mecánico para el accionamiento de todo tipo de máquinas de uso industrial que necesite reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.

<b>Refrigeración</b>	Proceso de transferir calor de un lugar a otro por el cambio de estado de un líquido.
<b>Refrigerante</b>	Sustancia empleada para transmitir calor en un sistema de refrigeración. Recoge calor por evaporación a baja presión y temperatura y lo cede condensándose a presión y temperatura más elevadas.
<b>Temperatura</b>	Grado de calor o frío, medido con un termómetro; es una medida de la velocidad con que se mueven las moléculas.
<b>Tonelada de refrigeración</b>	Efecto de refrigeración igual a la fusión de una tonelada de hielo en 24 horas. Equivale a lo siguiente: 288,000 Btu/24hrs, 12,000 Btu/hr, 200 Btu/min.
<b>Válvula de expansión</b>	Tipo de control de refrigerante que mantiene una diferencia de presión entre el lado de alta y el lado de baja en un mecanismo de refrigeración. La válvula se hace trabajar mediante la presión en el lado de baja o de succión.

**Variador de frecuencia**

Dispositivo electrónico que regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor logrando modificar su velocidad.

## RESUMEN

El presente trabajo, consiste en una descripción general sobre el montaje de un túnel de enfriamiento empleado en el proceso de fabricación de tortillas de harina, describiendo los principios teóricos y técnicos del sistema de refrigeración para determinado equipo. Después se hará una descripción de cada uno de los componentes que conforman el túnel de enfriamiento, los diferentes tipos existentes en esta clase de equipos, así como del proceso de refrigeración para este tipo de equipo. También se explicarán algunos factores de suma importancia para el montaje e instalación del equipo como el campo de trabajo, recepción y manejo del equipo, materiales para utilizar en la instalación, etc.

Al final se trata el tema de la instalación y montaje de cada uno de los componentes del sistema del túnel de enfriamiento. También, en este último, capítulo se desarrollará un programa de mantenimiento preventivo, para el túnel de enfriamiento de tortillas implementado.

Todo lo anteriormente expuesto, es una referencia de todo el proceso que conlleva el montaje para un túnel de enfriamiento para una línea de tortillas de harina, en una planta de panificación.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

Realizar el montaje del túnel de enfriamiento de tortillas de harina en el menor tiempo y con el mejor resultado operativo para producción.

### **Específicos:**

1. Aumentar el ritmo de producción de la línea de tortillas de harina.
2. Establecer un programa de mantenimiento preventivo para el túnel de enfriamiento de tortillas.
3. Establecer las rutinas de operación para el túnel de enfriamiento de tortillas.
4. Garantizar un proceso continuo de producción.



## INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera durante su historia ha tenido problemas por retrasos en los montajes de equipos de producción y en consecuencia altos costos por los recortes de producción de productos, personal operativo sin trabajar, esto porque se tiene un tiempo reducido en el montaje de equipos, lo cual lleva a contar con el personal adecuado para delegar las responsabilidades de coordinación de esfuerzos, el no direccionar correctamente las actividades a cada persona o retirar o distraer a una persona de sus actividades, provoca atrasos de dos o más actividades y por consiguiente, más días de trabajo que no fueron considerados y planificados.

Para el montaje del túnel de enfriamiento de tortillas de harina se necesita conocer el entorno del montaje de este equipo, desglosando las actividades detalladamente, hasta llegar a la estimación de tiempos de realización de las actividades.

En los últimos meses, la eficiencia del túnel de enfriamiento de tortillas se ha visto afectada por la creciente demanda de nuevos productos, altos niveles de producción, promociones, tiempos mínimos para mantenimiento y tiempos largos por fallas mecánicas, el objetivo de este trabajo de tesis es mediante el montaje del túnel de enfriamiento de la línea de tortillas, solucionar los problemas que afectan la eficiencia de la producción.

El presente trabajo, se enfoca al montaje de un túnel de enfriamiento utilizado en el proceso de fabricación de tortillas de harina, en una planta de panificación. El equipo que se montará es un equipo de trabajo pesado, por lo cual sus componentes son robustos.

Para lograr un montaje e instalación de buena calidad y obtener un sistema que opere satisfactoriamente, es necesario conocer los componentes principales del sistema de refrigeración, las variaciones entre estos de acuerdo con la aplicación, su función en el sistema y la forma como se desarrollan los mismos.

Se pretende que este presente trabajo, sea tomado como una guía para conocer todos los componentes y factores que conforman un equipo de enfriamiento de tortillas de harina, y que al momento de una falla, se pueda restablecer el sistema a su funcionamiento apropiado, ya que se conoce la operación o la aplicación del dispositivo que conforma dicho equipo.

# 1. CONCEPTOS GENERALES

## 1.1. Principios de refrigeración

La refrigeración es la ciencia de producir y mantener temperaturas por debajo de la temperatura atmosférica circundante. El calor siempre pasa del cuerpo más caliente al más frío, hasta que ambos estén a la misma temperatura. La refrigeración tiene un gran campo de aplicación, para poder comprender cualquier clase de equipo es necesario, primero entender algunos principios fundamentales para equipos de refrigeración, estos principios básicos son los relativos al calor.

### 1.1.1. Qué es calor y cómo se mide

El calor al igual que la electricidad es una forma de energía, llega precisamente del sol y está presente en todos los objetos sobre la tierra. El aire, una taza de café caliente, aún un pedazo de hielo contienen algo de calor, la unidad fundamental de calor es el BTU *British Thermal Unit* (Calorías). Es igual a la cantidad de calor que es necesaria añadir o tomar de una libra (1 kilo) de agua para cambiar su temperatura de 1 °F (1 °C), el BTU (caloría), es usado para medir el calor total de los objetos, a mayor cantidad de calor más BTU (caloría) y viceversa.

### 1.1.2. Cómo se transmite el calor y los factores que lo determinan

La forma en que se transmite el calor puede ser:

- **Conducción:** es la forma de transmisión de calor en la cual éste se mueve pasando de una molécula de una sustancia a otra molécula de la misma o diferente sustancia, el flujo de calor a través de sólidos se efectúa por este método.
- **Convección:** es la forma de flujo de calor que se presenta en los fluidos donde las moléculas están libres para moverse, cuando el calor fluye por este método lo hace debido al movimiento de las moléculas.
- **Radiación:** es una forma de movimiento de calor que no depende de las moléculas, en este caso el calor viaja de la misma forma que la luz proviene de una lámpara, el calor del sol viaja en esta forma.

### 1.1.3. Cómo trabajan los sistemas de refrigeración

La primera y todavía una forma simple de producir enfriamiento es utilizando un pedazo de hielo. Esta sustancia fría es nada más que agua solidificada, es capaz de enfriar un espacio, tal como una hielera, debido a que puede atraer calor del medio que lo rodea, y usarlo para pasar de sólido a líquido, un problema con el hielo, no obstante, es que sólo enfriará hasta que el último pedazo de hielo se derrita. Para conservar fría la caja será necesario añadir más hielo; sin embargo, si fuéramos capaces de llevar fuera de la caja el agua resultante de la fusión del hielo, extraerle calor, y volverlo a convertir en hielo para llevarlo nuevamente a la caja, podríamos conservar un enfriamiento continuo en la caja, esto es justamente lo que hace en un sistema de refrigeración, excepto de que el lugar de usar un sólido se usa un líquido

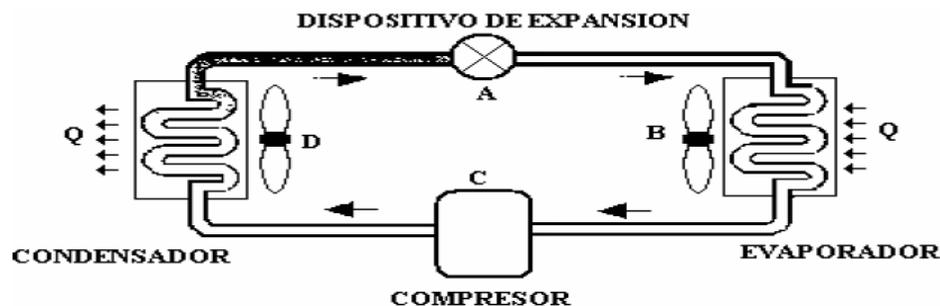
llamado refrigerante, el cual absorbe calor cambiando a gas y en vez de evaporarse en lugar abierto, se evapora en una cámara, de tal forma que se recupere el gas para convertirlo de nuevo en líquido y así sucesivamente.

Un método mejor para condensar el refrigerante es primero comprimirlo y después enfriarlo, pues, al aumentar la presión de un gas aumenta su temperatura de condensación, en otras palabras si primero se comprime el gas no es necesario enfriarlo a tan bajas temperaturas para que se condense.

## 1.2. Ciclo de refrigeración

En esta sección se describirá el funcionamiento del ciclo de refrigeración por medio del sistema de refrigeración por compresión de vapor, el cual necesita para funcionar de cuatro elementos principales que son comunes en los diversos sistemas de refrigeración conocidos: el dispositivo de expansión, evaporador, compresor y condensador.

**Figura 1. Ciclo de refrigeración**



Fuente: [www.camba.com/domo/termodin.htm](http://www.camba.com/domo/termodin.htm)

Las transformaciones físicas que ocurren en el fluido refrigerante durante su recorrido por todo el sistema frigorífico son responsables del efecto de refrigeración.

### 1.2.1. Diagrama

- **El Sistema simple:** este diagrama (figura 1), muestra los cuatro componentes básicos necesarios en cualquier sistema de refrigeración. De hecho sólo una pequeña parte de este sistema es usado para lograr el enfriamiento; el resto del Sistema es equipo necesario para la recuperación del refrigerante, o sea, sirve como medio para convertir el refrigerante. El ciclo de la refrigeración se divide en cuatro procesos los cuales se detallarán a continuación:
- **Proceso de expansión:** cuando el refrigerante entra al dispositivo de expansión se encuentra en estado líquido con alta presión y temperatura, es aquí donde se produce una estrangulación debido a la velocidad y una disminución de la presión, esta presión es inferior a la parte del líquido, se evapora tomando el calor latente necesario para dicha evaporación de la mezcla líquido-vapor, causando disminución de temperatura del refrigerante, esta nueva temperatura alcanza el valor de la temperatura de saturación a la presión de salida del dispositivo de expansión (punto de ebullición).
- **Proceso de evaporación:** el refrigerante es transportado hacia el evaporador, éste es el encargado de absorber el calor de la sustancia que se desea enfriar que puede ser aire o agua y trasladarlo posteriormente hacia el refrigerante. Dicha sustancia tiene que encontrarse a una temperatura mayor que la del refrigerante, para que pueda darse transferencia de calor de la sustancia a dicho refrigerante por medio de las paredes de la tubería del evaporador. El fluido refrigerante que ingresa al evaporador se encuentra en su punto de ebullición; por lo tanto, el calor que pueda absorber a lo largo del evaporador hará que se evapore. Todo el

refrigerante es evaporado poco antes del extremo final del serpentín, lo que causa que el vapor que sale del evaporador se encuentre sobrecalentado, garantizando de esta manera que no salga líquido del evaporador que pueda dañar el compresor, es importante indicar que el aumento de temperatura no afecta la presión, ésta siempre permanece constante en este proceso.

- **Proceso de compresión:** el vapor de refrigerante resultante de la evaporación es trasladado al compresor por medio de la línea de succión, al llegar al compresor el refrigerante es comprimido elevando su presión hasta que alcance la presión necesaria para su condensación. Para poder realizar la compresión del gas, se requiere de trabajo mecánico el cual es proporcionado por el compresor; este trabajo contribuye a aumentar la energía almacenada en el vapor comprimido, produciendo un aumento de temperatura sobrecalentando el refrigerante, luego el gas caliente es expulsado por la línea de descarga del compresor.
- **Proceso de condensación:** el condensador recibe el gas caliente a alta presión que descarga el compresor y posteriormente expulsa el calor del sistema de refrigeración. El calor fluye a través de las paredes de la tubería del condensador, desde el refrigerante a mayor temperatura hasta el fluido de enfriamiento que puede ser aire o agua. Como el refrigerante está sobrecalentado cuando entra al condensador, primero se enfría hasta que alcanza su temperatura de saturación correspondiente a su nueva presión. Posteriormente, la liberación adicional de calor da como resultado la condensación gradual del refrigerante, hasta que se condense en su totalidad. El refrigerante sale del condensador como un líquido saturado, este líquido es trasladado al dispositivo de expansión para empezar de

nuevo el ciclo.

### **1.3. Componentes básicos en un sistema de refrigeración**

El ciclo de compresión de vapor es el método más común de transferencia de energía calorífica (refrigeración). Hay cuatro elementos principales en el ciclo de compresión: evaporador, compresor, condensador y dispositivo de control de flujo de refrigerante.

#### **1.3.1 Compresores (definición)**

La principal función del compresor es aumentar la presión y temperatura del gas refrigerante hasta alcanzar la presión de saturación en la cual el gas pueda condensarse. El gas a baja presión que proviene del evaporador es aspirado por el compresor comprimido y aumentado su temperatura para luego trasladarlo al evaporador.

La gran presión de descarga del compresor proporciona la energía necesaria para hacer circular el refrigerante por todo el sistema de refrigeración y se realice todo el ciclo frigorífico.

#### **1.3.2 Tipos de compresores**

Debido a la variedad de refrigerantes y aplicaciones de los sistemas, se necesitan muchos tipos de compresores, en algunas ocasiones se requiere manejar grandes volúmenes de refrigerantes y pequeñas presiones y en otras ocasiones se requiere pequeños volúmenes con altas presiones, por estos

motivos existen varios tipos de compresores que se utilizan comúnmente en los sistemas de refrigeración:

- **Semi-herméticos**
- **Abiertos**
- **Herméticos**

De acuerdo con el diseño de los compresores, pueden dividirse de la siguiente forma:

A. Compresores de desplazamiento positivo

- **Alternativo**
- **Rotativo**
- **Helicoidal (o de tornillo)**
- **Espiral (scroll)**

B. Compresores cinéticos

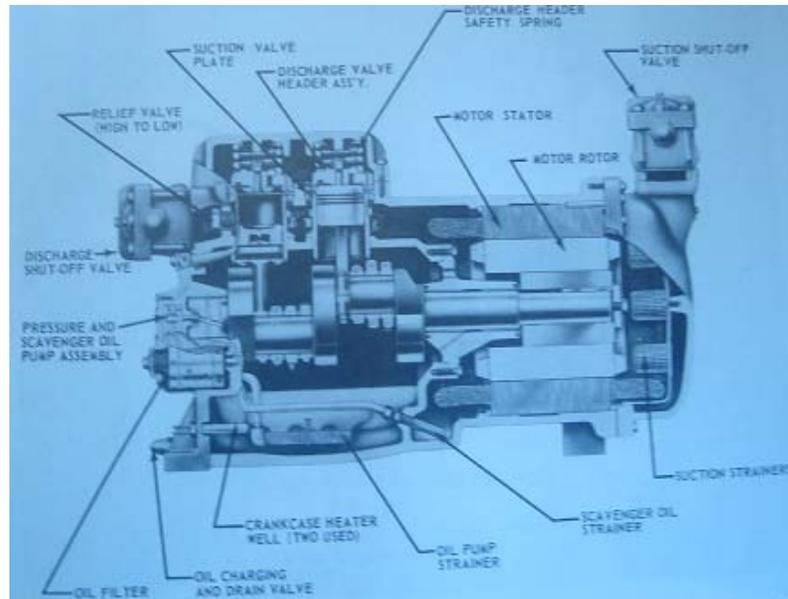
- **Centrífugo**

Los compresores de desplazamiento positivo se clasifican así, a causa de que la capacidad máxima es una función de la velocidad y el volumen del desplazamiento del cilindro.

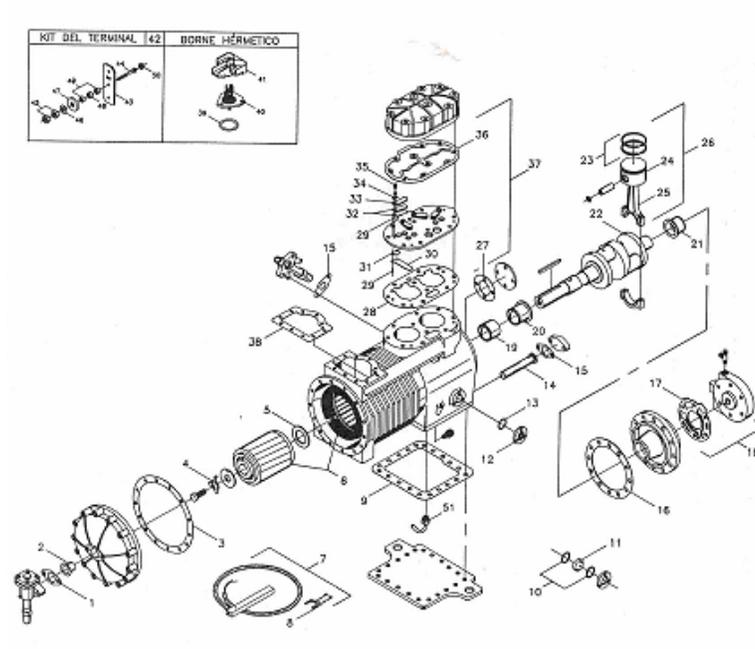
### 1.3.3 Funcionamiento

- **Compresores semi-herméticos:** Los compresores semi-herméticos se componen principalmente de cilindro, pistón, biela, un cigüeñal y válvulas de succión y descarga. Realizan un movimiento lineal de desplazamiento, cuando el pistón se desplaza hacia abajo en la carrera de succión, aumenta el volumen de la cámara de compresión, creando una zona de baja presión por debajo de la presión de la línea de succión, la diferencia de presión obliga a la válvula de succión a abrirse, haciendo que el refrigerante fluya hacia adentro del compresor en la zona de baja presión. Posteriormente, el pistón se desplaza hacia arriba en la carrera de compresión, provocando un aumento de presión del refrigerante, éste aumento de presión obliga a que permanezca cerrada la válvula de succión. Cuando el pistón alcanza el final de la carrera de compresión, la presión del gas alcanza su valor máximo, ésta presión es mayor que la que se encuentra en la línea de descarga, obligando a la válvula de descarga a abrirse, dejando fluir el gas a alta presión fuera del compresor.

**Figura 2. Compresor semi-hermético seccionado**



**Figura 3. Compresor semi-hermético partes**



- **Compresor abierto:** un compresor abierto requiere una propulsión externa con transmisión de acoplamiento directo o por faja para que funcione a una determinada velocidad, que depende de los requisitos de carga. El tipo de propulsión se debe elegir de modo que transmita al compresor la potencia adecuada. Con este compresor se puede utilizar cualquier tipo de motor eléctrico, motor de combustión interna o turbina de vapor. Como acabamos de mencionar, los compresores alternativos de tipo abierto necesitan motores propulsores externamente, los cuales pueden conectarse directamente a través de algún tipo de acople. Esto causa que el compresor opere a la misma velocidad del motor propulsor o un compresor puede tener una polea sobre el extremo del eje del cigüeñal, el cual gira por medio de una faja montada sobre el eje del motor. La velocidad a la cual el compresor girará depende de la relación de los diámetros de las poleas, la velocidad del compresor se calcula así:

$$\text{RPM del compresor} = \frac{\text{RPM del motor} * \text{diámetro polea del motor}}{\text{diámetro polea del compresor}}$$

La velocidad de un compresor abierto puede variarse de tal manera que un sólo compresor puede a menudo ser usado para dos o tres diferentes potencias; cambiando únicamente el tamaño de la polea del motor. En la mayoría de los casos, este mismo compresor puede usarse no solamente con diferentes tamaños de motores, sino también para aplicaciones de alta, media o baja temperatura.

**Figura 4. Compresor abierto**



- **Compresor hermético:** el propósito del compresor hermético es el mismo que el abierto, bombear y comprimir el vapor, difiere en construcción en que el motor está sellado en la misma carcasa del compresor. Un compresor hermético no puede ser reparado en el campo, las reparaciones internas se realizarán en un taller, previo haber desmontado el compresor de su lugar. Otro tipo de compresor hermético es el denominado hermético atornillado o algunas veces también llamado semi-hermético, el cual puede ser reparado en su lugar de trabajo, ya que puede desarmarse completamente; una característica favorable en máquinas de mayor tonelaje en donde desmontar todo del compresor para una reparación puede tener un costo muy alto e invertir más tiempo en dicha actividad.

**Figura 5. Compresor hermético**

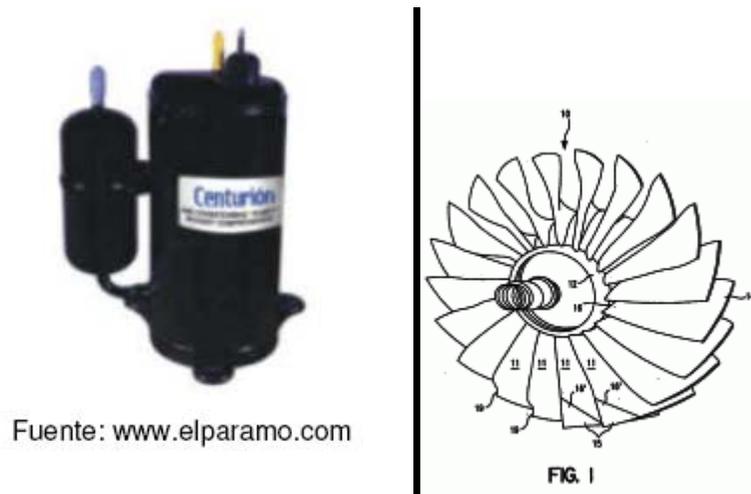


Fuente: [www.copeland-corp.com](http://www.copeland-corp.com)

- **Compresores alternativos:** entre los compresores de desplazamiento positivo, el compresor alternativo ha ganado la más amplia aceptación y aplicación en el rango desde fracciones de caballo hasta 100 y 150 toneladas. En este punto viene a ser el cruce con los compresores centrífugos. Este tipo de compresor puede clasificarse por su construcción, de acuerdo a sí es abierto o accesible para trabajos en el campo o completamente sellado, de tal manera que no sea posible darle servicio en el campo. Los compresores alternativos varían de tamaño, desde los que tienen un solo cilindro y su correspondiente pistón hasta uno lo suficientemente grande para tener 16 cilindros y pistones. El cuerpo del compresor puede construirse de una o dos partes de hierro fundido, acero fundido o en algunos casos aluminio. La disposición de los cilindros puede ser horizontal, radial o vertical y ellos pueden estar en línea recta o arreglada en v o w.
- **Compresores rotatorios:** este tipo de compresores realizan un movimiento de trabajo circular. Se componen de un rodillo cilíndrico de acero el cual gira sobre un eje que se encuentran instalado en una carcasa cilíndrica, el rodillo hace contacto en las paredes del cilindro en un punto a la vez a medida que

gira el eje. Posee un aspa que se encuentra instalada en una ranura de la pared del cilindro y es accionada por un resorte para mantener el aspa siempre en contacto con el rodillo deslizándose hacia dentro y fuera de la ranura, el aspa sirve para separar el área de succión y descarga, no permitiendo que el gas que entre al compresor se mezcle con el gas comprimido que sale. Las válvulas de succión y descarga se encuentran localizadas en la pared del cilindro cerca del aspa. Cuando se forma un espacio en el lado de succión se crea una baja presión haciendo que la válvula de succión se abra arrastrando el refrigerante hacia la cámara y posteriormente el gas se comprime a medida que el rodillo rota debido a que se reduce gradualmente el espacio donde se encuentra alojado el gas, al completar la rotación el gas alcanza su máxima presión y temperatura obligando a la válvula de descarga a abrirse, liberando el gas a alta presión hacia afuera del compresor.

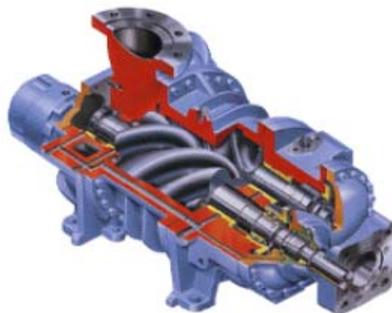
**Figura 6. Compresor rotativo y rotor**



- **Compresores helicoidales (de tornillo):** están conformados por dos rotores helicoidales, que se encuentran engranados entre sí, su forma es

muy parecida a la de los tornillos de esta característica surge su nombre. El rotor macho cuenta con lóbulos alrededor de su perímetro, los que se ajustan exactamente sobre un rotor hembra que cuenta con ranuras en su superficie. Un motor eléctrico acciona el rotor macho, debido a que este se encuentra engranado al rotor hembra le transmite movimiento. Los compresores de tornillo, no utilizan válvulas de aspiración y descarga, el refrigerante gaseoso es aspirado directamente hacia los rotores desde el lado de succión. Cuando los rotores giran, el gas queda alojado en la cavidad que se forma entre ellos. El rotor macho disminuye gradualmente el espacio entre él y el rotor hembra, aumentando así la presión del gas y trasladarlo al lado de descarga para su posterior traslado al condensador. El compresor helicoidal (tornillo) es también un diseño de desplazamiento positivo y trabaja satisfactoriamente sobre un amplio rango de temperaturas de condensación. Los tamaños corrientes de máquinas a tornillo en operación van de 100 hasta 700 toneladas, basados en las condiciones nominales ARI para sistemas de agua fría.

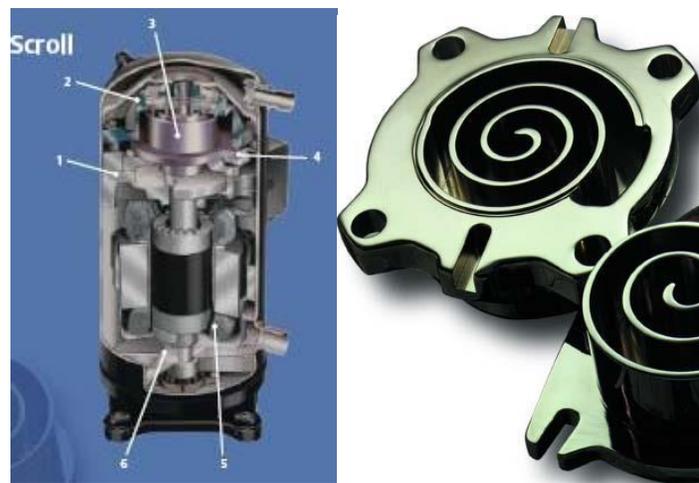
**Figura 7. Compresor de tornillo**



Fuente: [www.mycomspain.com](http://www.mycomspain.com)

- **Compresor tipo scroll:** el compresor tipo scroll (caracol o espiral) es comúnmente utilizado en aire acondicionado tipo residencial. Tiene la ventaja de tener pocas partes móviles, lo que genera poca fricción y por consiguiente menos generación de calor, produce bajos niveles de ruido y vibración.

**Figura 8. Compresor tipo scroll**



- **Compresores centrífugos:** este tipo de compresores son utilizados para equipos de refrigeración industrial en el enfriamiento de agua. Están conformados por un impulsor equipado con un cierto número de alabes curvos, montados en un eje y alojados dentro de una carcasa en forma de espiral. A diferencia de los anteriores no aumenta su presión por compresión, sino que depende de la fuerza centrífuga para comprimir el refrigerante gaseoso, sus partes móviles ejercen una fuerza continua sobre un flujo constante de gas arrastrándolo y aumentando su velocidad, para finalmente convertir la alta velocidad en presión. Son empleados en grandes sistemas de refrigeración.

**Figura 9. Compresor centrífugo**



Fuente: [www.energuia.com/es/productos](http://www.energuia.com/es/productos)

Después de que el refrigerante ha perdido calor y se vaporiza en el evaporador, el refrigerante pasa a través de la línea de succión al siguiente componente mayor en el circuito de refrigeración, el compresor.

Esta unidad tiene dos funciones principales dentro del ciclo. Las funciones que realiza son:

1. Recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada puedan mantenerse.
2. Incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del vapor, de tal manera que pueda ceder su calor al medio refrigerante del condensador.

### **1.3.4 Condensadores**

Los condensadores son dispositivos de transferencia de calor, tienen como finalidad liberar el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y el compresor al ambiente que lo rodea, logrando de esta manera que el refrigerante que entra en el dispositivo en estado gaseoso se condense. Cuando el refrigerante entra al condensador se encuentra a una temperatura mayor que la de saturación correspondiente a esa presión, es decir se encuentra sobrecalentado; por lo tanto, en la primera parte del dispositivo se realiza la liberación de calor sensible hasta que el vapor se enfríe y pueda alcanzar la temperatura de saturación, de éste punto en adelante el calor que libere el refrigerante en su recorrido es el calor latente que condensará el refrigerante gradualmente hasta terminar su recorrido por el condensador.

Los condensadores deben de tener una superficie de contacto lo suficientemente grande para obtener una rápida transferencia de calor, es decir que mientras más grande es la superficie de contacto la transferencia de calor es mayor, debido a que el calor que posee el refrigerante es trasladado desde las paredes del condensador hacia el medio utilizado para enfriar, que puede ser aire o agua dependiendo del tipo de condensador utilizado.

### **1.3.5 Funcionamiento**

Para comprender el funcionamiento de los condensadores debemos analizarlos uno a uno, por ejemplo: el condensador evaporativo funciona de la siguiente forma: se bombea agua de una charola en la base de la unidad, pasa por una serie de toberas de aspersion y a continuación pasa por el serpentín de refrigerante. Al mismo tiempo entra aire por la base, pasa hacia arriba a través

del serpentín y la aspersion de agua pasa por deflectores que eliminan el agua arrastrada, y después por los ventiladores, finalmente sale de la unidad. El agua que se pierde por evaporación se repone mediante un tubo de suministro de agua, y el nivel de agua en la charola lo mantiene una válvula de flotador. Como siempre quedan impurezas cuando se evapora agua, es necesaria una pequeña purga continua para reducir la concentración de impurezas.

Para que un líquido pase al estado gaseoso se necesita una gran cantidad de calor, y el agua no es la excepción. Cuando el agua de aspersion toca al serpentín de condensación caliente, se lleva a cabo la evaporación. El calor necesario para evaporar el agua proviene del serpentín. Al mismo tiempo, el gas caliente de refrigerante cede algo de su calor dentro del serpentín, y el refrigerante se condensa. Durante este proceso, el ventilador saca el aire cargado de humedad de los alrededores del serpentín mojado y lo reemplaza con aire que tiene todavía capacidad de absorber humedad. Los condensadores evaporativos, por supuesto, son dispositivos eficientes de conservación de agua, pero tienen una desventaja, porque se necesita gran cantidad de tubería de refrigeración, así como un receptor. Esto tiende a aumentar los costos de instalación y los riesgos de confiabilidad, que quedan sujetos a la destreza de los instaladores. También evita el armado, prueba y embarque completos por parte del fabricante y que las unidades tengan pocos requisitos de instalación. Como resultado, se ha tendido hacia el uso de más equipo tipo paquete enfriado por agua para sistemas más pequeños, y usar torres de enfriamiento de agua cuando se deben disipar mayores cantidades de calor. El funcionamiento de los condensadores, depende de diversos factores que tenemos que considerar tales como:

- **La carga del condensador**

El calor total rechazado en el condensador incluye tanto el calor absorbido en el evaporador como la energía equivalente del trabajo de compresión. Cualquier sobrecalentamiento absorbido por el vapor de succión del aire de los alrededores, también forma parte de la carga del condensador. Debido a que el trabajo de compresión por unidad de capacidad refrigerante depende de la relación de compresión, la cantidad de calor rechazado en el condensador por unidad de capacidad refrigerante varía con las condiciones de operación del sistema. El calor de compresión varía con el diseño del compresor y es mayor para un compresor hermético con enfriamiento en la succión que para un compresor tipo abierto, debido al calor adicional del motor absorbido por el gas refrigerante.

- **Transferencia de calor**

La transferencia de calor puede ser medida en BTU / minuto por cada tonelada de refrigeración (12000 BTU/HR) producidas en el evaporador. La cantidad de agua requerida por cada tonelada de refrigeración producida en el evaporador puede calcularse de la siguiente forma

$$\dot{V} = Q / 8.33 (t_1 - t_2)$$

donde:

$\dot{V}$  = flujo de agua en galones por minuto por tonelada de refrigeración

Q = calor transferido por el condensador en BTU por minuto por tonelada

$t_1$  = temperatura a la que entra el agua al condensador

$t_2$  = temperatura a la que sale el agua del condensador

8.33 = densidad de un galón de agua

- **Velocidad y cantidad de aire**

Existe una relación definida entre el tamaño del condensador y la cantidad de aire que debe circular por él. Una buena norma es; la velocidad del aire debe ser la mínima que produzca flujo turbulento y un alto coeficiente de transferencia, al aumentar la velocidad del aire a un valor más alto causará una caída de presión a través del condensador incrementando los requerimientos de potencia del ventilador.

$$\text{Velocidad del aire (pies /min)} = \frac{\text{cantidad de aire (pies}^3 \text{ / min)}}{\text{área del frente (pies}^2\text{)}}$$

Haremos mención de los condensadores más utilizados en la industria, para conocer de mejor manera el funcionamiento de cada uno de ellos.

- **Condensadores enfriados por agua**

Los condensadores enfriados por agua son más eficientes que los condensadores enfriados por aire, se emplean generalmente en las instalaciones industriales o en los lugares donde el aire del ambiente contiene gran cantidad de contaminantes como por ejemplo el polvo y aceite, los cuales pueden interferir fácilmente con la transferencia de calor. Las principales ventajas que poseen son; gran capacidad y no necesitan ser instalados en

lugares que posean mucha ventilación. El principal problema que presentan es la formación de incrustaciones lo que interfiere en la transferencia de calor. Están formados por un depósito cilíndrico de acero con tapaderas atornilladas o soldadas en sus extremos, en el interior del depósito se encuentran instaladas una gran cantidad de tuberías de cobre. El refrigerante circula en el interior del depósito mientras que el agua de enfriamiento circula en el interior de las tuberías, a medida que el agua circula a contracorriente condensa el refrigerante contenido en el depósito. Es preferible la utilización de condensadores enfriados por agua con tapaderas atornilladas, debido a que se pueden retirar fácilmente simplificando el proceso de mantenimiento y eliminación de incrustaciones.

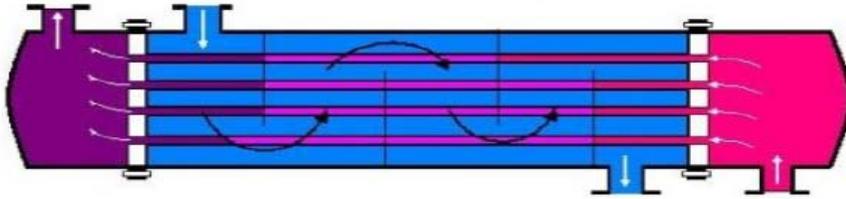
Dentro de estos condensadores hay varios tipos, como los de tubo y carcasa en forma vertical, los de tubos y carcasa en forma horizontal, de doble tubo y los atmosféricos. La selección de alguno de estos tipos dependerá de factores como: carga de enfriamiento, refrigerante que se usará, fuente de agua de enfriamiento, localización física del condensador, requerimiento de presión de operación.

**Figura 10. Condensador enfriado por agua**



Fuente: [www.refrin.com.ar/Contenido/Equipamiento/Refrigeracion/condevvert.htm](http://www.refrin.com.ar/Contenido/Equipamiento/Refrigeracion/condevvert.htm)

**Figura 11. Esquema de condensador enfriado por agua**

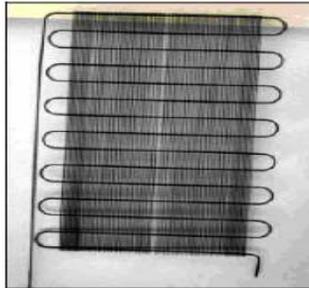


Fuente: [www.natec-ingenieros.com/i+d.html](http://www.natec-ingenieros.com/i+d.html)

#### ▪ **Condensadores enfriados por aire**

Los condensadores enfriados por aire son utilizados específicamente para unidades de refrigeración comercial y domiciliar, utilizan como agente para la condensación del refrigerante el aire del ambiente. La circulación por aire determina el tipo de condensador utilizado, puede utilizarse de forma natural y forzada. En los condensadores de aire por circulación natural, el flujo de aire se realiza por convección natural, se utilizan en unidades de poca capacidad generalmente de tipo doméstico. Están conformados por un serpentín al cual se le agregan una serie de varillas de acero en todo su recorrido. La finalidad de las varillas de acero es aumentar la superficie de contacto con el aire, se instalan en la parte externa de los equipos. El proceso de convección se realiza de la siguiente manera: el aire caliente por ser menos denso que el fresco, sube y su lugar es ocupado por aire fresco, éste a su vez se calienta y se eleva produciéndose de esta manera circulación natural de aire en la superficie condensador, extrayendo de esta manera el calor por convección natural.

**Figura 12. Condensador de aire de circulación natural**



Fuente: [www.persano.com](http://www.persano.com)

Los condensadores de aire forzado se utilizan en las instalaciones de refrigeración comercial e industrial, el serpentín esta hecho de tuberías de cobre con aletas de aluminio para aumentar la superficie de transferencia de calor logrando de esta forma aumentar su eficiencia y reducir sus dimensiones, la circulación de aire forzada se realiza por medio de ventiladores acoplados directamente en los condensadores junto al compresor, pueden ir acoplados sobre una misma base con el compresor formando la unidad condensadora o también se pueden montar a distancia en los exteriores de los edificios, buscando condiciones más favorables para la liberación de calor al ambiente. Los condensadores de aire forzado pueden ser de tipo horizontal y vertical dependiendo la posición de los ventiladores.

**Figura 13. Condensador de aire forzado tipo horizontal**



Fuent: [www.frigicoll.es](http://www.frigicoll.es)

**Figura 14. Condensador de aire forzado de tipo vertical**



Fuente: [www.carrier.es/producto](http://www.carrier.es/producto)

Igual que con los evaporadores, el condensador es una superficie de transferencia de calor. El calor del vapor refrigerante caliente pasa a través de las paredes del condensador para su condensación, como resultado de su pérdida de calor hacia el medio condensante, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido. Aún cuando la salmuera o algunos refrigerantes de expansión directa se les usa como medios condensantes en aplicaciones de baja temperatura, en general, para la mayoría de los casos, el medio condensante empleado es aire o agua o una combinación de ambos.

Los condensadores son de tres tipos generales: enfriados por agua,

enfriados por aire y los evaporativos.

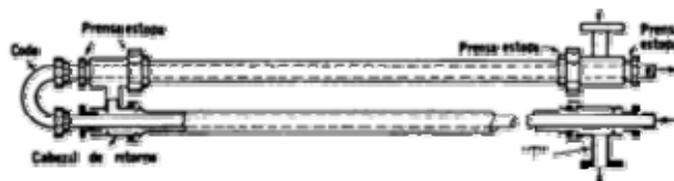
- **Condensadores de tubos y carcasa**

Estos condensadores son similares a los evaporadores de tubos y carcasa, dentro de un cilindro de acero está dispuesta una tubería por donde circula el refrigerante y por fuera de ellos circulan agua de enfriamiento que absorbe el calor del refrigerante. Estos condensadores están disponibles desde dos toneladas hasta varios cientos o más toneladas. El diámetro de los cilindros varía desde aproximadamente cuatro a 60 pulg. y de tres a 20 pies de largo. El número y diámetro de los tubos dependen del tamaño del cilindro, siendo comunes diámetros de 5/8 hasta dos pulgadas y el número de estos oscila entre unos 10 hasta mil o más.

- **Condensadores de doble tubo**

El de doble tubo consiste en dos tubos dispuestos de tal forma que uno queda dentro del otro, el agua pasa a través del tubo interno, mientras que el refrigerante fluye en dirección contraria. Siempre es deseable tener a los fluidos en contra-flujo, esto para cualquier cambiador de calor, ya que con esto se tiene diferencia de temperatura entre los fluidos.

**Figura 15. Intercambiador de doble tubo**



**Intercambiador de Doble Tubo**

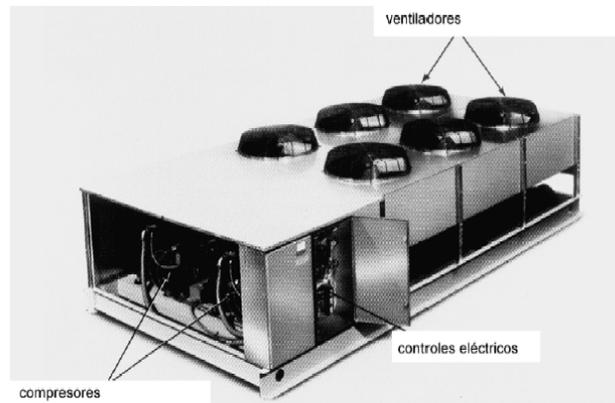
- **Condensadores enfriados con aire**

La circulación de aire sobre un condensador de este tipo puede ser por convección natural o forzada. Los condensadores enfriados con aire forzado utilizan uno o varios ventiladores para forzar el aire a través de los tubos del condensador, de este tipo existen dos categorías que son: el tipo paquete y el remoto.

- **Tipo paquete**

Éste condensador se encuentra instalado sobre la misma estructura del compresor y a este paquete suele llamarse la unidad condensadora.

**Figura 16. Unidad condensadora, condensador enfriado con aire**



Fuente: *Modern refrigeration and air conditioning*, Althouse, Turnquist, Bracciano.

- **Tipo remoto**

Éste tipo de condensador está instalado por separado de la unidad compresora debido a su tamaño, pero generalmente no debe quedar muy

retirado del compresor, ya que esto ocasiona caídas de presión y un aumento de los HP requeridos por el equipo. Estos condensadores están disponibles en gran variedad de diseños y capacidades que pueden variar desde uno hasta 100 toneladas o más.

### **1.3.6 Evaporadores**

El evaporador o serpentín de enfriamiento es la parte del sistema de refrigeración donde se retira el calor del producto que puede ser aire, agua o cualquier otra cosa que quiera refrigerarse. Cuando el refrigerante líquido empieza a entrar al evaporador comienza el proceso de absorción de calor, en el mismo momento el refrigerante empieza a hervir y se vaporiza. El evaporador es la parte del sistema de refrigeración en el cual el refrigerante se vaporiza para producir refrigeración. En general un evaporador es una superficie de transferencia de calor en el cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado.

Debido a muchas y diversas aplicaciones de la refrigeración mecánica, los evaporadores se fabrican en una gran variedad de tipos, formas, tamaños y diseños, se pueden clasificar de diferentes maneras, tales como tipo de construcción, método de alimentación de refrigerante, condiciones de operación, método de circulación de aire o líquido, tipo de control del refrigerante y por sus aplicaciones. Hay ciertos criterios para el diseño o selección de un determinado tipo de evaporador para alguna aplicación específica, dentro de los que podemos mencionar:

- La razón de transferencia de calor a través de la superficie del evaporador.

- La forma en que atraviesa el agua.
- Seguridad.
- Porcentaje de pérdida de refrigerante por posibles fugas.
- Capacidad para que pueda retornar el aceite arrastrado por el refrigerante hacia el compresor.
- Grado en que se ensucia la superficie del evaporador.
- Corrosión.
- Características de espacio y peso.
- Posibilidad de congelamiento del medio que se está enfriando.
- Pérdida de presión del agua o salmuera al atravesar el evaporador.
- Costo.

- **Métodos de alimentación de refrigerante**

Los evaporadores pueden ser clasificados por el método de alimentación de refrigerante líquido como: expansión seca, inundados o líquido sobre alimentado. Con el método de expansión seca, la cantidad de líquido refrigerante alimentado al evaporador está limitada a la cantidad que pueda ser completamente vaporizado durante el tiempo de llegada hasta la salida del evaporador, de tal manera que sólo llegue vapor a la entrada del compresor, generalmente se utiliza una válvula de expansión termostática para controlar el flujo de refrigerante. Los evaporadores completamente inundados trabajan con refrigerante líquido, con lo cual se llenan por completo a fin de tener humedecida toda la superficie interior de los tubos y en consecuencia la mayor transferencia de calor posible.

El evaporador inundado está equipado con un acumulador o colector de vapor que sirve como receptor de líquido, desde el cual el refrigerante líquido circula por gravedad a través de los circuitos del evaporador. El nivel de líquido se mantiene más bajo o más alto mediante un control de flotador y, el vapor generado por la acción de ebullición del refrigerante en los tubos se separa del líquido en la parte superior del acumulador, de donde es sacado directamente a través de la línea de succión con el gas que se forma como consecuencia de la reducción de presión del refrigerante desde la presión del condensador hasta la presión del evaporador. El funcionamiento de los evaporadores, depende en gran parte de la clase de Evaporador que sea. Para poder entender lo mejor, se hace una descripción de los tipos más comunes de Evaporadores.

### **1.3.7 Funcionamiento**

- **Enfriadores de tubo y carcasa (acorazados)**

Los enfriadores acorazados tienen una eficiencia relativamente alta, requieren un mínimo espacio en el piso y poca altura del lugar donde estén alojados, su mantenimiento es sencillo y fácilmente se adaptan a casi todos los casos de enfriamiento de líquidos.

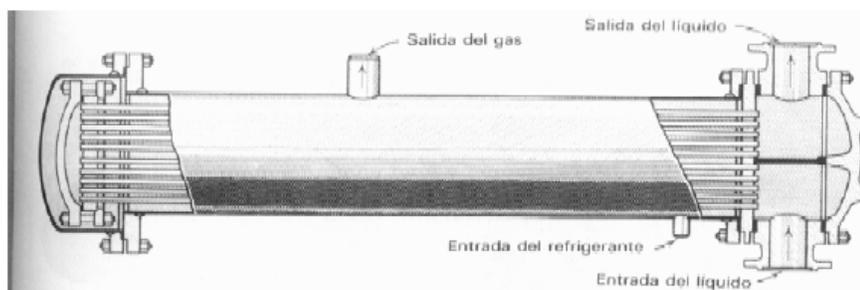
Estos enfriadores se adaptan a usar evaporadores de expansión seca o inundados. Estos enfriadores consisten en un tanque cilíndrico de acero en el cual se tienen determinados números de tubos. Cuando el enfriador trabaja a expansión seca, el refrigerante pasa por el interior de los tubos y el agua o líquido a enfriar fluye por el exterior de los tubos y en forma contraria cuando el evaporador es tipo inundado. El rango de diámetros usados en los cascos o

tanques de los enfriadores tipo acorazados es de seis a 60 pulgadas y el número de tubos varía desde unos 50 a varios miles dependiendo de la capacidad.

- **Enfriador con evaporador inundado tipo tubo y carcasa**

El evaporador inundado es aquel en el cual el refrigerante líquido se vaporiza sobre el exterior de los tubos los cuales están encerrados en una carcasa metálica. Los tubos de estos evaporadores pueden estar dispuestos en forma recta o curva. El número y tamaño de los tubos por pasada determinan la velocidad del líquido que atraviesa este intercambiador, esta velocidad oscila generalmente entre tres y 10 pies por segundo. La siguiente figura ilustra un evaporador típico de tubos inundados.

**Figura 17. Enfriador acorazado con evaporador tipo inundado**



Fuente: Principios de refrigeración de Roy Dossat.

Los métodos para alimentación de refrigerante a un evaporador sumergido (inundado), deben controlar el nivel de refrigerante líquido dentro del evaporador, puede utilizarse una válvula de flote en la succión, una válvula de flote en el lado de alta presión del sistema, una válvula de expansión de presión

constante, una combinación de un *switch* de flote con una válvula solenoide, o algún medio que restrinja el paso de refrigerante líquido.

- **Evaporador tipo spray**

Un tipo spray es similar al inundado de tubo y carcasa, excepto que el refrigerante líquido está circulando continuamente por las boquillas de unos spray localizadas en los tubos superiores. Ninguno de los tubos está sumergido dentro del líquido. La cantidad de refrigerante circulando es usualmente tres o cuatro veces la cantidad que se evapora de acuerdo con la totalidad del área de la superficie húmeda. El evaporador tipo spray es especialmente utilizado para temperaturas muy bajas.

Las principales ventajas de este tipo de enfriador son su alta eficiencia y carga de refrigerante relativamente pequeña. Las desventajas son su alto costo de instalación y la necesidad de una bomba para recircular el líquido.

**Figura 18. Evaporador tipo *spray***

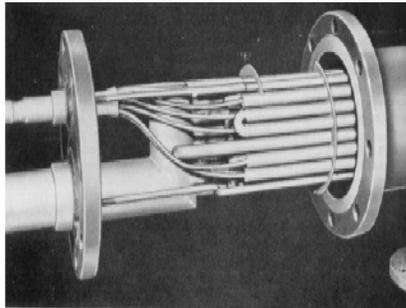


- **Enfriador con evaporador tipo expansión seca**

En el enfriador con expansión seca el refrigerante se expande dentro de los tubos y se vaporiza completamente antes de regresar al compresor. El líquido (agua por ejemplo), fluye por encima de los tubos que es el lugar donde se da la transferencia de calor.

Se usa generalmente una válvula de expansión termostática para controlar el paso de refrigerante líquido al evaporador y controlar una condición de sobrecalentamiento al refrigerante al salir de éste. La expansión seca se usa mucho en equipos de 150 toneladas o menos. En la siguiente ilustración podemos observar un enfriador acorazado que utiliza un evaporador tipo expansión seca. El agua circula sobre los tubos por los que en el interior atraviesa el refrigerante líquido evaporándose.

**Figura 19. Enfriador con evaporador tipo expansión seca**



Fuente: Principios de refrigeración de Roy Dossat.

Los evaporadores al igual que los condensadores son elementos intercambiadores de calor que consisten en recipientes metálicos, que proporcionan la superficie necesaria para realizar la transferencia de calor, absorbiendo el calor necesario del medio que se desea enfriar para la

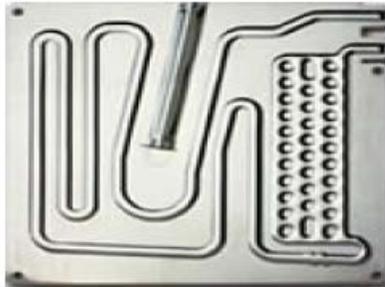
evaporación del refrigerante.

Los principales evaporadores que se utilizan en la refrigeración son: los evaporadores de placa, de aire forzado y multitubulares los cuales se explicaran a continuación.

- **Evaporadores de placa**

Se construyen con dos placas de aluminio acanaladas, soldadas entre sí, formando tuberías en las cuales fluye el refrigerante para ser evaporado. Este tipo de evaporadores son muy utilizados en los equipos de refrigeración doméstica, su utilización en equipos de refrigeración comercial e industrial es muy limitado.

**Figura 20. Evaporador de placa**



Fuente: [www.imat.it/spa/evaporadores\\_rollbond.html](http://www.imat.it/spa/evaporadores_rollbond.html)

- **Evaporadores de aire forzado**

Están contruidos de tubería de cobre con aletas rectangulares adheridas de latón, cobre o aluminio, como en el caso de los condensadores, las aletas se utilizan para aumentar la superficie utilizada en la transferencia de

calor y de esta forma aumentar la eficiencia y reducir las dimensiones del componente, el evaporador absorbe el calor del aire de los alrededores y trasladarlo a la tubería del serpentín, el evaporador aletado se encuentra instalado dentro de una estructura metálica junto con un ventilador que es el encargado de crear una circulación de aire forzado, aumentado de esta manera considerablemente la absorción de calor por consiguiente mejora la eficiencia del equipo. La ventaja principal de los evaporadores de ventilación forzada sobre los de ventilación natural es que son de mayor capacidad y las temperaturas del área almacenamiento son más uniformes.

**Figura 21. Evaporador de aire forzado**

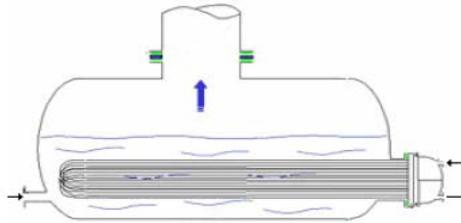


Fuente: [www.heatcraftbrasil.com](http://www.heatcraftbrasil.com)

- **Evaporadores multitubulares**

Este tipo de evaporadores se utilizan en el área de refrigeración industrial generalmente para el enfriamiento de líquidos, como por ejemplo, en las fábricas de bebidas gaseosas, por ésta razón se describirá brevemente. Están formados por un cilindro de acero que en su interior se encuentra un conjunto de tuberías, en las tuberías circula el refrigerante a evaporar y en el recipiente cilíndrico circula el líquido que se desea enfriar. El dispositivo de expansión se encuentra instalado en la entrada de alimentación del refrigerante.

**Figura 22. Evaporador multitubular**



Fuente: [www.gore.com/e\\_gask\\_s600\\_case\\_hist.html](http://www.gore.com/e_gask_s600_case_hist.html)

### **1.3.8 Controladores de flujo**

El siguiente componente fundamental en el ciclo de refrigeración es el control de flujo de refrigerante. Hay seis tipos básicos de válvulas o controles para control del flujo de refrigerante:

- Válvula de expansión manual.
- Válvula de expansión automática.
- Válvula de expansión termostática.
- Válvula de expansión termostática con tubo igualador.
- El tubo capilar.

Independientemente del tipo, la función de cualquier control de flujo de refrigerante es doble:

- Medir el refrigerante líquido en la tubería del líquido que va hacia el evaporador con una rapidez que sea proporcional a la cual está ocurriendo la vaporización en esta última unidad.
- Mantener un diferencial de presión entre los lados de alta y baja presión

del sistema, a fin de permitir vaporizar el refrigerante bajo condiciones de baja presión deseadas en el evaporador.

- **Válvula de expansión manual**

Estas son válvulas de aguja, operadas manualmente. La razón de flujo de líquido a través de la válvula depende del diferencial de presión a través del orificio de la válvula y el grado de abertura de la válvula, esta última ajustada manualmente. La principal desventaja de ésta es que no responde a los cambios de la carga del sistema y si se deben hacer ajustes, se hacen manualmente.

Esta válvula se usa en equipos donde se requiere una carga constante, o bien, como *by pass* de válvulas automáticas. La construcción de la válvula es similar a una válvula de aguja.

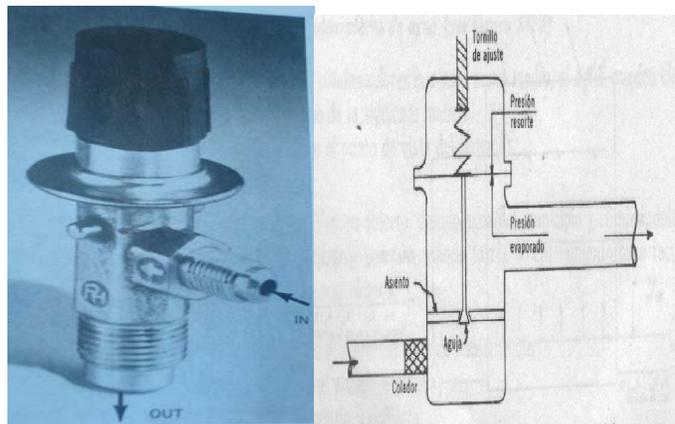
**Figura 23. Válvula de expansión manual**



- **Válvula de expansión automática**

También llamada de presión constante, mantiene una presión constante en el evaporador mientras el compresor está en operación. En esta válvula con diafragma, la presión en el evaporador efectúa el movimiento del diafragma, al cual está sujeto el conjunto de aguja. La condición de estabilidad en el flujo de refrigerante y evaporación es necesaria para la correcta operación de la válvula, como con la anterior válvula que describimos su uso se limita a condiciones de carga más o menos constantes en el evaporador. Cuando la presión aumenta en el evaporador, esta presión vence el resorte y cierra la aguja. Asimismo, al bajar la presión, el resorte se expande y abre la aguja, lo cual permite el paso del refrigerante al evaporador.

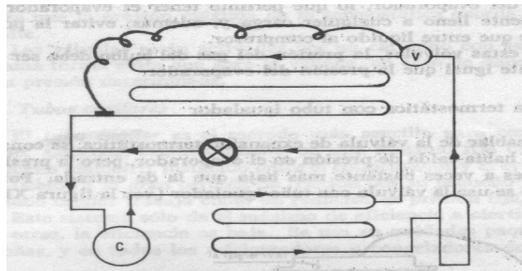
**Figura 24. Válvula de expansión automática**



Fuente: Hernández, *Op. Cit.*, P. 400.

La válvula automática de expansión proporciona baja eficiencia en el evaporador; por lo cual, generalmente, se usa en equipos pequeños.

**Figura 25. Válvula de expansión automática usada como *by pass***



Fuente: *Ibíd.*, P. 401.

A veces se instala como *by pass* entre el condensador y la línea de succión, para que la presión del evaporador no baje de cierto mínimo. Mientras el evaporador trabaje por arriba del valor fijado como mínimo, la válvula permanece cerrada, y viceversa (ver figura 25).

- **Válvula de expansión termostática (TEV)**

Debido a su alta eficiencia y a lo fácil de adaptarse a cualquier sistema de refrigeración, esta válvula es la que más ampliamente se utiliza en muchas aplicaciones de la refrigeración, como lo son los equipos *chillers* para aire acondicionado. Esta válvula se basa en mantener un grado constante de sobrecalentamiento de la succión en la salida del evaporador, circunstancia que permite mantener al evaporador completamente lleno de refrigerante bajo las

condiciones de carga del sistema, sin peligro de derramar líquido dentro de la tubería de succión. Por lo anterior, esta válvula es prácticamente adecuada para el control del refrigerante en sistemas que están sujetos a variaciones grandes y frecuentes de la carga.

La característica de operación de la válvula de expansión termostática resulta de la interacción de tres fuerzas independientes:

- 1- Presión del evaporador.
- 2- Presión ejercida por el resorte.
- 3- Presión ejercida por la mezcla de líquido vapor que se tiene en el bulbo remoto.

En la mayoría de los casos, el líquido que utilizan los bulbos de las válvulas de expansión es el mismo refrigerante que se utiliza en el sistema, razón por la cual, cuando se compra una válvula de expansión termostática hay que especificar para que refrigerante se requiere.

El bulbo está puesto firmemente al tubo de la salida del evaporador, donde responderá a los cambios de temperatura que el vapor refrigerante tenga en dicho punto; estos dos puntos se puede decir que se encuentran a la misma temperatura, por lo que se puede asumir que la presión ejercida por el fluido en el bulbo siempre será igual a la presión de saturación de la mezcla líquido vapor en el bulbo correspondiente a la temperatura del vapor en el tubo de la succión en el punto de contacto con el bulbo.

## Otras Consideraciones sobre las TEV

- *Flash gas*

El término *flash gas* indica la porción de refrigerante que se evapora instantáneamente (“*flashes*”) cuando atraviesa la válvula de expansión. La vaporización instantánea del refrigerante líquido es lo que provoca la baja temperatura del líquido que entra al evaporador.

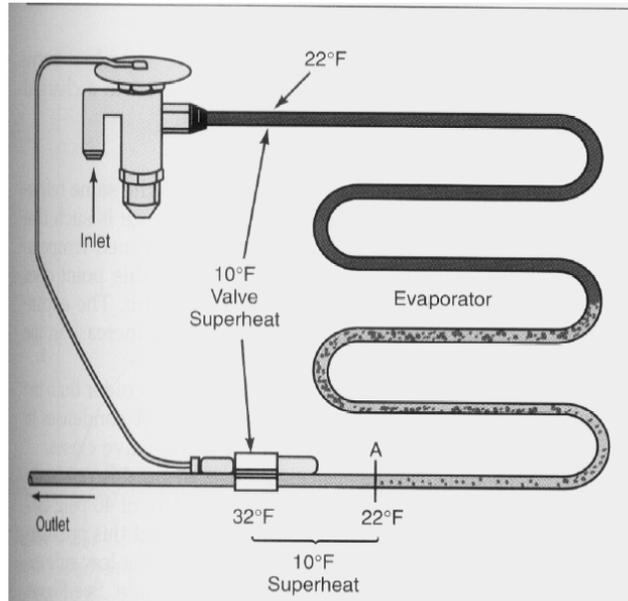
La cantidad de *flash gas* depende de la temperatura del refrigerante en la línea de líquido y la presión dentro del evaporador. El *flash gas* reduce la capacidad de la válvula.

Un método para reducir el flash gas es disminuyendo la temperatura del refrigerante líquido que viene del condensador y aumentando la del vapor que sale del evaporador y entra al compresor. Esto puede lograrse usando un intercambiador de calor entre ambos o simplemente teniendo en contacto físico ambas tuberías.

- Sobrecalentamiento (*superheat*)

El término sobrecalentamiento cuando se usa una válvula de expansión termostática se refiere a la diferencia de temperatura entre el vapor en el lado de baja presión y el fluido dentro del bulbo de la válvula. Un sistema ajustado para operar a un sobrecalentamiento normal de 10° F se muestra a continuación, figura 26.

**Figura 26. Esquema del sobrecalentamiento *superheat* con una TEV**



Fuente: *Modern refrigeration and air conditioning*, Althouse, Turnquist, Bracciano.

Entonces el vapor que sale del evaporador, lugar donde se fijó el bulbo de la válvula de expansión, se encuentra sobrecalentado 10 grados sobre la temperatura de saturación del refrigerante dentro del evaporador. Con este *superheat* se logra mantener refrigerante líquido solamente dentro del evaporador y que no llegue al compresor.

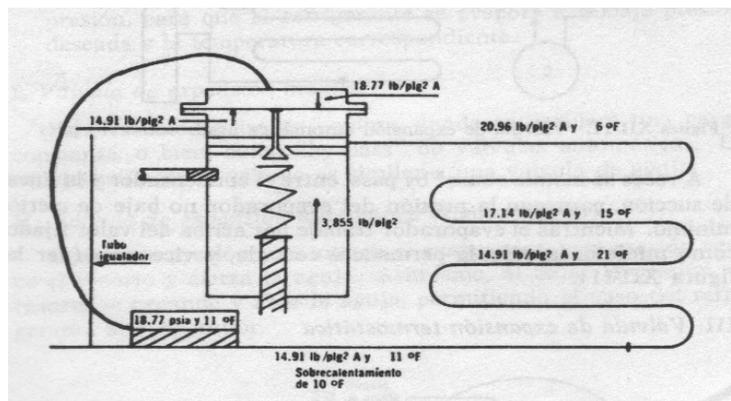
- **Válvula de expansión termostática con tubo igualador**

Por su gran eficiencia y adaptabilidad para cualquier aplicación, es el dispositivo de control que más se usa (ver figura 27). Su función es mantener

un sobrecalentamiento constante en la salida del evaporador, lo que permite tener el evaporador completamente lleno a cualquier carga y, además, evitar la posibilidad de que entre líquido en el compresor. En estas válvulas, la presión del gas del bulbo debe ser sensiblemente igual que la presión del evaporador.

Al hablar de la válvula de expansión termostática, se consideró que no había caída de presión en el evaporador, pero la presión de salida es a veces bastante más baja que la de entrada. Por este motivo se usa la válvula con tubo igualador (ver figura 27).

**Figura 27. Válvula termostática con tubo igualador**



En el caso de la figura 27, la presión del evaporador cae a  $14.91 \text{ lb/plg}^2$  y la temperatura de sobrecalentamiento será  $-11^\circ\text{F}$  ( $10^\circ\text{F}$  de sobrecalentamiento). Por lo tanto, la presión de saturación correspondiente a  $-11^\circ\text{F}$  será de  $18.765 \text{ lb/plg}^2$  que es la presión que debe tener el bulbo de control. El tubo igualador tiene  $14.91 \text{ lb/plg}^2$ ; por lo tanto, el resorte tendrá  $18.765 - 14.91 = 3.855 \text{ lb/plg}^2$ . El tubo igualador se usa cuando la caída de presión en el evaporador es muy considerable.

Además de la termostática, se utiliza un limitador de presión que evita que la presión máxima de la termostática exceda de cierto límite. Las válvulas están activadas por un cartucho con gas que, en alguna forma evita que abra la válvula, en caso de haber llegado a la presión determinada.

- **Tubos capilares**

Este es un sistema muy elemental de control de flujos. El aparato consiste esencialmente en un tubo largo de diámetro pequeño, el cual ejerce control por imposición de una restricción al flujo.

El tubo capilar es el método más sencillo para controlar el flujo. Consiste, exclusivamente, en una longitud fija de tubo de pequeño diámetro, instalado entre el condensador y el evaporador.

Debido a la gran pérdida de fricción por su pequeño diámetro, el tubo capilar funciona como un reductor de presión fija.

Este sistema sólo da el máximo de eficiencia a ciertas cargas; en otras, la eficiencia es baja. Se usa en unidades paquete y pequeñas, y en todos los refrigeradores y congeladores domésticos.

### **1.3.9 Aparatos para controlar flujo**

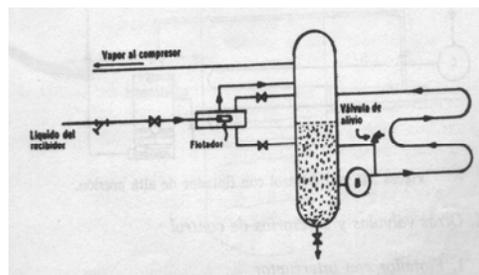
- **Control flotante**

Este aparato, es usado en algunos evaporadores sumergidos, tiene un flotador dentro del refrigerante. Al aumentar o disminuir el nivel, el flotador sube o baja ajustando una válvula la cual controla el flujo del líquido.

- **Control con flotador de baja presión**

El control por medio de flotador, por lo general, se usa en los sistemas inundados. La principal ventaja del evaporador inundado es la alta capacidad y eficiencia. La entrada del líquido puede ser continua o intermitente. El flotador puede instalarse directamente en el evaporador, en el acumulador, o bien, en una cámara controladora del nivel (figura 28). Se llama flotador de baja presión porque controla el nivel en el evaporador, o sea, del lado de baja presión.

**Figura 28. Control de flotador de baja presión**



Fuente: Hernández, *Op. Cit.*, P. 403.

- **Control de nivel con válvula termostática**

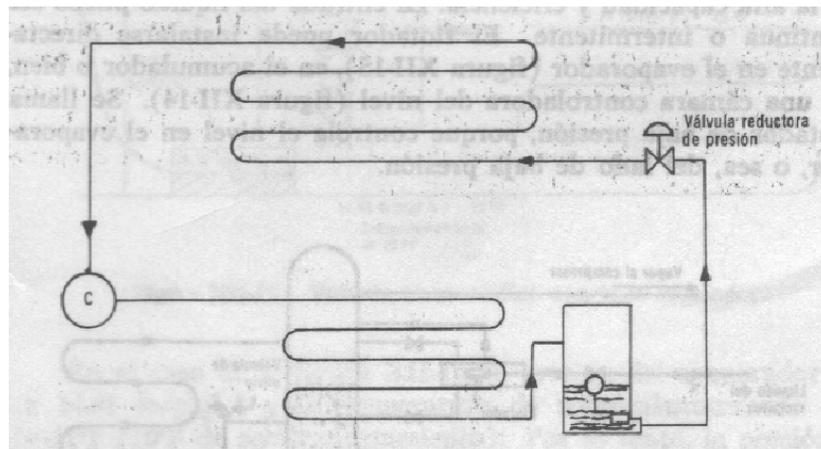
El controlador consiste en una resistencia eléctrica que sobrecalienta el vapor que está en el interior del mismo controlador. Cuando el nivel aumenta, el vapor se enfría y acciona una válvula termostática que evita o permite el paso del refrigerante.

- **Control con flotador de alta presión**

El control con flotador de alta presión se lleva a cabo después del

condensador por medio de un flotador que, conforme sube el nivel, abre la válvula (figura 29). Se llama flotador de alta presión porque el nivel se controla en el lado de alta presión.

**Figura 29. Control de flotador de alta presión**



Fuente: *Ibíd.*, P. 404.

### 1.3.10 Componentes auxiliares

- **Manómetros.**

Son usados para determinar las condiciones de presión y temperatura dentro de un sistema de refrigeración. Existen dos tipos de manómetros utilizados en la industria de la refrigeración, siendo:

- **Manómetros compuestos.**

Es de color azul, se utiliza para medir presiones y temperaturas en el lado de baja presión en el sistema, posee una escala que desde 0 – 250 psi;

además está compuesto por la escala de vacío que mide presiones por debajo de la atmosférica desde 0 a 30 pulgadas de mercurio.

- **Manómetros de alta.**

Es de color rojo se utiliza para medir presiones y temperaturas en el lado de alta presión en el sistema, posee una escala que va desde los 0 – 500 psi.

- **Válvulas de servicio.**

Para facilitar tanto la recarga como la recuperación de los fluidos refrigerantes, deberán proveerse accesos bien ubicados, dimensionados y sellados. A estos accesos le llamaremos válvulas de servicio en un sistema de refrigeración y se deberán seguir las siguientes reglas:

- Durante las reparaciones que impliquen modificaciones en el diseño original.
- Después de cualquier actividad que implique la recuperación de la totalidad del refrigerante.

Para la colocación de estas válvulas es conveniente verificar que:

- El acceso o válvula sea permanente y con tapón hermético exterior.
- Se ubican estos accesos tanto, en el lado de alta presión como en el lado de baja presión, para hacer recuperación tanto en fase líquida como vapor.

Tipos de válvulas de servicio:

- Válvula soldable.
- Válvula de pinchar ó de abrazadera ajustable.
- Válvula de tipo vástago.

Localización de las válvulas de servicio:

Es común localizar estos accesos en un sistema de refrigeración así:

- En la succión del compresor.
- En la descarga del compresor.
- En el recibidor de líquido refrigerante.

## **1.4 Refrigerantes**

### **1.4.1 Definición**

Un refrigerante es cualquier sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo, para trasladarlo y liberarlo en un lugar donde no afecte.

- Descripción de los refrigerantes: refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra, como el hielo, el agua, el aire, la salmuera, etc. En este trabajo se tratarán solamente aquellos que se puedan adaptar a la

refrigeración mecánica. Como la refrigeración mecánica se basa en la evaporación y la subsiguiente condensación del fluido para absorber y disipar el calor, el refrigerante debe poseer tales características físicas para que se pueda repetir en ella la transformación de líquido en gas y de gas en líquido.

- Se requiere también que las transformaciones se realicen a la temperatura adecuada para los diferentes servicios, y a la presión conveniente y apropiada a la economía, diseño, construcción y operación de los equipos. Además de las características físicas, se deben tomar en cuenta otros factores como son: las propiedades termodinámicas, químicas, de seguridad, económicas, etcétera.
- Efecto de refrigeración: el efecto de refrigeración de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra en el evaporador como líquido, hasta que sale como vapor. Por lo tanto, los líquidos que poseen un alto calor latente de evaporación poseen un buen efecto de refrigeración. Se puede decir, por lo anterior, que el efecto de refrigeración es la diferencia entre el calor que contiene el líquido y el calor contenido en el vapor después de pasar por el evaporador.
- Punto de ebullición: el punto de ebullición de un refrigerante a la presión atmosférica es básico al escoger el equipo requerido y el tipo de servicio para el que se va a usar.
- **Propiedades de los refrigerantes**

Para obtener un funcionamiento adecuado de los equipos de

refrigeración, los refrigerantes que se utilizan deben reunir las siguientes características:

- Poseer un alto calor latente de ebullición, debido a que mientras mayor sea el calor latente de evaporación del líquido refrigerante, mayor será la cantidad de calor que absorberá en el proceso de evaporación, empleando la menor cantidad posible de refrigerante en el proceso.
- El punto de ebullición tiene que ser lo suficientemente baja para que sea siempre inferior a la temperatura de los cuerpos que se desean enfriar.
- Baja presión de condensación, lo que permite licuar rápidamente el refrigerante a las presiones de trabajo normales, si se necesitara una alta presión para condensarlo el compresor debería hacer un mayor trabajo.
- No tiene que afectar las propiedades del aceite lubricante, debido a que el aceite lubricante es muy importante para la lubricación de los compresores.
- El refrigerante no debe ser inflamable.
- Es un factor de gran importancia el efecto que los refrigerantes puedan tener sobre los metales, por ejemplo el refrigerante R-717 no puede ser utilizado con el cobre debido a que esta hecho de amoniaco el cual deteriora rápidamente las tuberías de cobre.
- Se debe seleccionar un refrigerante que sea lo menos tóxico posible, para que no sea dañino para el cuerpo humano y no contamine los productos almacenadas en caso de fuga.

- La composición química del refrigerante seleccionado debe permitir una fácil localización en el momento que se produzcan fugas en el sistema de refrigeración.
- Finalmente es de mucha importancia que el refrigerante seleccionado tenga el costo más bajo posible con una calidad aceptable y sea de fácil disponibilidad en el mercado.

#### **1.4.2 Clasificación**

Los refrigerantes se pueden clasificar según sus temperaturas. Así, los refrigerantes en uso se clasifican como sigue:

- **Refrigerantes de baja presión y alta temperatura**

Se utiliza en el aire acondicionado de teatros, edificios de oficinas, auditorios, fábricas, suministro de agua fría en fábricas, equipo de enfriamiento, destilación, cambiadores de calor, etcétera.

Refrigerantes:

- Freón 113
- Freón 11 (Carrene 2)

- Dicloroetano (Dielene)
- Tricloroetano (Trielene)
- Clorometano (Carrene 1)
- Agua

- **Refrigerantes de alta presión y baja temperatura**

Se utiliza en la industria de cremerías, plantas con almacenamiento en frío, cervecerías, fábricas de helados.

Se utiliza en área doméstica y comercial congeladores.

Refrigerantes:

- Amoníaco
- Dióxido de carbono
- Freón 22
- Propano
- Kulene 131

- **Refrigerantes de muy alta presión y muy baja temperatura**

Se utiliza en la industria de túneles de viento aerodinámicos, metalurgia,

licuefacción de gases.

Refrigerantes:

- Eteno
- Etano
- Freones 13 y 24
- **Refrigerantes secundarios**

Algunos de los refrigerantes secundarios más usados son:

- Agua
- Cloruro de calcio
- Cloruro de sodio
- Eteno
- Glicol etilénico
- Metano
- Glicerina

**Agua:** en la mayoría de los casos, cuando la temperatura no baja de 32<sup>0</sup>F, el agua se usa siempre como segundo refrigerante, ya que tiene magníficas propiedades tales como fluidez, alto calor específico, alto coeficiente de película, muy bajo costo y casi no es corrosivo.

En el aire acondicionado, el agua helada circula a través de serpentines o de atomizadores, logrando al mismo tiempo, la humidificación del aire.

**Salmuera:** el agua obviamente no puede emplearse como refrigerante secundario, cuando se requieren temperaturas por debajo del punto de congelación, en cuyo caso se usa la salmuera. La salmuera es solución de sales y agua, si la sal se disuelve en agua, la temperatura de congelamiento de la solución será menor que la del agua pura.

Hasta cierto punto, mientras más sal tenga la solución, menor es el punto de congelación. Sin embargo, si la concentración se aumenta más allá de cierto grado, el punto de congelación aumentará en vez de bajar. En otras palabras, una solución de sal y agua tiene una concentración en la cual es mínimo el punto de congelación. Este punto se llama solución eutéctica.

Las salmueras comerciales son de dos clases: cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$ , cloruro de sodio  $\text{NaCl}$  (sal común).

**Cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ):** el cloruro de calcio se usa en la industria, donde se requieren temperaturas menores de  $0^\circ\text{F}$ ; la temperatura eutéctica aproximadamente es de  $-67^\circ\text{F}$ , que se produce con una concentración de 30 por ciento por peso.

Cuando el cloruro de calcio se usa para alimentos, se diseña de modo que nunca entre en contacto con ellos (métodos de atomización), por su sabor amargo y su efecto deshidratante.

**Cloruro de sodio:** el cloruro de sodio se emplea sobre todo donde, por razones de contaminación, no se usa el cloruro de calcio. Se usa para congelar carne, pescado, etcétera. La mínima temperatura que se obtiene es  $-6^{\circ}\text{F}$  a una concentración del 23 por ciento. Con las salmueras se debe tener en cuenta que, mientras más concentración haya, más disminuirán la fluidez, el calor específico y la conductibilidad térmica. Por esto, a mayores concentraciones se requiere más cantidad de salmuera.

#### ▪ **Anticongelantes**

Los anticongelantes, compuestos solubles en agua, a menudo se usan para bajar el punto de congelación. Los más comunes son:

- Glicol etilénico
- Glicol propilénico
- Metanol (alcohol metílico)
- Glicerina

El glicol propilénico es el que más se usa. El glicol es un refrigerante muy ventajoso, cuyas cualidades son:

- No corrosivo
- No electrolítico
- Estable
- No se evapora a temperaturas normales

Por estas razones, el glicol se prefiere a las salmueras, en la industria cervecera y otras similares.

La industria manufacturera fabrica una gran cantidad de refrigerantes, pero sólo se analizarán tres: el R-12, R-134a y R-404a, debido a que son los que se utilizan en los equipos de refrigeración comercial.

#### ▪ **Refrigerante R-12**

Este compuesto pertenece a la familia de los clorofluorocarbonos CFC, son compuestos totalmente halogenados, es decir que no contienen hidrógeno enlazados a la cadena carbonada. Cada molécula está compuesta de un átomo de carbono, dos de cloro y dos de fluor. Su fórmula química es  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  y su nombre químico diclorodifluorometano. El nombre que se utiliza en la industria de la refrigeración es refrigerante R-12. Es un refrigerante que fue utilizado en el pasado en equipos de refrigeración doméstica y comercial. Es recomendado utilizar como lubricantes de los sistemas de refrigeración que utilicen refrigerante R-12, el aceite mineral debido a su excelente miscibilidad a las presiones y temperaturas de trabajo. No es un gas tóxico, razón por la cual fue el más utilizado en las instalaciones frigoríficas, pero debido a que deteriora la capa de ozono, a causa del cloro que compone esta sustancia, su utilización ha sido restringida, dando como fecha límite para su utilización el año 2014.

Absorbe poco la humedad pero si el R-12 se mezcla con agua forma ácido fluorhídrico, el cual es un ácido altamente corrosivo, dañando componentes del sistema de refrigeración principalmente el compresor y forma

hielo obstruyendo los dispositivos de expansión, por estas causas se recomienda utilizar filtros en el sistema.

- **Refrigerante R-134a**

Éste compuesto pertenece a la familia de los hidrofluorocarbonos (HFC) llamados refrigerantes ecológicos debido a que no posee átomos de cloro en sus moléculas, compuesto responsable del deterioro de la capa de ozono. Su nombre químico es 1, 1, 1,2-tetrafluoroetano y tiene por fórmula química la siguiente  $\text{CH}_2\text{-FCF}_3$ .

Debido a que posee propiedades muy similares al refrigerante R-12 se a implementado como sustituto en las instalaciones de aire acondicionado y refrigeración doméstica y comercial, sus presiones de aspiración y descarga son ligeramente más bajas del R-12.

No es tóxico, ni inflamable y no deteriora la atmósfera, pero tiene muy mala miscibilidad con los aceites minerales utilizados con su antecesor, por lo tanto sólo se pueden emplear aceites a base de éster, se recomiendan aceites POE (polioléster), la miscibilidad es un factor que debe considerarse debido a que garantiza el retorno del aceite al compresor durante el ciclo de refrigeración, los aceites POE son higroscópicos debido a esto no debe exponerse por tiempos prolongados en el aire ambiente y poseen una alta tendencia a arrastrar impurezas del sistema de refrigeración, por lo tanto se debe instalar filtros en el sistema específicamente en el área de aspiración del compresor y antes del dispositivo de expansión.

Debido a que el refrigerante R-134 y los aceites POE absorben más fácilmente la humedad que el refrigerante R-12 y el aceite mineral es importante utilizar filtros de mayor tamaño.

- **Refrigerante R-404a**

El refrigerante R-404a al igual que el R-134a pertenece al grupo de los nuevos refrigerantes hidrofluorocarbonos HFC exentos de cloro, es sustituto del R-502 que es azeotrópico que por contener cloro en su estructura molecular deteriora la capa de ozono.

El R-404a esta compuesto de una mezcla de los refrigerantes R-143a, R-125 y R-134a, todos son compuestos que pertenecen al grupo HFC, la fórmula molecular que corresponde a la mezcla zeótropico es la siguiente:  $\text{CHF}_2\text{CF}_3 / \text{CH}_3\text{CF}_3 / \text{CH}_2\text{FCF}_3$ .

Es utilizado en mostradores refrigerados, cuartos fríos, máquinas de hielo y en el procesamiento de alimentos, etc.

Por las mismas razones que el refrigerante R-134a, debe emplearse aceites POE a base de éster para asegurar que exista miscibilidad entre el refrigerante y el aceite. Debido a la tendencia de los aceites poliéster de absorber la humedad y arrastrar impurezas del sistema de refrigeración, se recomienda la instalación de filtros en el lado de aspiración y antes del dispositivo de expansión.



## **2. PLANTA DE PRODUCCIÓN**

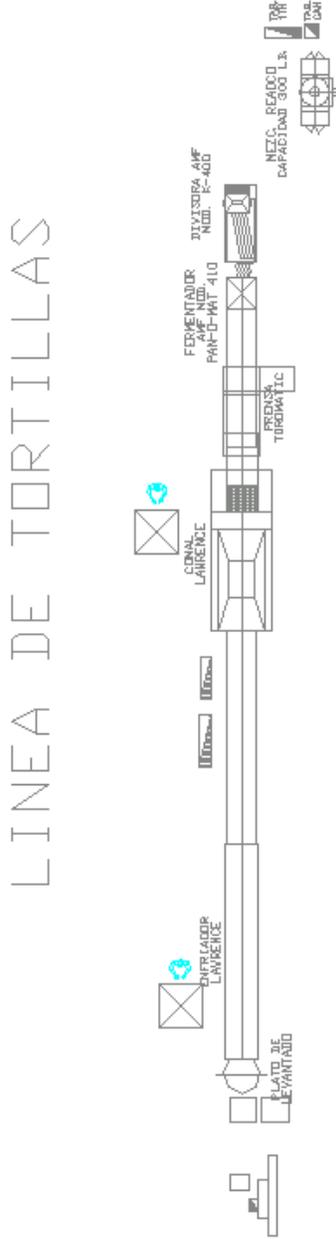
### **2.1. Ubicación de maquinaria y equipo de la línea de tortillas**

La ubicación del equipo y maquinaria de la línea de tortillas de harina esta de la siguiente manera, se inicia el proceso con:

- Tablero eléctrico de fuerza 1FTOR
- Tablero eléctrico de control 1CTOR
- Tolva de agua
- Tolva de harina
- Tablero eléctrico de fuerza y control de mezcladora
- Mezcladora de masas
- Bomba de masa
- Divisora
- Banda de boleó
- Fermentador
- Preplanchador
- Prensa
- Transportador de transferencia
- Comal
- Enfriador
- Apilador
- Selladora
- Detector de metales

El siguiente esquema (figura 30), muestra como se encuentran ubicados los equipos y maquinarias dentro de una línea de tortillas de harina, de acuerdo a su proceso.

**Figura 30. Ubicación de maquinaria y equipo de la línea de tortillas**



## **2.2. Proceso de operación de tortillas**

### **▪ Mezclado**

El mezclado es una de las operaciones más importantes para la obtención de una tortilla de buena calidad, para realizar el mezclado se necesita de una mezcladora de brazos horizontales con chaqueta de enfriamiento y dos velocidades, cuarenta y ochenta revoluciones por minuto, es importante que el equipo cuente con un buen sistema de enfriamiento para el control de la temperatura de la masa, el mezclado de una masa de tortillas de harina se realiza en dos etapas:

Incorporación en esta etapa se incorporan con la harina los ingredientes secos, manteca y agua a baja velocidad es decir a cuarenta revoluciones por minuto hasta lograr una mezcla y distribución homogénea de todos los ingredientes, dicho proceso lleva de dos a tres minutos.

Desarrollo esta etapa requiere de alta velocidad ochenta revoluciones por minuto hasta llegar al desarrollo óptimo de la masa que se logra cuando la masa alcance su máxima consistencia y elasticidad lo que conocemos como desarrollo del gluten, estas masas generalmente son extensibles, de consistencia suave, no pegajosa, con buena maquinabilidad para las operaciones siguientes, en esta etapa es importante controlar los siguientes factores:

- Tiempo de mezclado en baja dos a tres minutos.
- Absorción de agua en masa 52 a 56%.
- Temperatura de masa 25 a 30° C.

- Desarrollo óptimo de masa: extensible, suave y maquinable, lo que definirá nuestro trabajo en alta.
- Definición del tamaño de masa, tres masas por hora (sin recuperación de bajas), no se recomienda la recuperación de bajas.

- **Transferencia de masas**

Existen diferentes sistemas o formas de transportar las masas de la mezcladora hasta la divisora, el más recomendado es por medio de una artesa que recibe la masa, esta es transferida a través de rodillos o gusanos a unos transportadores de bandas hasta depositarla en la tolva de la divisora, no con bomba y tubo, los factores a controlar en esta etapa son:

- Tiempos cortos de transferencia de masa a divisora para evitar resecar la masa, lo que ocasiona superficies rugosas, orillas reventadas y/o aserradas en el producto terminado.
- Realizar limpieza operacional eliminando rebabas secas.

- **Dividido y boleado**

El dividido y boleado de la masa son etapas determinantes para definir el diámetro y espesor de las tortillas, en esta etapa se define el peso del producto y el ritmo de la línea el cual debe estar sincronizado con las prensas, el equipo a utilizar es el siguiente: divisora de extrusión con mesa refrigerada y doble guía de boleado con un mejor control de peso individual por corte, menor mantenimiento, mayor absorción, mayor ritmo, boleado aceptable, con otras divisoras se obtiene un mejor boleado pero con problemas de baja absorción, bajo ritmo, mayor mantenimiento, carencia de refacciones.

Transferencias al reposador a través de compuertas sincronizadas en ambos equipos, es importante que las piezas de masa divididas estén selladas y uniformemente boleadas entre si, para esto es necesario una masa bien desarrollada y las guías de boleado sean las indicadas para el peso que se esta boleando. Los factores a controlar en esta etapa son:

- Ritmo de acuerdo a estándares y sincronizados con la prensa.
  - Evitar rebabas y dobles que afecten la calidad del producto final y eficiencia de la línea.
  - Boleado uniforme y sellado.
- 
- **Reposo**

Para llevar a cabo este proceso se requiere del siguiente equipo: reposador de doble cadena con canastillas de aluminio, copillas de malla plástica sin calentamiento ni control de humedad. Deberá tener un sistema de rodillos y dedos despegadores antes de la descarga, en caso de problemas de pegado de bolas se podrá instalar un ventilador dentro del reposador para sacar las bolas de masa antes de ser transferida a la prensa, el reposo de la masa es llevado a cabo en equipos aislados del medio ambiente; las bolas de masa divididas y boleadas son transportadas en canastillas o canjilones en el interior de una cámara en condiciones ambientales sin control de temperatura ni humedad en esta etapa se busca que las piezas de masa lleguen a ser menos elásticas y más extensibles, una relajación adecuada de las proteínas del gluten en las piezas de masa facilitan el prensado, mientras que una relajación inapropiada resulta en tortillas de forma irregular con áreas translucidas y menos hinchadas, los factores a controlar en esta etapa son:

- El tiempo de residencia dentro del reposador debe ser de ocho minutos como mínimo y diez como máximo.
- Deberá estar completamente cerrado.
- Temperatura ambiente (interna del reposador)
- Humedad relativa ambiente interna del reposador.

- **Preplanchado y prensado**

El prensado toma lugar transfiriendo las piezas de masa relajadas y/o acondicionadas sobre transportadores calentados que se mueven debajo de prensas hidráulicas que operan alrededor de los 200 – 250 °C y de 300 – 600 Psi de presión, durante el prensado una piel delgada es formada sobre la superficie de la tortilla cruda que sella al límite de no liberar el vapor de agua y de CO<sub>2</sub> formando en esta etapa, esto causa que la tortilla hinche y expanda durante el horneado, en esta operación se define el diámetro, espesor y simetría circular de las piezas de masa mediante la presión de la prensa, junto con la temperatura y tiempo de planchado para llevar a cabo dicho proceso se requiere del siguiente equipo: preplanchado tipo Whan con compuertas, ductos, tubo en “Y” y pistones aplanadores construidos en acero inoxidable, aplanadores de teflón o plásticos de alta densidad y con sistema de seguridad para el operador, prensas de placas de acero de treinta y dos por treinta y cuatro pulgadas como mínimo, banda vitreflon roja sin fin de siete milésimas unida a cuarenta y cinco grados y transferencia de barra de nariz, los factores a controlar en esta etapa son:

- Preplanchado uniforme sin llegar a formar tortilla y manteniendo las bolas de masa equidistantes entre sí.
- Ajustar paro de placa superior, lo mínimo necesario para paro de bola

preplanchada.

- Controlar tamaño de las tortillas sólo con presión.
- Fijar el tiempo de prensado entre 1.00 a 1.5 Seg.
- Ajustar la temperatura de la placa inferior, hasta un poco antes de que se patinen las tortillas y la temperatura de la placa superior ligeramente arriba de cinco a diez grados centígrados.
- Controlar las velocidades de transferencia para mantener una distancia entre tortillas.

Es común que en unas operaciones de plantas se incrementen las temperaturas y presiones de las prensas para reducir el tiempo de prensado, para ajustar el diámetro y espesor de la tortilla como observación importante se tiene que al incrementar la temperatura o presión en las planchas se ocasiona un deterioro constante e irreversible de este equipo, resultando en una mala calidad del producto final.

#### ▪ **Cocción**

El horneado de las tortillas de harina es realizado en comales de tres niveles con un rango de temperatura de entre los 190 – 230 °C durante treinta segundos. En esta etapa se completa la fase de leudado químico y generación de vapor de agua, gelatinización de almidones, desnaturalización de proteínas y pérdidas de humedad, con todo lo anterior se obtiene la estructura y forma final de la tortilla, que da como resultado una tortilla plana circular de color blanco y con ligeras manchas de cocción; el equipo a utilizar consiste en: sistema de combustión premezclada, largo de 18 pies para líneas doble prensa, tablillas de primer nivel colgando sobre el segundo; los factores a controlar en esta etapa son:

- Tiempo de cocción de treinta segundos.
- Temperatura ajustada para obtener una tortilla con marcas de cocción cafés.
- Comales con sistemas de lubricación automática por goteo.

- **Enfriamiento**

Para un enfriamiento apropiado de las tortillas deben considerarse dos factores importantes como son el tiempo de enfriamiento y la temperatura. Las tortillas deben ser enfriadas por debajo de los treinta grados centígrados y con una humedad entre los veintisiete y treinta por ciento antes de envolverse, un enfriamiento inapropiado causa condensación dentro de la bolsa que permite el crecimiento de hongos o que se humedezca el producto propiciando el pegado de la tortilla, para realizar dicha operación se requiere del siguiente equipo: enfriador de niveles o del tipo espiral y con banda plástica con longitud y tiempo suficiente para enfriar la tortilla a una temperatura de embolsado de treinta grados centígrados a temperatura ambiente.

Donde el ambiente sea mayor a treinta grados centígrados instalar aire acondicionado, aislado del calor de los comales y otras fuentes de calor dentro de área ventilada, con transferencias adecuadas a la entrada y salida. Los factores a controlar en esta etapa son:

- Temperatura de producto enfriado menor o igual a treinta grados centígrados.
- Ajustar velocidades de transferencia, para evitar tortillas dobladas y encimadas.
- Hacer limpieza programada para evitar manchado de producto por banda.

- No sobre lubricar para evitar manchado del producto.

- **Conteo y apilado**

El contado y acomodo de las tortillas apiladas es definitivo para una buena presentación del producto en la bolsa. Actualmente se han ido modificando estos equipos con la finalidad de eficientar esta etapa con algunas mejoras, una separación entre tortillas, sin dobles o encimadas siempre será un factor determinante para un buen conteo y apilado de las tortillas, lo cual deberá controlarse en las etapas anteriores. Los factores a controlar en esta etapa son:

- Evitar que lleguen tortillas desalineadas, dobles, dobladas, juntas o encimadas.

- **Embolsado**

Las tortillas enfriadas, apiladas y contadas son embolsadas en bolsas de polietileno transparente de baja densidad. Después de esta operación los paquetes son alineados en transportadores de banda sanitaria para su sellado posterior, lo cual es definitivo para la conservación de las características del producto durante su vida de anaquel, los paquetes sellados pasan por unos discos giratorios donde se elimina la solapa de la bolsa. El equipo requerido para esta etapa es: embolsadora de ocho empujadores con alimentador automático, sellado de banda, cortador de solapa. Los factores a controlar en esta etapa son:

- Ritmo del equipo.
- Acomodo de la pila de tortillas en el transportador de alimentación.

- Sellado hermético, hay que evitar el sellado con alta temperatura y cuidar la alineación de bolsas.
- Corte lineal de solapa.

- **Codificado y chequeo de peso**

La impresión de clave en el producto ayuda a identificar los lotes de producción de cada planta y especificar los días de vida útil y vida de anaquel del mismo, una operación recientemente incorporada en los últimos años al proceso de tortillas de harina es el chequeo de peso en línea, lo anterior debido a la respuesta a una de las principales quejas de calidad de producto, como último punto de control de seguridad de producto se encuentra el detector de metales, el equipo a utilizar consta de codificador, verificador de peso, detector de metales. Los factores a controlar en esta etapa son:

- Alineación de bolsa para impresión de claves.
- Clave legible.
- Con rechazador de paquetes dos vías (hacia un lado las de menor peso y hacia el otro lado las de mayor peso), de preferencia instalarse antes del sellador para evitar desperdicios de bolsa.

### **2.3. Funciones del personal de producción a cargo de manufactura**

- **Actividades del masero operador máquina tortillas**

1. Prepara el equipo y utensilios para elaborar la masa.
2. Programar baches de harina y agua de acuerdo a la programación.
3. Pesar ingredientes de acuerdo a procedimiento y fórmula.
4. Agregar ingredientes a la mezcladora.

5. Descargar bache de harina y agua a la mezcladora.
6. Operar mezcladora, mezclando de acuerdo a procedimientos y estándares establecidos.
7. Descargar la masa a la bomba.
8. Trasvasar la masa de mezcladora a tolva de divisora.
9. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
10. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.
11. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
12. Cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

▪ **Actividades del dividido-boleado**

1. Verificar condiciones de operación de dividido-boleado de acuerdo a las condiciones ya establecidas.
2. Operar el equipo de acuerdo a capacitación recibida.
3. Verificar peso de acuerdo a especificaciones.
4. Registrar peso en control estadístico de peso.
5. Verificar el buen boleado de masa.
6. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
7. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.
8. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
9. Cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

▪ **Actividades del reposo**

1. Verificar condiciones de operación del reposador.
2. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
3. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.

4. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
5. Cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

▪ **Actividades en prensa**

1. Verificar condiciones de operación de prensas de acuerdo a las condiciones ya establecidas.
2. Operar el equipo de acuerdo a capacitación recibida.
3. Verificar descarga del reposador al preprensado, temperaturas de planchas y tiempo de planchado.
4. Verificar dimensiones de producto de acuerdo a especificaciones.
5. Verificar correcta transferencia de producto a comal.
6. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
7. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.
8. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
9. Cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

▪ **Actividades en comal y enfriador**

1. Verificar condiciones de operación de comal y del enfriador de acuerdo a las condiciones ya establecidas.
2. Ajustar temperatura y tiempo de residencia en comal de acuerdo a condiciones de operación.
3. Verificar el spot de acuerdo a especificaciones.
4. Verificar temperatura de producto antes de empaque de acuerdo a especificaciones.
5. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
6. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.

7. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
8. Cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

▪ **Actividades en empaque de tortillas**

1. Verificar condiciones de operación en envoltura de acuerdo a las condiciones ya establecidas.
2. Alimentar producto a transportador de embolsado a ritmo.
3. Verificar condiciones de operación de embolsado de acuerdo a condiciones de operación.
4. Verificar condiciones de operación del sellador de acuerdo a condiciones de operación.
5. Calibrar condiciones de operación del detector de metales de acuerdo a condiciones de operación.
6. Programar codificador de acuerdo a programa de claves.
7. Levantar producto de acuerdo a capacidades de charolas y jaulas.
8. Mantener el área limpia y ordenada de acuerdo a estándares.
9. Realizar limpieza operacional de acuerdo a instructivo.
10. Aplicar reglas de seguridad en sus actividades.
11. Cumplir con las buenas practicas de manufactura.

**2.4. Funciones del personal de mantenimiento a cargo del mantenimiento**

▪ **Actividades del maestro mecánico**

1. Checar tarjeta diaria con uniforme de trabajo limpio.
2. Realizar reunión de traslape para entrega de turno, revisar pendientes

de turno anterior para involucrar a su equipo de trabajo en los problemas existentes, aportar y recibir ideas para la solución de los mismos, estos trabajos se deben realizar durante los cambios de producto o bien programar con supervisor de producción un paro programado para realizar el trabajo correctivo.

3. Recibir el tablero de herramienta completo, limpio y ordenado.
4. Programar trabajos de avisos a mantenimiento pendientes de realización.
5. Programar órdenes de trabajo ya asignadas según su importancia para la realización.
6. Realizar o programar las rutinas del área, llevar un control de los trabajos resultantes de las rutinas para programar su corrección.
7. Estar siempre en el área de trabajo con herramienta completa y en buen estado.
8. Orientar y dar apoyo técnico al personal a su cargo.
9. Atender con prontitud, calidad y eficacia fallas mecánicas de línea.
10. Atender a supervisores de producción y personal de operación.
11. Mantener siempre orden y limpieza del área de trabajo como del taller y tablero de herramientas, cumpliendo con las Buenas Prácticas de manufactura.
12. Programar y asignar inspecciones de mantenimiento preventivo, trabajos resultantes de las mismas, realizar las ordenes de compra con dos semanas de anticipación para la compra de materiales necesarios para el mantenimiento, verificar que se realicen con calidad y eficacia.
13. Programar con dos días de anticipación al paro más próximo los trabajos correctivos o pendientes de realizar, verificando que se cuente con todos los materiales necesarios para el mantenimiento

correctivo.

14. Programar los trabajos de mejoras a equipos, resultantes de las juntas de equipo natural.
15. Realizar entrega de turno, actualización de pendientes y reporte diario en sistema de control de órdenes de trabajo, con tiempos utilizados para cada orden de trabajo.
16. Revisar el sistema de administración de materiales, las refacciones o materiales solicitados por el personal de mantenimiento a su cargo, para confirmar el pedido y ser autorizada por el jefe de mecánicos.
17. Al utilizar refacciones del almacén de repuestos llenar la bitácora de consumo en forma correcta.
18. Mantener el control de las refacciones críticas por máquina.
19. Mantener el control y en buen estado los motores, motoredutores y reductores que se encuentran en el estante de piezas de recambio.
20. Dar capacitación programada de común acuerdo con su jefe inmediato.
21. Estar pendiente que el personal a su cargo tome su tiempo de descanso para sus alimentos, dependiendo de la urgencia del trabajo.

▪ **Actividades del mecánico de turno**

1. Checar tarjeta diaria con uniforme de trabajo limpio.
2. Estar presente en la reunión de traslape para entrega de turno, debe preguntar todo lo que se hizo en el turno anterior referente al equipo, fallas que ocurrieron y como se resolvieron para aprovechar las experiencias.
3. Recibir el tablero de herramienta completo, limpio y ordenado.
4. Revisar los avisos a mantenimiento generados por los supervisores y

maestros de producción, para dar solución a los que en ese momento se puedan realizar.

5. Realizar los trabajos que dejen pendientes el turno anterior.
6. Checar el equipo de su línea asignada para detectar defectos que puedan ocasionar una interrupción por falla mecánica.
7. Realizar las rutinas del área, llevar un control de los trabajos resultantes de las rutinas para programar su corrección.
8. Estar siempre en el área de trabajo con herramienta completa y en buen estado.
9. Apoyo al personal de las demás líneas de operación durante una falla mecánica.
10. Atender con prontitud, calidad y eficacia fallas mecánicas de línea.
11. Atender a supervisores de producción y personal de operación.
12. Mantener siempre orden y limpieza del área de trabajo como del taller y tablero de herramientas, cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura.
13. Realizar las inspecciones de mantenimiento preventivo, trabajos resultantes de las mismas, asignados por el jefe de mecánicos o maestro de mecánicos, realizar las órdenes de compra de los materiales necesarios para el mantenimiento, realizar los mantenimientos preventivos con calidad y eficacia.
14. Dar seguimiento a los mantenimientos correctivos en su área asignada con dos días de anticipación al paro más próximo, verificando que se cuente con todos los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo.
15. Realizar los trabajos asignados por el jefe de mecánicos o maestro de mecánicos.
16. Realizar cambio a equipos de producción para mejorar la calidad de

producto y eficacia de la línea, con previa autorización.

17. Realizar entrega de turno, actualización de pendientes y reporte diario en sistema de control de órdenes de trabajo, con tiempos utilizados para cada orden de trabajo.
18. Realizar en el sistema de administración de materiales, las requisiciones de refacciones o materiales solicitados, con datos completos y sea autorizada por el jefe de mecánicos.
19. Mantener el control de las refacciones críticas por máquina de la línea asignada.
20. Mantener el control y en buen estado los motores, motoredutores y reductores que se encuentran en el estante de piezas de recambio.
21. Al utilizar refacciones del almacén de repuestos llenar la bitácora de consumo en forma correcta.
22. Al reemplazar una pieza o sacarla de servicio por ejemplo: Motores, Motoredutores, *timers*, sensores, variadores de frecuencia, colocarla en el estante de piezas pendientes de reparación debidamente etiquetada con datos llenos, al momento de validar que el elemento no esta en buenas condiciones, entregarlo al jefe de mecánicos.
23. Tomar tiempo para sus alimentos en forma que lo marca el reglamento.

▪ **Actividades del mecánico lubricador**

1. El puesto de lubricador en mantenimiento no es un puesto asignado de manera permanente para un mecánico de mantenimiento, sino que es una función que realiza como complemento de su desarrollo como mecánico.
2. La persona asignada al puesto de lubricación debe poseer

conocimientos de los tipos de lubricación y sus aplicaciones en varias áreas de la industria como son: hornos, reductores, transmisiones de plantas de emergencia, equipos de refrigeración, lubricantes que tienen contacto con productos alimenticios, etc.

3. Debe mantener un stok de lubricantes (grasas y aceites), que han sido autorizados previamente, tomando en cuenta incluso los sustitutos diversos que existen en el mercado nacional.
4. Al utilizar refacciones del almacén de repuestos llenar la bitácora de consumo en forma correcta.
5. Debe conocer el aspecto de funcionamiento y operación del equipo ya que en ocasiones realizara la lubricación con equipo trabajando como consecuencia existe una posibilidad de mayor riesgo. También debe saber operar el equipo ya que en ocasiones debe prender y apagar el equipo para lograr una lubricación adecuada.
6. Realizar la función de un inspector de mantenimiento preventivo detectando fallas en reductores, transmisiones, equipos sujetos a lubricación, también realizar la función de mantenimiento correctivo.
7. Trabajar bajo un sistema de control por medio del cual determina los equipos por lubricar durante cada semana, además reportar los trabajos realizados durante la misma y mantener actualizado el control gráfico del estado de la lubricación.
8. Debido a la importancia fundamental de tener una buena lubricación en el equipo es un paso obligado e importante del personal de mantenimiento en su desarrollo como tal, por lo cual se reclasificó en el sistema de evaluación dándole la importancia que merece.
9. Debe conocer ciertos ajustes de la maquinaria, ya que en ocasiones al lavar cadenas o quitar estas de su lugar el equipo puede salir de desincronización para lo cual deberá ajustarlo nuevamente.

10. Por necesidades de producción en ocasiones el lubricador debe cambiar de turno a fin de coincidir con los paros de producción lo cual le permite lubricar equipos tales como Hornos.
11. Independientemente de esta función que lleva a cabo como lubricador y que no son todas debe estar en constante capacitación.
12. Mantener su herramienta completa y en condiciones de ser usada.
13. Informar plena y oportunamente a su jefe inmediato respecto a problemas de operación del equipo.
14. Acudir a auxiliar a los mecánicos de operación en caso de necesitar ayuda.
15. Cumplir con el reglamento de trabajo.
16. Tomar tiempo para sus alimentos en forma que lo marca el reglamento y dependerá del criterio del mecánico en relación a las necesidades del trabajo.
17. En caso de cambiar de puesto pasara automáticamente a cubrir el manual del puesto nuevo.

## **2.5. Antecedentes de la operación y mantenimiento del túnel de enfriamiento**

El túnel de enfriamiento por el cual se esta programando el montaje para su cambio, tiene 32 años de operación acumulada de trabajo, de estos 15 años en operaciones fuera del país y 17 en operación en Guatemala, por tantos años de operación ya su eficiencia de enfriamiento fue disminuyendo hasta tal punto que el producto a enfriar llega a envoltura a una temperatura de 37 – 39 grados centígrados lo cual generaba quejas por producto con condensación en su interior y en ocasiones contaminados por hongos.

**Figura 31. Túnel de enfriamiento antiguo**



El túnel de enfriamiento al inicio de operación tenía una banda *Flat Flex* de alambre de acero inoxidable, pero daba problemas de deslizamiento de las tortillas en el primer nivel de carga al túnel de enfriamiento, esto debido a la inclinación del mismo, por este factor se tenía alto porcentaje de bajas ya que por momentos la acumulación de producto en las transferencias era demasiada y llega a atorarse la tortilla, para evitar el deslizamiento se cambio la banda por una siempre metálica pero con aletas que le sirvieran de arrastre a la tortilla y así evitar la aglomeración de las tortillas, con este tipo de banda también las fallas por interrupción mecánica se elevaron en su porcentaje, ya que al ocurrir un atoron de la banda se retrasaba demasiado su reparación por su forma de ser armada, en algunos casos la reparación se incrementaba por lo largo del daño de la banda hasta un tiempo de una hora de paro, con base en esto se cambio a una plástica marca intralox serie 1100 la cual dio muy buenos

resultados resolviendo la parte de reparar la banda cuando sufría alguna ruptura, esta banda quedó al mismo ancho de la metálica, ahora surgía otro problema que anteriormente no se había visualizado, la banda era demasiado pequeña en su ancho, las tortillas de las orillas se caían y provocaban bajas por este problema, el ancho de la banda se modificó de 30 a 32 pulgadas ya que la estructura únicamente tenía un ancho de 32.5 pulgadas para colocar la nueva banda, pero el problema se minimizó en un porcentaje muy bajo, a esta solicitud se pidió que la banda que viniera con el nuevo túnel de enfriamiento fuera de 36 pulgadas de ancho de banda, marca intralox serie 1500.

En la transmisión de las bandas en los diferentes niveles los sproket de transmisión y tensores se dañaban constantemente por la tensión a la que eran sometidos y en casos extremos hubo ejes que se quebraron por el medio del eje, cojinetes dañados, esto debido a que una única transmisión para los siete niveles de banda que tenía el túnel de enfriamiento, esto llevo al mantenimiento a una rutina semanal de verificación de sproket, cadenas estiradas, cojinetes en mal estado, ejes con desgaste y verificación de un buen estado de cuñas y cuñeros, si esta revisión se obviaba se podían tener paros por atorones en la transmisión. Para el problema de la tensión en la transmisión se solicito que se tuvieran dos transmisiones una para las bandas que van hacia la izquierda y otra transmisión que va hacia la derecha, dos motoredutores de 103 revoluciones de salida de tres HP marca sumitomo, controlados por un variador *Allen Bradley* de 10 HP.

En el sistema de enfriamiento instalado se tenían problemas, ya que cuando el compresor fallaba la temperatura de la tortilla se elevaba demasiado y por tener muy poco tiempo de enfriamiento un minuto cincuenta y seis segundos no daba la temperatura necesaria para el producto, por estos factores

el túnel de enfriamiento nuevo contará con once niveles de enfriamiento y un metro y medio más largo en cada nivel, cuatro niveles más de banda, con un tiempo aproximado de cuatro minutos de residencia del producto dentro del túnel de enfriamiento, este tiempo considerado con la velocidad del producto que más ritmo tiene que es la tortilla chica a cuarenta y cinco cortes por minuto, si es tortilla grande se va a un ritmo de treinta cortes por minuto y con el variador de frecuencia de los motoredutores podemos dar más tiempo de enfriamiento, llegando a siete minutos y medio de residencia en el túnel, para evitar los paros por daños en el compresor de refrigeración se solicitó el nuevo túnel de enfriamiento con dos compresores de refrigeración cada uno con su unidad de evaporadores independiente, como un sistema redundante ya que en caso de que una unidad de enfriamiento falle se hace el cambio al otro compresor de refrigeración y no se tengan paros por enfriamiento, ya que esto es más costoso que el equipo de refrigeración ya que la línea está saturada a trabajos de 24 hrs, siete días a la semana, o también podemos dar mantenimiento a una unidad de refrigeración y hacer el cambio para que la otra trabaje y así ir intercambiando las mismas para un mejor trabajo.

Los paneles del túnel de enfriamiento antiguo ya se encontraban demasiado dañados, perforados por el óxido y la madera interna dañada en el interior por la acumulación de agua cuando se lava el túnel, todos estos paneles se solicitaron de lámina de acero inoxidable de 1/16 y espuma de poliuretano en su interior.

Todos los problemas llevaron a revisar y acortar las rutinas de mantenimiento preventivo a cada tres meses, rutinas de lubricación a semanal para ir minimizando los problemas de fallas mecánicas. Con el montaje del túnel de enfriamiento de tortillas nuevo se pretende reducir el índice de interrupciones

de fallas mecánicas en el túnel de enfriamiento de un 20% a un 0.5% y las bajas en el túnel de enfriamiento de un 30% a un 2%.

## 2.6. Producción de línea

Las tortillas son una rama de la industria de alimentos que está en expansión, y en Centroamérica, es el segmento de mayor crecimiento. La tortilla se ha adaptado bastante bien a la promoción de los alimentos ricos en fibras naturales. La elaboración la iniciaron con equipos rudimentarios, como el que se utiliza en pequeños establecimiento donde hacen tortillas de harina.

Posteriormente, otras personas continuaron trabajando para sistematizar el proceso, encontraron la fórmula adecuada y el equipo especializado para realizar la operación en forma eficiente, en la actualidad muchas empresas elaboran este producto.

**Tabla I Productos elaborados en línea de tortillas**

Producto	Peso de Producto Envuelto (Grs)	Peso de Producto Declarado (Grs)	Diámetro (Cms)	Altura (mm)	Piezas por Paquete
Tortilla Chica	202-218	200	14.5-15.5	1-2	8
Tortilla Consumo	505-545	490	14.5-15.5	1-2	20
Tortilla Grande	254-266	250	19.5-21.5	1-2	5
Tortilla Gordita	294-308	290	19.5-21.5	3-3.2	5
Tortilla B.K.	639-657	630	22-23.5	1-2	10



### **3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO**

#### **3.1. Qué es un túnel de enfriamiento**

Un túnel de enfriamiento, es un sistema simple, que tiene como objetivo, el transportar cantidades enormes de productos en su interior, para someterlos a temperaturas bajas, con la finalidad, de que el producto elaborado adquiera la consistencia deseada para poder ser empacado en un tiempo corto de enfriamiento forzado, así agilizar el proceso de enfriamiento; de lo contrario se tendría que esperar un largo período de tiempo para que el producto se enfríe a temperatura ambiente y de éste modo pueda ser empacado para su venta.

El túnel de enfriamiento permite mover en forma rápida y con un mínimo de esfuerzo miles de productos para el proceso de enfriamiento antes del empacado, cubriendo las necesidades que realizaría un sistema más complejo. Son de fácil instalación, sencillos de operar, de bajo costo y alto rendimiento, su construcción es rígido, ligero y vienen en diferentes dimensiones y tipos de construcción para ajustarse a casi todas las necesidades.

#### **3.2. Funcionamiento del túnel de enfriamiento**

La función principal de este tipo de equipos consiste en recibir y transportar producto proveniente de un horno y que sea alimentado por uno de sus extremos, desplazándolo hacia el extremo de salida para su levantado y embolsado. Durante este trayecto el producto atravesará por una cámara que nos ayuda a enfriar el producto, la cual funciona como un extractor de aire.

Sin embargo, cada uno de los componentes con que fue diseñado realiza ciertas funciones en específico, las cuales a continuación serán mencionadas y explicadas.

### **3.2.1. Índice de velocidad requerida**

La velocidad requerida marca el ritmo que se tenga con el producto a más ritmo o cortes por minuto, este producto es la tortilla chica, para este ritmo la velocidad en el comal de cocimiento es actualmente de 22 metros/minuto con un ritmo en el dividido de 45 cortes/minuto, esto nos indica que la velocidad del túnel de enfriamiento debe de tener también esta velocidad lineal de banda de 22 metros/minuto, para evitar que las tortillas se encimen al entrar al túnel de enfriamiento.

El equipo limitante para que se aumentara el ritmo es la prensa de tortillas, ya que se ha observado que al aumentar las planchadas por minuto el producto se sale de las especificaciones de producto conforme, es decir, producto asimétrico (no redondo) lo cual aumenta considerablemente las bajas, por esto debemos mantener un equilibrio entre el ritmo y la calidad del producto final.

### **3.2.2. Tiempo del ciclo de enfriamiento**

El tiempo del ciclo de enfriamiento va a depender del largo total de la banda de enfriamiento, en nuestro caso el túnel de enfriamiento tiene una entrada que mide diez metros y once niveles de los cuales diez niveles miden

siete metros y el último nivel mide ocho metros, si realizamos la suma de todos los niveles tenemos ochenta y ocho metros de largo en el total del recorrido de la tortilla dentro de la banda del túnel de enfriamiento.

$$T = D / V$$

$$V = 22 \text{ mts/min}$$

$$D = 88 \text{ mts}$$

$$T = 88 \text{ mts} / 22 \text{ mts} / \text{min}$$

$$T = 4 \text{ minutos}$$

Con este tiempo estamos asegurando que la tortilla llegue al área de empaque con la temperatura especificada en la carta de proceso, treinta grados de temperatura en el producto final, con el túnel de enfriamiento anterior el tiempo de enfriamiento era un minuto con treinta y seis segundos, pero la temperatura de producto terminado estaba entre los treinta y seis grados centígrados.

### **3.2.3. Temperatura de entrada vrs temperatura de salida**

La temperatura de entrada de la tortilla al túnel de enfriamiento es de 78 grados centígrados debe de llegar al área de empaque a 30 grados centígrados, el tiempo de enfriamiento se incremento en 2.4 minutos para mejorar la eficiencia del túnel de enfriamiento, además se instalaron dos evaporadores cada uno con sus compresores de refrigeración para mejora del

enfriamiento por medio de la recirculación de aire frío, a este tipo de colocar dos compresores se le llama equipos redundantes ya que con un equipo es suficiente para que con el tiempo anteriormente calculado la temperatura de la tortilla llegue a las condiciones solicitadas, éste equipo redundante es para que cuando ocurra alguna falla en el compresor de refrigeración número uno, no se tengan paros por fallas mecánicas, lo único que hay que realizar es el paro del equipo que se encuentra en falla y arrancar el compresor de refrigeración número dos, éste tipo de equipos redundantes también nos permite realizar mantenimientos preventivos sin necesidad de parar la línea de producción, ya que en la actualidad las líneas de producción trabajan siete días a la semana por veinticuatro horas del día, es mucho más caro tener que parar la línea que tener estos equipos redundantes.

### 3.3. Tipos de túneles de enfriamiento de tortillas de harina

#### 3.3.1. Túnel de banda en espiral

Figura 32. Túnel de banda de espiral



Transportar y enfriar productos horneados, mediante el flujo natural o forzado de aire a través del equipo, previo a su envoltura, con el objeto de que éstos sean manejables. El enfriador continuo de transportación tipo espiral está constituido por una estructura metálica denominada carrusel, la cual posee unos rieles o guías para evitar que la banda transportadora se salga de su

lugar. Cuenta también con un motor y, en ocasiones, otro motoreductor auxiliar para el movimiento de la banda. Tiene un sistema de lubricación de la cadena de transmisión y un sistema de seguridad con sensor de proximidad, un rodillo de libre giro, rodillos tensores y un sistema de lavado de la banda transportadora.

El equipo es de velocidad variable, cuenta con un variador de frecuencia. Los enfriadores de espiral más conocidos por su marca son *I.J. White* y *Helimatic*. La alimentación de producto está conectada al enfriador por bandas metálicas denominadas transferencias de enlace. Están conectadas al horno con el enfriador y su movimiento lo transmite un motoreductor de 0.5 HP, ésta alimentación, así como la descarga, pueden ser por la parte superior o inferior, existen arreglos de enfriadores, en donde se alimenta por abajo y se descarga por arriba a un segundo enfriador, que a su vez descarga por la parte baja hacia la sección de envoltura. Existen enfriadores con carrusel doble, como el Alto *Helimatic*. La banda sinfín transportadora de producto es de construcción variada, dependiendo del uso y de la marca o del modelo del equipo. Por ejemplo, en un *Wendway Helimatic* o en el *Sándwich Helimatic*, el transportador espiral es muy diferente a los transportadores ordinarios, ya que no tiene catarinas ni flechas que le den transmisión. Esto se logra a través de los carruseles y los ángulos que van ajustados al lado de la banda, es decir, la transmisión es por el lado interno de la banda sinfín.

Las uniones de las varillas son del tipo *Sani – grid*, pero difieren de éstas en que al recibir la transmisión en uno de sus lados, no se deforma la varilla. Los enfriadores espirales *I.J. White* presentan una gran variedad de bandas, generalmente marca Ashwort, como las bandas *Omni – grid*, la red *Omni – grid*, las *Omniflex*, las *Flatwire* y bandas balanceadas, en distintas longitudes,

anchuras y pesos. La tensión de la banda es regulada por el contrapeso que ejerce el rodillo de libre giro. Una banda con poca tensión provocará que el producto se mueva sobre ella, y demasiada tensión ocasionará que avanzara a brincos y también que se mueva el producto sobre ella. El carrusel es una estructura cilíndrica, la cual soporta y guía a la banda transportadora a todo lo largo de la operación desde la carga hasta la descarga, hay enfriadores con doble carrusel: uno exterior y otro interior. Cada uno de los tambores se compone de dos anillos circulares unidos con ángulos, en los anillos van montados unos topes, el número de niveles de cada tambor es independiente no hay sincronismo alguno del tambor exterior e interior, ya que la velocidad lineal debe ser la misma en cualquier parte de la banda; por lo tanto, por razones de diámetro, las velocidades angulares de los tambores son diferentes, hay más velocidad angular en el tambor interior que en el externo. La descarga de producto normalmente se ubica en la parte inferior de la espiral, se auxilia de una banda de descarga adicional que toma al producto y lo lleva hacia otro transportador, que a su vez llevará al producto a envoltura. La banda regresa por la parte inferior, llegando a una sección de lavado, que consta de una hilera de boquillas que inyectan vapor de agua sobre la banda, hay un cepillo para limpieza y otras dos hileras de boquillas de aire para secado, el ajuste del cepillo es importante para una adecuada limpieza, en algunas plantas este sistema no ha sido suficiente para la limpieza del enfriador, principalmente por que la presión de las líneas de vapor y aire no es la adecuada. La banda limpia es guiada en su nuevo ciclo por un riel, ya que evita que se desajuste, este riel sirve para acercarla o separarla de las guías del carrusel y alinearlas con las catarinas de la alimentación y la descarga, algunos rieles están cubiertos con plástico para facilitar el deslizamiento de la banda sobre ellos.

Los rodillos tensores son fundamentales para los cambios de dirección de la banda. Si tiene catarinas, casi seguramente van a ser un foco de acumulación de suciedad, en general, facilita el movimiento de la banda. En la parte superior (última espiral) y/o en la parte inferior (primera espiral) hay un sensor de proximidad en contacto con la banda, éste sistema encenderá la alarma y desenergizará al equipo cuando la banda se levante y el sensor no registre proximidad, este levantamiento de la banda se da cuando hay una alteración como una tensión anormal, es parte de la seguridad del equipo. La cadena de la transmisión principal requiere de una adecuada y continua lubricación, esta lubricación puede efectuarse por goteo o bien auxiliada por un cepillo dosificador, el aceite se guardará en un depósito del cual será tomado a través de una válvula solenoide, ésta válvula sólo abre cuando el equipo está energizado y el motoreductor funcionando. Los motoredutores principales son el corazón del sistema, gracias a él girará el carrusel y la banda, dándole al carrusel su movimiento gracias a una cadena de transmisión de rodillos. Los topes de los carruseles (tambores) están dentados y funcionan como catarinas para recibir el movimiento de la cadena de transmisión.

Existen otros dos sensores de proximidad, mismos que no están en contacto con la banda, sino arriba y abajo del rodillo de libre giro, con una separación de unos diez centímetros del punto normal de operación de este rodillo, el rodillo de libre giro cuenta con unas pequeñas placas metálicas en sus extremos, de manera que si hay un atorón en la banda, ésta jalará al rodillo de libre giro hacia arriba y la placa metálica entrará en contacto con el sensor de proximidad superior, accionándose la alarma y desenergizando al motoreductor, análogamente, si la banda se rompe, el rodillo de libre giro caerá y su placa metálica accionará al sensor de proximidad inferior, deteniendo también al motoreductor y accionando la alarma, en ambos casos la luz en el tablero y una

alarma sonora permanecerá activada hasta que se reestablezca la operación.

El rodillo de doble giro no está sujeto a eje alguno, gira por el movimiento que le imparte la banda y se puede desplazar verticalmente por una guía, este arreglo permite que pueda absorber las variaciones naturales en la tensión de la banda, compensándolas con su desplazamiento lineal, para mantener el nivel de tensión de la banda, cuenta con contrapesos, si se desea una banda más tensionada, se colocarán más contrapesos, debe recordarse que una banda con poca o demasiada tensión puede provocar paros continuos del enfriador, producto encimado y desgaste prematuro.

Describimos un tablero típico del enfriador de banda en espiral, con los siguientes elementos:

**Figura 33. Tablero eléctrico túnel de banda de espiral**



1. Alarma (rojo alarma presente, verde equipo trabajando).
2. Aire acondicionado para el tablero eléctrico.
3. Panel view para el control del enfriador.
4. Contador de tiempo en horas.
5. Botón para reestablecer seguridad de enfriador en torre uno.
6. Botón para reestablecer seguridad de enfriador en torre dos.

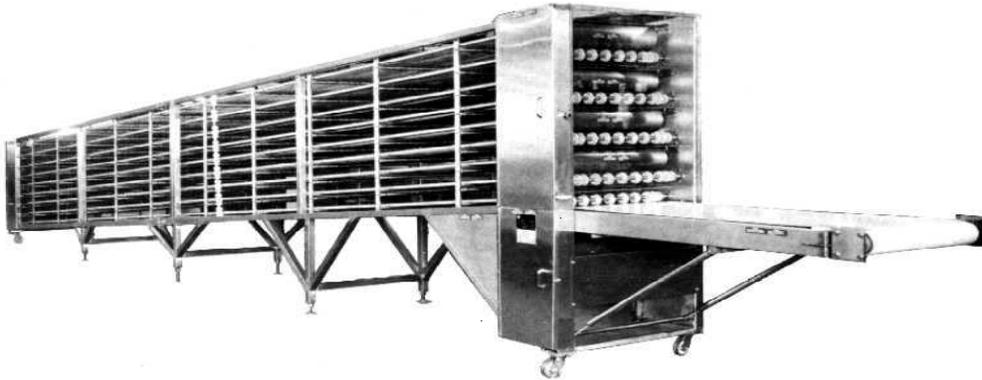
7. Paro de emergencia de enfriador.
8. Botón de arranque de enfriador.
9. Botón de paro de enfriador.
10. Interruptor de desconexión de tablero eléctrico.

Dos sensores de proximidad localizados en la parte inferior de la espiral y la parte superior, actúan cuando la banda se afloja o aprieta, así como cuando se eleva sobre su posición de trabajo. Sensores de proximidad localizados en el nivel tope y/o en el nivel de la base actúan al tensionarse severamente la banda o aflojarse. No los acciona la banda, sino unas placas metálicas que viajan con el rodillo de libre giro. Se ajustan a cuatro pulgadas hacia arriba y hacia abajo de la posición de operación de dicho rodillo. Sistema de seguridad de sobrecarga del motor, que actúa cuando dicho motor recibe una sobrecarga de energía, parando automáticamente el sistema. Se debe contar con guardas en las cadenas, para evitar accidentes. Entre las precauciones a considerar, la más importante es, nunca lubricar las barras de tracción vertical, cuando esta se encuentre en funcionamiento.

Si el sistema de limpieza propio de equipo no es suficiente, se puede limpiar manualmente con cepillos o con una lavadora de alta presión, usando agua caliente y detergente. Se puede usar una solución de soda cáustica aplicada por diez minutos y luego enjuagarlo con agua limpia.

### 3.3.2. Túnel de nivel de bandas

**Figura 34. Túnel de nivel de bandas**



Su uso es común cuando se necesita un tiempo de enfriamiento largo y el considerar un enfriador de una sola banda sería demasiado espacio el que ocuparía debido a las dimensiones de longitud. Por ello se considera dentro de la planta de producción tener un túnel de nivel de bandas el cual realiza las mismas funciones que un túnel de un solo nivel de banda, por el espacio que ocupa este equipo, se consideran tantos niveles como sean necesarios para obtener el enfriamiento del producto para proceder a su fase de empaque.

Se debe de tomar en cuenta que el cambio de nivel y dirección del producto no dañe el mismo. Si el tiempo de enfriamiento no es suficiente para obtener las condiciones finales del producto se pueden instalar unidades de enfriamiento adicionales, siempre y cuando estas condiciones no afecten las características comestibles del producto elaborado.

### 3.3.3. Túnel de banda sanitaria

Figura 35. Túnel de banda sanitaria



Los túneles de banda sanitaria, usan bandas transportadoras que poseen una o varias capas de tracción sobre la base de tejido, según la aplicación a que se destinen van revestidas con diferentes revestimientos, con lo que garantizan el óptimo transporte de cualquier material.

Este tipo de túneles son líderes en la técnica de la elevación y transporte de materiales ligeros y se emplean en la industria alimenticia. Todos los recubrimientos de las bandas de transporte se pueden limpiar de manera fácil y rápida sin menoscabo de los mismos utilizando agua o vapor de agua. Para su instalación debe estar considerada la temperatura en el lugar de trabajo, así como la temperatura del material a transportar. La banda por su naturaleza de construcción no puede estar bajo la influencia de aceite, grasas, agua, lejía, ácido, solventes, etc.

El objetivo de una tensión apropiada de la banda es el asegurar el funcionamiento óptimo de la misma y además:

- Incrementar la vida de la banda.
- Reducir el trabajo de los sistemas motrices.
- Reducir el tiempo requerido para reparaciones.

Sin embargo como la banda se desplaza por fricción esta es susceptible a factores exteriores, algunos de estos factores son:

- Aceite o grasa lo cual puede reducir la tracción que los rodillos ejercen sobre el interior de la banda transportadora.
- Cualquier material abrasivo tal como harina o sustancias pegajosas como óxido de aceite o grasa, pueden incrementar la fricción entre la banda y los rodillos.
- Elongación excesiva de la banda, por funcionamiento con demasiada tensión.
- Banda en mal estado.

Para dar solución a estos problemas debemos:

- Inspeccione la banda en su totalidad en busca de anomalías. Ponga atención muy en particular a los bordes tanto al interior como al exterior y tome medidas correctivas.
- Limpie la banda transportadora con agua caliente para remover los residuos de aceite y grasa.

Procedimiento para desmontar una banda sanitaria.

- Aflojar la banda a través de la tuerca hexagonal del birlo tensor, en ambos extremos.
- Una vez que el rodillo tensor se haya desplazado por la ranura en ambos extremos cuando ha sido destensado, proceda a aflojar los tornillos de fijación para retirarlos y dejar libre a la banda.
- Para que la raspa permita la salida de la banda, proceda a retirarla empujándola hacia arriba.

Todos los circuitos de túneles tienen alguna provisión para ajustar la tensión de la banda y facilitar la instalación de la misma. Los elementos de tensión tipo roscado son los que mejor se adaptan para facilitar el ajuste a lo largo de los túneles. Si una banda esta expuesta a considerables variaciones de

temperatura o un resorte o un elemento de tensión por gravedad son preferidos. Tensar durante la aplicación a una baja temperatura.

#### **3.3.4. Túnel de perchas**

El enfriador debe disminuir la temperatura de los productos de panificación a la apropiada, antes de ser estos decorados, rebanados o envueltos. La velocidad a la cual se enfrían los productos tiene un efecto determinado sobre la calidad de éstos. Si un producto es enfriado rápidamente, la condensación resultante de la fase vapor (interna) dentro de la fase líquida, que ocupa un menor volumen puede causar una reducción proporcional en el volumen del producto y por lo tanto un detrimento en la calidad. Como recomendaciones de un enfriamiento efectivo se tienen las siguientes condiciones del aire: temperatura de un enfriador con un flujo de aire acondicionado a  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 75 – 85%, y un movimiento de aire suficiente para producir una diferencia de temperatura del aire de 10 – 11  $^{\circ}\text{C}$  con respecto al punto de salida del enfriador, tiene las condiciones adecuadas para realizar un enfriamiento efectivo.

Una alta temperatura en el producto al envolverse provoca una condensación posterior, dentro de la envoltura facilitando el desarrollo de microorganismos, y por el contrario una temperatura muy baja del producto favorece un rápido envejecimiento de éste, y por lo tanto, una disminución de su vida útil.

Lista de partes del enfriador de perchas (Baker Perkins):

- Cámara de enfriamiento
- Ventiladores con motor de 2 Hp
- Extractor con motor de 2 Hp
- Unidad de acondicionamiento de aire (20 Ton)
- Perchas con telas
- Motor principal 2 Hp (variable según capacidad del enfriador)
- Motor-reductor del cargador  $\frac{3}{4}$  Hp
- Motor-reductor del descargador  $\frac{3}{4}$  Hp
- Motor-reductor del transportador de carga de 1 Hp
- Motor-reductor del transportador de descarga de 1 Hp
- Fococelda del transportador de carga
- Fococelda del transportador de descarga
- Fococelda del transportador de descarga para molde
- Tambor de levas
- Tableros de control

El enfriador de perchas (B.P.) esta constituido básicamente por los siguientes elementos:

- Cámara de enfriamiento
- Transmisión general y perchas
- Cargador y descargador
- Transportadores de carga y descarga
- Extractores y ventiladores
- Fococeldas

- La cámara de enfriamiento: está formada por una estructura de ángulos y viguetas de acero los cuales soportan los mecanismos de operación y las perchas de enfriamiento. Está cimentada en una base de concreto, bajo el nivel del piso. Tiene una terminación en el bajo relieve de azulejo, para facilitar la limpieza del enfriador. Cuenta con un desagüe para el lavado y limpieza de la cámara de enfriamiento, para garantizar la sanitización del equipo, además cuenta con todo un sistema de lavado de perchas.

La cámara esta cubierta con paneles metálicos desmontables y ventanas de observación para verificar en la parte superior el correcto funcionamiento. El enfriamiento se efectúa mediante una corriente de aire frío y húmedo, que pasa a través de toda la cámara, con lo cual se absorbe el calor del producto y se elimina por los extractores. La circulación forzada del aire se realiza por ventiladores y extractores, en diferente número según las necesidades de enfriamiento de las diferentes plantas. Se favorece el enfriamiento del producto con un aire frío, por el paso del aire a través de una cortina de agua. Los ventiladores axiales son acondicionados por motores de dos Hp. El aire que entra a los ventiladores es previamente filtrado.

- Transmisión general y perchas: la transmisión general de las perchas a lo largo de todo el enfriador es debido a un motor de dos Hp con reductor y freno magnético, que funciona de manera intermitente, sincronizado con la carga y descarga. El motoreductor principal se encuentra en la parte superior derecha del enfriador, mueve una flecha de transmisión y esta a la cadena principal, por medio de dos catarinas. La cadena de transmisión principal cuenta con dos tipos de trinquetes de seguridad, uno fijo que nos

ayuda a subir la percha y uno móvil que se utiliza en el movimiento descendente de la percha. El enfriador cuenta con “X” número de perchas con “Y” telas por perchas, según sea la capacidad del enfriador. El producto en los moldes, es colocado en las perchas con ayuda del cargador y es transportado por el enfriador hasta reducir su temperatura a la más adecuada (30 – 32 °C) para ser manejado (inyectado, decorado, rebanado o envuelto) y sin problemas por resecamiento por muy bajas temperaturas finales del producto.

En el enfriamiento de productos de pastelería y panquelería, estos se realizan con todo y el molde lo cual evita un contacto del aire con todo el producto, favoreciendo el enfriamiento por convección forzada (sobre una sola cara del producto). Cada percha esta equipada con dos ruedas maquinadas al riel, una en cada extremo, montadas sobre un muñón fijo a la estructura de la percha, estas ruedas viajan sobre rieles.

Además cada percha cuenta con dos rodillos-guía apoyados sobre rieles fijos y también a la estructura de la percha que lo mantiene firmemente en posición nivelada tanto en movimiento horizontal como en movimiento de ascenso y descenso. Las perchas se mueven intermitentemente a todo lo largo del circuito de enfriamiento. Tanto la elevación como el descenso de perchas operan por medio de trinquetes y seguros, a manera de cremallera.

La flecha de las perchas que está conectada a la cadena, sirve para sostenerla, con la ayuda de trinquetes fijos y móviles para sus movimientos verticales. Los trinquetes empujan a la flecha y su rodaja por carriles durante los viajes horizontales.

A la transmisión principal se encuentra unido mediante cadenas y catarinas del tambor de levas, el cual va a controlar la carga, descarga y avance de perchas. Se encuentra localizada en la parte derecha del enfriador, cuenta con una puerta de acceso para mantenimiento e inspección. Está constituido por cuatro discos. Los discos tienen siete roll-pins en grupos de tres; cada grupo de levas corresponde al control de un ciclo. Sobre el tambor de levas hay tres *microswitches* que al ser accionados envían las señales para realizar un ciclo de descarga-carga y avance de perchas.

- Cargador y descargador: el cargador es una barra colocada sobre la banda de alimentación, y tiene como función el alimentar (empujar) moldes sobre la tela de la percha previamente vaciada. Este cargador es movido por medio de un motor-reductor de  $\frac{3}{4}$  Hp que convierte su movimiento circular en alternado, gracias a su mecanismo de biela – manivela. Cuenta además, con una barra guía tubular que desliza sobre dos rodillos de antifricción, la cual actúa un *microswitch* a la mitad de su recorrido accionando un temporizador (neumático) que arrancará la banda de carga. El descargador funciona de manera similar, moviendo un peine de descarga. Cuenta con un *microswitch* accionado en posición de reposo. El descargador comienza a actuar cuando el temporizador del ciclo llega a cero descargando una tela de la percha; al terminar de pasar los moldes y liberar el haz de luz de la foto celda se actúa el motor principal para subir la percha y poder cargar de moldes la tela antes vaciada. El motor-reductor del descargador es también de  $\frac{3}{4}$  Hp.
- Transportador de carga y descarga: los transportadores de carga y descarga son de tablillas metálicas (*table top*); el de carga proviene del horno y un

agrupador, que permite la entrada de determinado número de moldes, dependiendo de su capacidad. Ambos transportadores son accionados por motoreductores de un Hp, teniendo el de carga un freno magnético. Este es accionado después, de cierto tiempo de que fue interrumpida la fotocelda del transportador de carga (aproximadamente seis segundos).

El transportador de descarga está funcionando continuamente y sólo se detiene para realizar la descarga: este paro del transportador se realiza cuando el *timer* del ciclo llega a cero y en conjunto con la leva comienza nuevamente a funcionar después, que ha dejado de ser obstruida la fotocelda de descarga. El agrupador permite la entrada de una cantidad de moldes previamente fijada, a través de una manivela que ajusta el tope trasero del agrupador limitando la distancia que ocuparán los moldes que pasarán a ser cargados y, por tanto, controlando el número de moldes por ciclo. Un *micro-switch* ubicado junto al tope delantero, cuando es presionado por un molde, envía una señal al relevador que energizará al tope posterior cuando el micro posterior sea actuado ininterrumpidamente durante un período de tiempo superior a tres segundos.

El tope delantero baja cuando arranca el transportador de carga del enfriador, debido a un pistón accionado por la válvula neumática que actúa el relevador. Otra válvula acciona al pistón del tope trasero dejándolo arriba por un tiempo (controlado por un *timer* neumático), para formar un espacio entre los diferentes grupos de moldes. Cuando el primer grupo termina de pasar por el micro delantero, se detecta por medio de la liberación del *microswitch*, que envía una señal para levantar el tope delantero, que detiene con esto al segundo grupo.

- Extractores y ventiladores: el enfriador BP puede contar con diferente número ventiladores y extractores, según sean las necesidades de enfriamiento y las condiciones ambientales. Se recomienda que los extractores y ventiladores estén conectados a una unidad de acondicionamiento de aire para controlar la temperatura y humedad relativa del aire, con lo que se facilita un rápido enfriamiento sin pérdidas excesivas de humedad.
  
- Foto celdas: cuenta con tres fotoceldas
  - Del transportador de carga, que actúa el *timer* del transportador de carga.
  - Del transportador de descarga, que no permite actuar al relevador de descarga cuando está obstruida.
  - De seguridad del transportador de descarga, que evita que continúe el ciclo de descarga si no han sido eliminados los moldes de éste transportador. Energiza a un relevador que da un cierto tiempo para que se realice la descarga completa.

El ciclo del enfriador comienza cuando los moldes de una tela de la percha son descargados por la barra del sistema del descargador, el cual, movido por el motor-reductor empieza a accionar cuando el *timer* del ciclo llega a cero. Los moldes son depositados en el transportador de descarga previamente detenido por la acción de una leva del tambor de levas. Los

moldes, al ser descargados, obstruyen la fotocelda e impiden el movimiento de la percha. Después de depositar los moldes en el transportador de descarga, este comienza a funcionar para transportar a los moldes hacia la zona de desmoldeo. El motor principal, mueve la percha, en una posición, para colocar la tela vacía a nivel del transportador de carga, y la tela inferior llega a la altura de la descarga.

El transportador de carga comienza a funcionar por acción de un *microswitch*, por un tiempo determinado por el *timer* del transportador de carga (aproximadamente de seis a siete segundos), en éste momento comienza a funcionar debido a la obstrucción de la fotocelda por el primer molde. Preparados los moldes, son cargados a la tela de la percha previamente desocupada. Así se realiza la carga de las siete telas de cada percha. Después, de realizar la carga de la última tela, la leva accionará el motor principal por un tiempo mayor (el necesario para avanzar completamente una percha), colocando la siguiente percha en posición de descarga.

Este enfriador, opera siguiendo tres pasos básicos:

- Descarga
  - Cambio de tela
  - Carga
- 
- Operación del descargador: el ciclo de descarga, es el tiempo que le toma a la transmisión del descargador arrancar, mover la barra empujadora, sacar los moldes hacia el transportador y llegar a su posición de reposo.

- Operación de la transmisión principal: una vez terminada la descarga, siempre opera la transmisión principal, subiendo la percha, para cambiar la tela. Sin embargo sucede que al terminar de descargar y cargar la última tela, la transmisión tiene que avanzar durante más tiempo para poder cambiar de perchas.
- Operación del cargador: a todo ciclo corto, correspondiente al cambio de tela, siempre le seguirá la operación del cargador, siempre y cuando hayan moldes en el transportador agrupador, previo al enfriador.

### **3.4. Características del túnel de enfriamiento para tortillas de harina actual**

El túnel de enfriamiento actual es un equipo que por su diseño antiguo ya no presta las condiciones necesarias de operación ni sanitarias, su estructura es de lámina negra por lo cual ya se esta oxidando, desprendiendo óxido, la corrosión hace que las tapas ya no sellen adecuadamente esto hace que el aire frio del sistema de enfriamiento se fuge haciendo ineficiente el equipo.

En cuanto al ancho de la banda es demasiado pequeña ya que actualmente mide treinta pulgadas pero las tortillas se caen por los extremos al pasar de un nivel a otro, para solucionar esta parte se solicito el túnel de enfriamiento nuevo con banda de treinta y seis pulgadas de ancho para no tener este problema.

El túnel de enfriamiento actual únicamente cuenta con un compresor de enfriamiento cuando falla toda la línea debe parar para reparar el sistema de

enfriamiento ya que el producto llega a tener cuarenta grados centígrados en el área de empaque.

La transmisión de las bandas cuenta con un único motoreductor para su transmisión lo cual genera demasiada tensión en el sistema provocando fallas por fatiga de los ejes de transmisión y de las catarinas, esto quedo corregido instalando, un motoreductor por bandas que van hacia la derecha y otro por las que van hacia la izquierda, además los ejes se cambiaron de una medida de una pulgada redondo a ejes de una y media pulgada cuadrado.

### **3.5. Partes que componen un túnel de enfriamiento**

#### **3.5.1. Transmisión mecánica**

Las transmisiones de cadena constituyen uno de los métodos más eficientes utilizados para transmitir potencia mecánica entre dos o más árboles giratorios que no pueden acoplarse directamente. Una transmisión de cadena consta de una serie de eslabones unidos entre si y dos o más ruedas dentadas. Las ruedas dentadas de acoplamiento positivo están sujetas con chavetas a los árboles giratorios entre los que se transmite la potencia. Los tres tipos de cadena utilizados en transmisiones industriales son la cadena de rodillos, la de acero para ingeniería y la silenciosa. Las ventajas de una transmisión de cadena, en comparación con una de banda o de engranaje son las siguientes:

- Prácticamente no están restringidas las distancias entre los centros de los árboles.
- Las cadenas se instalan con facilidad.
- Las transmisiones de cadena no se resbalan o escurren, lo cual

da como resultado una eficiencia global alta.

- En una transmisión de cadena, la carga está distribuida simultáneamente sobre cierto número de dientes de las ruedas.
- Las transmisiones de cadena funcionan en condiciones adversas del medio ambiente.

Las transmisiones con cadena de rodillos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones de transmisión de potencia para todas las industrias básicas, como las de procesamientos de alimentos, manejo de materiales, textiles y máquinas-herramientas. Las consideraciones principales al seleccionar una transmisión de cadena son las capacidades nominales de velocidad y de potencia. Las capacidades nominales se suelen listar para la rueda dentada más pequeña, sin importar si se trata del elemento impulsor o del impulsado.

Los tensores de cadena se utilizan para obtener la tensión adecuada entre los árboles, en aquellos casos en los que los centros tienden a quedar en una posición vertical relativa, o existe una operación pulsante, es importante proporcionar un medio para ajustar la tensión de la cadena con el fin de prolongar la vida de la misma. Debe colocarse un tensor de cadena, conocido a veces como rueda dentada loca, de manera que funciona contra el lado flojo o de regreso de la misma.

La lubricación es el factor más importante para mantener una eficiencia elevada y suministrar una larga vida en servicio, el propósito principal de la lubricación de la cadena es dar lugar a una película limpia de aceite en todos los puntos que reciban carga, en los que se presenta movimiento relativo. El método automático más sencillo para lubricar transmisiones

encerradas de cadena es el de lubricación por baño y resulta altamente satisfactorio para velocidades bajas o moderadas. Un buen programa de mantenimiento para una transmisión de cadena debe incluir instalación apropiada, alineación e inspecciones periódicas. Después de inspeccionar la instalación debe hacerse una inspección inicial después de 100 horas de operación; será necesario realizar una segunda inspección después de 500 horas, seguida por otras a intervalos regulares. Se recomienda lo siguiente como parte del programa de mantenimiento.

- Verificar la alineación de las ruedas dentadas y de los árboles. El desgaste sobre la superficie interior de los perfiles laterales de los eslabones de los rodillos y/o el desgaste en ambos lados de los dientes de las ruedas dentadas indican desalineación en la transmisión.
- Verifíquese el desgaste en los dientes de las ruedas. Dientes con forma de gancho indican desgaste en las ruedas.
- Verifíquese la tensión en la cadena. Una tensión incorrecta en la cadena puede provocar un funcionamiento no apropiado de la rueda.
- Verifíquese que la cadena este dentro de un plan de lubricación tomando en cuenta las horas de operación de la máquina para fijar una frecuencia.
- Inspecciónense las partes de la cadena. Búsquese indicaciones visibles de todo funcionamiento no apropiado como por ejemplo, un desgaste excepcional.

### 3.5.2. Bandas transportadoras de producto

Las bandas o cadenas de transporte, su función consiste en formar una superficie de deslizamiento sobre la cual viaja el producto. Dependiendo de las características específicas del producto a manejar, así como de las condiciones de trabajo en las cuales será instalado el transportador es determinado el tipo de banda o cadena utilizado.

Entre los tipos de bandas y/o cadenas para los transportadores o túneles, se encuentran los siguientes:

- Cadena *table-top* metálica

**Figura 36. Cadena *table-top* metálica**



- Cadena *table-top* termoplástica

**Figura 37. Cadena *table-top* termoplástica**



- Banda *sani-grid*

**Figura 38. Banda *sani-grid***



- Banda *flat-wire*

**Figura 39. Banda *flat-wire***



- Banda *flat-flex*

**Figura 40. Banda *flat-flex***



- Banda sanitaria

**Figura 41. Banda sanitaria**



- Banda Intralox

**Figura 42. Banda Intralox**



Cada factor es considerado durante el diseño de los túneles, incluyendo el medio ambiente en el cual la banda estará trabajando, la naturaleza de la carga y la tensión máxima requerida de la banda. Cada sistema y diseño minimizan o proveen tensión, cada uno permite el fácil acceso para mantenimiento, lubricación y se facilita la limpieza, de esta forma se incrementará la vida de la banda y se minimizarán sobre todo los costos de operación.

La banda seleccionada para el túnel de enfriamiento es plástica de marca intralox serie 1500 a principios de la década de los setenta, las bandas intralox revolucionaron la manera de transportar productos industriales y alimenticios con un nuevo estilo de bandas transportadoras en módulos plásticos. Construida de módulos plásticos y varillas de articulación, y accionada mediante transmisión por engranes de plástico, las bandas intralox poseen la calidad inherente que buscan los operadores de plantas, en cuanto a resistencia a la corrosión, transmisión directa, alta resistencia, poca fricción y resistencia a la abrasión. Además de estas características, los diseños de bandas Intralox ayudan al encargado de limpieza de planta a reducir el tiempo de paro para efectuar el mantenimiento y hacer de las reparaciones de bandas un proceso rápido y sencillo.

Las bandas intralox están construidas de módulos de plástico moldeados por inyección, montados en unidades intercaladas y unidades por varillas plásticas de articulación. Debido a la construcción modular, las bandas Intralox pueden hacerse de, prácticamente, cualquier ancho a partir de tres eslabones de ancho.

### **3.5.3. Soporte de banda**

Los soportes de banda o guías de desgaste se agregan a la estructura del túnel de enfriamiento para aumentar la vida útil de la banda y de dicha estructura, y para reducir las fuerzas de fricción deslizantes. La elección adecuada del diseño y material de las guías de desgaste que ofrezca el mejor coeficiente de fricción, reducirá el desgaste de la banda y de la estructura, además de los requisitos de potencia. Todo líquido limpio, como por ejemplo aceite o agua, actuará como refrigerante y como película de separación entre la banda y el recorrido de ida, por lo general, reducirá el coeficiente de fricción. Los abrasivos tales como sales, vidrios rotos, tierras y fibras vegetales se incrustarán en los materiales más blandos y producirán el desgaste de los más duros. En dichas aplicaciones el uso de guías de desgaste de mayor dureza prolongará la vida útil de la banda.

### **3.5.4. Sistemas de refrigeración**

El sistema de refrigeración es un sistema el cual es un ciclo cerrado de tal razón la descripción la podemos iniciar en cualquier punto. Esta descripción la iniciamos con el suministro de líquido refrigerante R-22 que sale del condensador, el refrigerante alimenta al evaporador, pasando en primera instancia por un filtro deshidratador que tiene por objetivo filtrar el R-22 y además retener la poca humedad del refrigerante que por alguna razón tenga, siguiendo su trayectoria el refrigerante pasa por un grupo de válvulas, una de ellas es la válvula solenoide la cual se activa cuando esta en operación el sistema y se desactiva cuando el sistema deja de funcionar; lo anterior con el fin de que exista paso de refrigerante sólo cuando este en operación el sistema,

posteriormente pasa por una válvula de paso y deja pasar líquido a las válvulas de expansión termostática para el evaporador; la evaporación del refrigerante que pasa por el túnel de enfriamiento. Al salir del equipo el refrigerante en forma de gas, es succionado por el compresor recíprocante para comprimirlo sufriendo un incremento en su presión y temperatura, este refrigerante pasa por el condensador de concha y tubo, este equipo condensa el refrigerante, por la acción del agua de torre de enfriamiento que recircula por el lado de tubos del intercambiador, es peligroso si no circula agua, por eso, si el interruptor de flujo no detecta paso de agua manda la señal al control maestro parando el equipo; continuando con el refrigerante este sale del condensador en estado líquido, pasando nuevamente al filtro de piedras desecantes iniciando nuevamente el ciclo.

### **3.5.5. Estructura**

Su estructura esta hecha en acero inoxidable, flechas cuadradas y guías de soporte en acero inoxidable. Su construcción está hecha mediante piezas estandarizadas, con perfiles, travesaños, soportes al piso, etc., para asegurar la rigidez necesaria y una buena resistencia a los esfuerzos de flexión y torsión.

Los paneles laterales del túnel de enfriamiento para lograr una hermeticidad y evitar que el aire frío se pierda son fabricados con lámina de acero inoxidable de 1/16" rellenos de espuma de poliuretano.

### **3.5.6. Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico del túnel de enfriamiento es alimentado en su sistema de fuerza para los motoredutores encargado de la tracción de las bandas de 220 voltios y para el control de arranque es de 110 voltios el cual nos sirve para el arranque de las bandas transportadoras de producto y arranque del compresor de refrigeración.

El control de túnel de enfriamiento esta conectado a un procesador SLC500, el cual realiza todo el control del sistema de arranques y paros del equipo, así como los ajustes de velocidad por medio de un *panel view*, ambos de la marca *Allen Bradley*.



## **4. MONTAJE DEL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO DE TORTILLAS**

### **4.1. Realización de project montaje del túnel de enfriamiento de tortillas de harina para las actividades y tiempos requeridos para el montaje**

El seguimiento al montaje del túnel de enfriamiento de tortillas, actividades y tiempos requeridos se llevarán por medio del programa project, el cual primero numera cada una de las actividades a realizar, segundo la descripción de cada actividad en forma escalonada, tercero la duración de cada actividad y la sumatoria del grupo de una actividad principal y el total del project, cuarto la fecha de inicio y final de cada actividad, quinto las actividades predeterminadas ya que si una actividad predeterminada no se ha terminado, una nueva no puede empezar, sexto el nombre de cada responsable de realizar una actividad determinada.

**Tabla II. Project montaje del túnel de enfriamiento de tortillas**

1	<b>MONTAJE DE ENFRIADOR DE TORTILLAS DE HARINA</b>	<b>11 días</b>	<b>mié 09/05/07</b>	<b>mar 22/05/07</b>	
2	<b>IIINSTALACION DE PLATAFORMA COMPRESORES DE REFRIGERACION</b>	<b>3 días</b>	<b>mié 09/05/07</b>	<b>vie 11/05/07</b>	
3	FABRICACION DE PLATAFORMA	2 días	mié 09/05/07	jue 10/05/07	Empresa CEM
4	INSTALACION DE PLATAFORMA	1 día	vie 11/05/07	vie 11/05/07	3 Empresa CEM
5	<b>DESMONTAJE DE TRANSPORTADORES ENTRADA</b>	<b>0.69 días</b>	<b>jue 17/05/07</b>	<b>jue 17/05/07</b>	
6	DESCONEXION ELECTRICA	1.5 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	GUSTAVO CASTILLO
7	DESENSABLE	2 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	6 GUSTAVO CASTILLO
8	ACARREO DE EQUIPO	2 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	7 GUSTAVO CASTILLO
9	SERVICIOS	3 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	6 GUSTAVO CASTILLO
10	<b>DESMANTELAR ENFRIADOR ACTUAL</b>	<b>0.81 días</b>	<b>jue 17/05/07</b>	<b>jue 17/05/07</b>	
11	DESCONEXION ELECTRICA	2 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	TECMISA
12	DESCONEXION DE SERVICIOS	3 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	11 TECMISA
13	DESCONEXION DE EQUIPO DE REFRIGERACIÓN	1.5 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	11 Taller La Cascada
14	TRASLADO DE EQUIPO A FUERA DE PLANTA	3 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	13 Taller La Cascada
15	<b>MODIFICACION DE TENSORES</b>	<b>1.25 días</b>	<b>jue 17/05/07</b>	<b>vie 18/05/07</b>	
16	INSTALACION DE TENSORES NUEVOS DE SERVICIOS	4 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	TECMISA
17	REALIZAR NUEVA TRAYECTORIA DE SISTEMA DE REFRIGERACION	6 horas	jue 17/05/07	vie 18/05/07	16 Taller La Cascada
18	<b>MOVIMIENTO DE ENFRIADOR</b>	<b>1.13 días</b>	<b>jue 17/05/07</b>	<b>vie 18/05/07</b>	
19	PREPARACIÓN DE ENFRIADOR PARA MOVERLO	1 hora	jue 17/05/07	jue 17/05/07	TECMISA
20	MOVIMIENTO DE ENFRIADOR A PRODUCCIÓN	3 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	19 TECMISA
21	ALINEACION Y NIVELACIÓN DE ENFRIADOR	2 horas	jue 17/05/07	jue 17/05/07	20 TECMISA
22	REALIZACIÓN DE TRAYECTORIA ELECTRICA	3 horas	jue 17/05/07	vie 18/05/07	21 TECMISA
23	INSTALACION DE TRANSFERENCIA DE PRODUCTO DEL COMAL	3 horas	jue 17/05/07	vie 18/05/07	21 TECMISA
24	<b>MOVIMIENTO DE AREA DE EMBOLSADO</b>	<b>0.75 días</b>	<b>vie 18/05/07</b>	<b>vie 18/05/07</b>	
25	DESCONEXION ELECTRICA	2 horas	vie 18/05/07	vie 18/05/07	CEFERINO AJBAL
26	DESCONEXION MECANICA	2 horas	vie 18/05/07	vie 18/05/07	25 RAFAEL APEN
27	MARCADO DE POSICION FINAL	3 horas	vie 18/05/07	vie 18/05/07	CEFERINO AJBAL
28	REUBICACION DE EQUIPO SELLADOR	3 horas	vie 18/05/07	vie 18/05/07	27 RAFAEL APEN
29	<b>UBICACIÓN DE TABLERO ELECTRICO PRINCIPAL</b>	<b>3 días</b>	<b>sáb 19/05/07</b>	<b>mar 22/05/07</b>	

## 4.2. Instalación de sistema de refrigeración

### 4.2.1. Instalación de plataforma para compresores de refrigeración

La plataforma para el montaje de los compresores de refrigeración que se utilizarán para los evaporadores se fabricará de tubo cuadrado de dos pulgadas en la base y lámina de 1/8" de espesor para el soporte, esta será soldada a las vigas de la nave de producción ya que los compresores estarán en el techo, la plataforma contará con escalera de acceso desde el taller de

mantenimiento e iluminación para realizar trabajos durante la noche, además se agregará un techo para la protección de los compresores de la lluvia, la medida de la plataforma será de tres metros de ancho por tres metros de largo.

#### **4.2.2. Realización del sistema eléctrico para compresores de refrigeración**

##### **4.2.2.1. Descripción de elementos eléctricos**

Entre algunos tipos comunes de elementos finales de control se pueden mencionar las válvulas de control, bombas de medición, relés, ventiladores, aspas ajustables o dampers, variadores de velocidad, motores, etc.

- **Motores**

Es una máquina eléctrica que convierte energía eléctrica en energía mecánica de rotación o par. Los motores más conocidos son el universal, el sincrónico y el de jaula de ardilla que es el más utilizado en procesos industriales. Los motores de jaula de ardilla funcionan con corriente alterna, tienen el rotor en forma de jaula de ardilla cuyo núcleo es de hierro laminado, los conductores longitudinales son de cobre y van soldados a las piezas terminales de metal; cada conductor forma una espira en el conductor opuesto conectado por dos piezas circulares en los extremos, cuando el rotor está entre dos polos del campo electromagnético formado en el estator, se induce una fuerza electromagnética en las espiras y una corriente circula por la espira la cual genera un campo electromagnético en el rotor, dicho campo trata de alinearse con el campo del estator por lo que el motor gira en la dirección del campo del estator.

**Figura 43. Motor eléctrico**



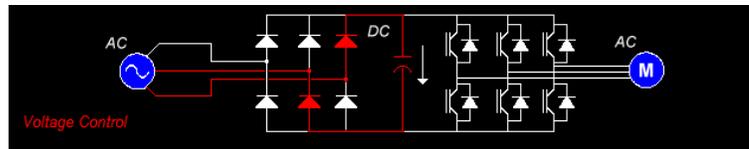
- **Variadores de velocidad**

El variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- Etapa rectificadora: convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- Etapa intermedia: filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- Etapa de control: esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia, y además controla los parámetros externos en general, etc.

**Figura 44. Etapa de control variador**



Los variadores mas utilizados utilizan modulaci3n PWM (modulaci3n de ancho de pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las arm3nicas y mejorar el factor de potencia. El fabricante que utiliza bobinas en la l3nea en lugar del circuito intermedio, tiene la desventaja de ocupar m3s espacio y disminuir la eficiencia del variador.

**Figura 45. Variador de frecuencia**



#### **4.2.2.2. Distribución de tubería eléctrica**

La tubería eléctrica para la alimentación del tablero eléctrico de fuerza y control de los compresores de refrigeración serán instaladas en los cargadores por medio de canaleta eléctrica de cuatro por cuatro pulgadas, la cual llegará al ducto de distribución principal del cual se derivarán dos tuberías de tubo galvanizado de una y media pulgadas, una para fuerza y otra para control.

#### **4.2.2.3. Soportería y anclaje de tubería**

La soportería será de varilla redonda de 5/8" soldada al techo con una separación de veinte pulgadas entre centros, al final de la varilla se soldará un metro de varilla redonda para ajustar la altura del cargador de la tubería eléctrica, el cargador será fabricado de angular de dos pulgadas por 3/16" por veinticuatro pulgadas de largo, en acero inoxidable, el ducto será anclado a la tubería por medio de tornillos internos de 7/16" de diámetro y 1" de largo, la tubería de 1 ½" será anclada por medio de abrazaderas omega de 1 ½".

#### **4.2.2.4. Requisición de materiales**

La requisición de materiales se entrega al departamento de compras para que realice los trámites de cotizaciones y se tenga para el inicio del montaje.

**Figura 46. Requisición de material eléctrico**

GRUPO BIMBO				REQUISICION DE MATERIALES				Folio Serie "M"		No. 0001624	
FABRICA BIMBO DE CENTROAMERICA, S.A.				LINEA		MAQUINA		ORDEN DE COMPRA		FECHA	
				TORTILLAS		TUNEL DE ENFRIAMIENTO				10-May-07	
Part.	Cant.	Tipo	Unidad	Descripción / No. De Parte				CODIGO MAN	EXIST. FISICA	PREC. UNIT.	IMPORTE
	200	mts		Cable Calibre 12 Color Negro							
	200	mts		Cable Calibre 14 Color Rojo							
	80	mts		Cable Blindado para Termopar							
	1	Pieza		Variador 10 HP 220V Allen Bradley							
	3	Pieza		Tomacorriente y Espiga de Pared Trifasico 16 Amp. LeGrand							
ELABORO				REVISO		AUTORIZO		CARGO A CTA. No.			
COTIZO : PROVEEDOR				TELEFONO		PRECIO		CONDICIONES		ATENDIDO POR	

### 4.2.3. Instalación compresores de refrigeración

#### 4.2.3.1. Descripción de elementos de refrigeración

Los siguientes manómetros y termómetros serán necesarios para observar las condiciones de los compresores durante su operación.

Manómetro de presión de aceite.

Manómetro de presión de succión.

Manómetro de presión de descarga.

Termómetro de gas en la succión.

Termómetro de gas en la descarga.

En el caso de soldar tuberías para la instalación se debe evitar que las

rebabas de soldadura obstruyan las tuberías. Normalmente el termostato de gas en la descarga y el de aceite para prevenir alta temperatura anormal sirve como protección contra fallo mecánico del compresor. La temperatura de aceite y la de gas en la descarga están relacionadas mutuamente. La anormalidad de temperatura debe anotarse en un corto tiempo después de la puesta en marcha del compresor. Si la presión presenta cualquier anormalidad hay que parar inmediatamente el compresor y encontrar la causa de la anormalidad para no convocar cualquier problema muy serio. Para este objeto se utilizarán los siguientes elementos.

Termostato de la temperatura de gas en la descarga.

Presostato de aceite (OP)

Presostato de alta (HP)

Presostato de baja (LP)

El calentador de aceite es una resistencia colocada en el cárter, como el refrigerante halógeno se disuelve fácilmente en el aceite, el aceite en el cárter puede producir fácilmente las espumas en el arranque del compresor, causando en la insuficiencia de presión de lubricación. Por esta razón hay que colocar un calentador de aceite y su termostato para calentar el aceite durante la parada del compresor. La mínima temperatura de aceite es 30 grados centígrados.

Como el aceite está incluido en el gas que sale del compresor la colocación de un separador de aceite es imprescindible. El gas que sale del compresor entra en el separador de aceite a través de la entrada colocada en el tope y circula alrededor de la pared interior del separador. Las partículas de aceite en el gas se separan por la fuerza centrífuga y se pegan en la pared y caen en el fondo del separador por su gravedad. Cuando se acumule el aceite

en el fondo del separador, abre automáticamente el flotador para retornar el aceite al compresor.

#### **4.2.3.2. Distribución de tuberías de refrigeración**

La tubería de refrigeración se hará por los tensores instalados para este servicio, cuando la tubería de refrigeración sea instalada se debe tener cuidado para que durante el montaje no entre polvo, suciedad, rebabas de soldadura etc. No utilizar trapos para limpiar el interior de los tubos ya que pueden quedar algunos trozos o hilos en el interior de los tubos. En el interior del compresor hay hidrógeno ó nitrógeno seco para evitar la oxidación, mantenerlos así hasta terminar definitivamente el montaje de las tuberías. Después puede fácilmente con sólo abrir las válvulas y tapones correspondientes asegurarse de que no entre agua en el interior de los tubos, ya que pueden originarse graves averías una vez arrancado el compresor.

Cuando se utiliza freón colocar las tuberías de aspiración con una ligera inclinación con el fin de facilitar el retorno del aceite. Debe tenerse especial cuidado de quitar tapones de plástico, bridas ciegas etc, que se utiliza para el envío como protección de tuberías. Se pueden dar casos de averías por causa de este olvido.

### 4.2.3.3. Requisición de materiales

Figura 47. Requisición de material tubería de cobre

GRUPO BIMBO MEX				REQUISICION DE MATERIALES				Folio Serie "M"		No. 0001625	
FABRICA BIMBO DE CENTROAMERICA, S.A.				LINEA	MAQUINA	ORDEN DE COMPRA	FECHA				
				TORTILLAS	TUNEL DE ENFRIAMIENTO		10-May-07				
Part.	Cant.	Tipo	Unidad	Descripción / No. De Parte			CODIGO MAN	EXIST. FISICA	PREC. UNIT.	IMPORTE	
	65	mts		Tuberia de Cobre 3/8"							
	65	mts		Tuberia de Cobre 7/8"							
	6	Pz		Codo de Cobre 3/8"							
	6	Pz		Codo de Cobre 7/8"							
<del>ELABORO</del>				<del>REVISO</del>		<del>AUTORIZO</del>		CARGO A CTA. No.			
COTIZO : PROVEEDOR				TELEFONO		PRECIO		CONDICIONES		ATENDIDO POR	

### 4.3. Instalación de sistema eléctrico

#### 4.3.1. Realización de diagrama eléctrico de fuerza y control

La realización del diagrama eléctrico de túnel de enfriamiento será la de identificar las señales de arranque de la banda de producto y el paro de emergencia que van al SLC. El cableado de fuerza únicamente irá del variador de frecuencia a los motoredutores de transmisión de la banda. Los compresores de refrigeración tienen cada uno su tablero únicamente se alimentarán los interruptores principales.

Figura 48. Diagrama de control del túnel de enfriamiento

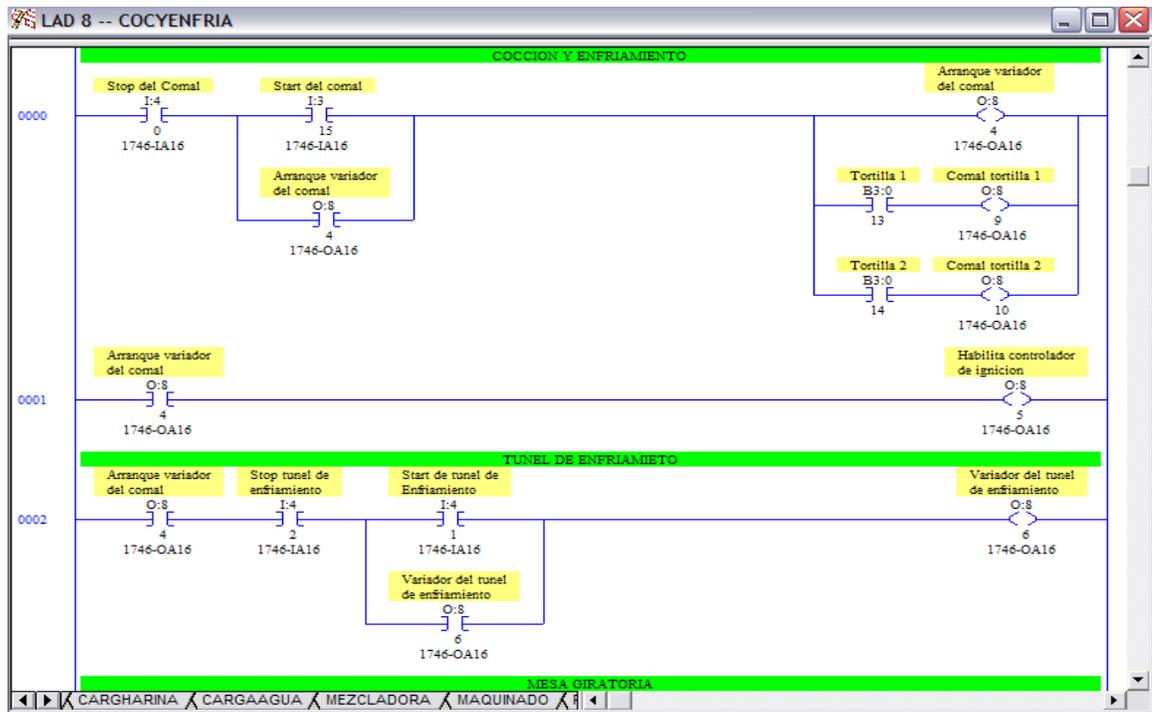
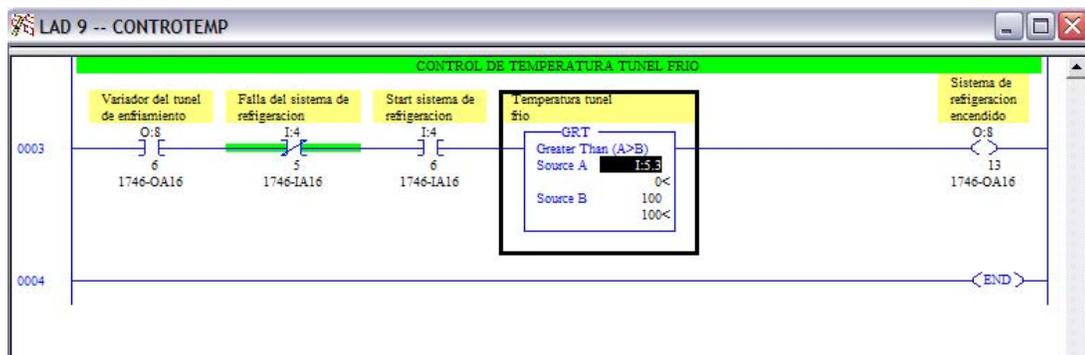
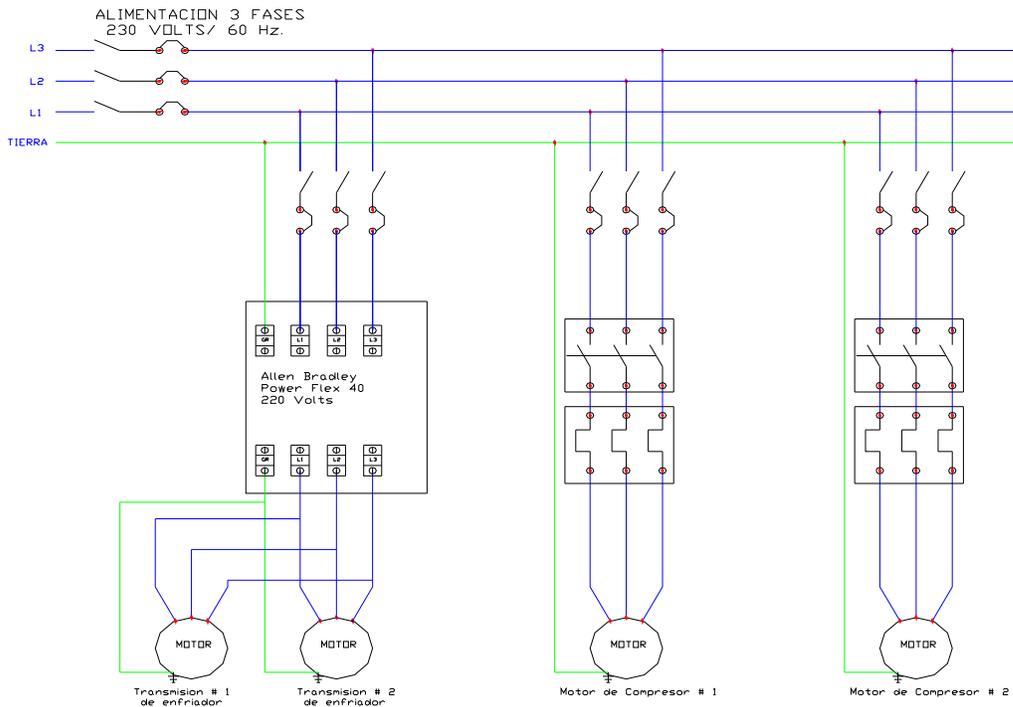


Figura 49. Diagrama de control de temperatura del enfriador



**Figura 50. Diagrama de fuerza del túnel de enfriamiento**



#### 4.3.2. Montaje de elementos eléctricos para transmisión

Los elementos eléctricos de fuerza para la transmisión son básicamente el interruptor principal de treinta amperios y el variador de frecuencia de 10 HP de potencia en voltaje 220V, para la transmisión de las bandas. En cuanto al control se instalará un botón de arranque de bandas, un botón de arranque para el compresor y una luz indicadora de que el compresor esta operando, un botón de emergencia para realizar el paro total del equipo por algún problema este estará cerca del área de envoltura.

### **4.3.3. Distribución de tuberías eléctricas**

La tubería eléctrica para el montaje del túnel de enfriamiento se modificará por la condición de que el equipo nuevo es dos metros más largo, con esto se moverá hacia delante la mesa giratoria de recepción de producto, la selladora de bolsas y el detector de metales, las conexiones de estos equipos se harán por la parte superior del túnel en enfriamiento en tubería de hierro galvanizado de dos pulgadas hasta la alimentación de la transmisión de cada equipo.

### **4.4. Diagrama de maquinaria actual**

El diagrama de maquinaria actualmente ya se refirió al esquema ubicado en el capítulo dos, aquí se puede obtener una mejor idea de la línea de producción.

### **4.5. Diagrama de maquinaria readecuada para el montaje**

El montaje del túnel de enfriamiento nuevo no requirió que se realizara ninguna modificación de las líneas de producción cercanas a la línea de tortillas, al hacer el recorrido de dos metros hacia delante del área de empaque de tortillas no llegó a molestar en su operación al área de batidos de donas, por lo cual el diagrama readecuado no se modificó.

### **4.6. Montaje de túnel de enfriamiento de tortillas**

Para el montaje de cualquier equipo es necesario primero conocer el entorno de un proyecto de este tipo, se requiere saber que tipo de maquinaria

se va a cambiar, realizar una lista de de actividades generales del montaje, involucrar a las áreas afectadas y las que participan en el montaje de la maquinaria, desglosar las actividades detalladamente hasta llegar a la estimación de tiempos de realización de estas actividades, realizar juntas de planeación y asignación de actividades, generar cronograma de trabajo de montaje del equipo.

Realización de trabajos previos al montaje para que se puedan reducir tiempos muertos, convocar a una junta un día antes del inicio del montaje y hacer un recorrido en el área afectada para eliminar los últimos detalles.

Dar seguimiento al cronograma en el momento de la ejecución del montaje mediante la coordinación de esfuerzos y recursos nos beneficia para no parar la línea de producción más tiempo del programado, ya que como todos los trabajos registrados en el cronograma están ligados y asignados a cierta actividad provoca el atraso de tres o más actividades y uno o dos días más de trabajos que no fueron considerados y planificados pudieran costarnos aproximadamente setenta mil quetzales diarios por día de atraso en el montaje.

#### **4.7. Programas de mantenimiento preventivo para nuevo túnel de enfriamiento de tortillas**

##### **4.7.1. Realización de procedimiento de mantenimiento preventivo para el túnel de enfriamiento de tortillas**

El mantenimiento preventivo nos llevará a un nivel confiable de operación del equipo de producción para evitar paros innecesarios, cada seis meses se realizará el mantenimiento preventivo a las partes mecánicas del túnel de

enfriamiento y una vez al año se hará el ajuste de las frecuencias de mantenimiento, si las fallas son demasiado altas se tendrá que reducir la frecuencia de mantenimiento.

#### ▪ **Motoreductor**

Revisar el amperaje de placa contra real antes y después de la intervención.

Cambio de cojinetes.

Revisar condición física de embobinado.

Revisar correcto funcionamiento de ventilador de enfriamiento.

Realizar limpieza y pintar motor.

Verificar condición física de cableado y estopa en su lugar.

Reductor revisar correcto anclaje a motor.

Reductor checar ruidos extraños.

Reductor revisar condición física del aceite.

#### ▪ **Transmisiones**

Revisar condición física de catarinas, cambiar si es necesario.

Revisar condición física de cuñas y cuñeros.

Revisar condición física de tensores, cambiar si es necesario.

Reapretar opresores.

Cadenas revisar condición física si están holgadas cambiarlas.

Cadenas alinear y lubricar.

- **Banda de producto**

Cambio de partes dañadas.

Revisar condición física de catarina, cambiar si es necesario.

Guías de deslizamiento revisar condición física, cambiar si es necesario.

- **Instalación eléctrica**

Revisar condición física de tubería, reparar partes quebradas o dañadas.

Verificar buena conexión a motores y elementos.

- **Guardas**

Verificar que estén en su lugar con tortillería completa.

Verificar correcto funcionamiento de micros de seguridad.

Verificar que tenga calcomanía de aviso de accidente.

Estructura verificar que el equipo no tenga golpes, reportar para programar su reparación.

- **Compresor de refrigeración**

## **Mensual**

Verificar tensión de bandas y alineación de poleas.

Verificar correcto funcionamiento de los manómetros y presostatos.

Comprobar fugas de gas o de aceite desde las conexiones, bridas, etc.

Inspeccionar y limpiar el circuito de agua y los tubos del condensador en caso

necesario.

### **Anual o 6,000 hrs. de funcionamiento**

Hay que desmontar la tapa prensa, los cabezales cilindros y la tapa carter, y quitar pistones y bielas.

Revisión y limpieza de los filtros.

Limpieza interior del cárter (nunca debe usar trapos ni las telas de fibra de vidrio).

Cambio de aceite.

Inspección de desgaste de bandas, cambiar si es necesario.

### **Cada dos años o 12,000 hrs. de funcionamiento**

Todo el mantenimiento anual.

Desmontar el cigüeñal y la tapa cuerpo cojinete.

Inspección de cojinete lado bomba y el de lado prensa. Cambiar si hay desgaste anormal.

Revisión de arandelas de empuje axial. Cambiarlas si están desgastadas o averiadas.

Inspección del cigüeñal. Cambiarlo si hay averías o desgaste.

Realizar limpieza de filtros/deshidratador y los filtros en el circuito de agua.

#### **▪ Manómetros**

Hay que arreglar una vez cada seis meses la indicación de presión por un manómetro estándar. Si se encuentra un error por pequeño que sea, es necesario cambiarlo.

#### **4.7.2. Realización de rutina de operación del túnel de enfriamiento de tortillas**

La rutina de operación se hará tres veces al día, una vez por cada turno de producción, con esta rutina buscamos desviaciones en las condiciones normales de operación para programar lo antes posible la reparación y evitar paros por fallas mecánicas.

- **Operación túnel de enfriamiento**

Temperatura de entrada de tortilla

Temperatura de salida de tortilla

- **Operación compresor de refrigeración**

Presión de succión

Presión de descarga

Presión de aceite

Presión de agua de enfriamiento a la entrada del condensador

Presión de agua de enfriamiento a la salida del condensador

Amperaje de motor L1

Amperaje de motor L2

Amperaje de motor L3



El personal que realice la limpieza de este equipo debe considerar las siguientes medidas de seguridad antes y después de la intervención de equipo:

- **Cerciorarse que el equipo esté desenergizado.**
  
- **Colocar la tarjeta de seguridad.**

Evitar los siguientes cuatro estados: prisa, frustración, fatiga y complacencia (exceso de confianza). Si evitamos los cuatro estados evitaremos los cuatro errores críticos que son: mente no en la tarea, ojos no en la tarea, en la línea de fuego y equilibrio, tracción y agarre.

- Diariamente revisa tus utensilios de limpieza y herramientas de trabajo.
- Mantén limpia y ordenada el área de sanidad.
- No uses el aire comprimido para barrer o limpiarte la ropa; evita al máximo su uso; y si es necesario usa lentes de protección.
- Camina con precaución en pisos mojados o con presencia de grasa.
- Cuando hagas aseó de pisos, coloca letreros de “CUIDADO PISO HÚMEDO”, y hazlo por secciones dejando siempre espacios para transito de personal.
- Al subir o bajar por las escaleras fijas, hazlo despacio y usa los pasamanos.
- Cuando uses escaleras portátiles, revisa que estén en buen estado y asegurarlas antes de utilizarlas y colócalas con una separación al muro igual a  $\frac{1}{4}$  de longitud de las escaleras.

- Usa los puentes y pasos, no brinques sobre maquinaria, bandas y transportadores.
- Al levantar objetos hazlo aplicando el método adecuado, para cargas pesadas usa el equipo adecuado.
- No juegues, ni hagas bromas en el trabajo.
- No uses anillos, relojes y “esclavas” o pulseras durante el trabajo.
- Obedece y respeta, los avisos y señalamientos de seguridad.
- Usa el equipo de protección personal adecuado para cada tarea.
- En lluvias, no transites en exteriores con objetos metálicos.
- Cuando estés realizando limpieza a equipo o maquinaria, coloca en el tablero de control el aviso de “PELIGRO NO TOCAR EQUIPO EN REPARACIÓN HOMBRE TRABAJANDO”.
- Utiliza las herramientas adecuadas para cada trabajo.
- Cuando manejes soluciones ácidas o alcalinas usa guantes especiales y lentes de seguridad.
- Recuerda que la limpieza de un equipo o maquinaria no termina hasta que tiene instaladas las guardas.

▪ **Útiles y herramientas**

Para la realización de esta limpieza se requerirá de cepillo, espátula, franela, jalador, jerga, escoba, manguera para el agua, fibra, plataforma, cubeta, lavadora a presión de agua y espumante.

- |                  |                                  |                           |
|------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1. Cepillo azul. | 1. Espátula metálica o plástica. | 1. Franela azul           |
| 1. Jalador.      | 1. Escoba azul.                  | 1. Manguera para el agua. |
| 1. Plataforma.   | 1. Fibra azul.                   | 1. Lavadora a presión de  |
| agua.            | 1. Espumante.                    | 1. Cubeta azul.           |

- **Detergentes**

Detergentes alcalinos TRIDE 2lt x 120lt de agua y sanitizantes BIOXAN 5ml x 1lt de agua.

- **Limpieza seca**

Raspar con espátula metálica o plástica.

Cepillar.

Barrer y recoger el producto retirado.

- **Limpieza húmeda**

Mojar la superficie utilizando agua.

Agregar detergentes mediante espumadores o manualmente con fibras y cepillos.

Cepillar y tallar.

Remover detergente mediante el uso de agua.

- **Limpieza semihumeda**

Tallar con fibra y franela en presencia de detergente.

Remover detergente con franelas secas

- **Sanitizar**

Dispersar el sanitizante en forma de capa.

Dejar secar naturalmente.

#### **4.9. Capacitación de personal operativo**

La capacitación del túnel de enfriamiento donde se tocará el tema de arranque, paro, paros de emergencia y la verificación de sí los compresores de refrigeración están funcionando, se realizaran en dos sesiones el primer grupo iniciara a las 12:00 hrs. y terminara a las 14:00 hrs. En este grupo está el personal de segundo y tercer turno, el segundo grupo será de 14:00 hrs. a 16:00 hrs. En este grupo está el personal del primer turno.



## CONCLUSIONES

1. Utilizando la herramienta del software project, donde se listan los pasos a seguir para una adecuada planeación del montaje del túnel de enfriamiento de tortillas de harina, se tendrán los tiempos mínimos para evitar paros prolongados de la línea de producción.
2. Para el montaje del túnel de enfriamiento se necesita contar con personal capacitado y que conozca del entorno de la operación del equipo, para delegar en él la responsabilidad de las pruebas en el arranque.
3. El ritmo de la línea de producción no se aumentó por los problemas de producto asimétrico o fuera de especificación, es importante resaltar que el ritmo en el túnel de enfriamiento de tortillas de harina puede absorber un cincuenta por ciento más de producto en su operación.
4. El programa de mantenimiento preventivo para el túnel de enfriamiento de tortillas está operando eficientemente debido a los equipos redundantes y refacciones estandarizadas para el mantenimiento, sin necesidad de paros prolongados de la producción.
5. El proceso de enfriamiento de la tortilla se realiza de forma continua eliminando desperdicios de producto debido a bandas que desacomodan el producto en su interior.
6. El departamento de mantenimiento debe involucrar a las áreas de

producción, sanidad, despacho y proveedores asignados al montaje para coordinar las actividades generales del montaje.

7. Durante el montaje del equipo, el encargado del proyecto debe dar un seguimiento al cronograma durante la ejecución, ya que si durante el montaje llegan a presentarse detalles que a las personas involucradas se les pasan él debe buscar una tercera opción del cronograma generado.
8. La capacitación es importante en el inicio del nuevo ciclo de operación de la línea, todo el personal debe estar comprometido con el aprendizaje e involucrarse lo antes posible a la nueva forma de trabajo.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar la rutina de operación del túnel de enfriamiento de tortillas una vez por turno, para verificar el correcto funcionamiento del equipo.
2. Programar el mantenimiento preventivo y la rutina de lubricación con las frecuencias definidas en el programa de mantenimiento preventivo, para garantizar el correcto funcionamiento del equipo.
3. El equipo redundante de dos compresores de refrigeración se deben intercambiar cada seis meses y realizar pruebas de arranque cada mes, para verificar su correcto funcionamiento y que cuando ocurra una falla en el equipo redundante no funcione.
4. Se debe verificar una vez al mes que el almacén cuente con refacciones críticas, como variadores de frecuencia, motoreductores, banda intralox, engranes de transmisión, si no hay alguna refacción realizar la requisición al almacén.
5. El costo generado por el montaje debe ser el mínimo necesario y que no sobrepase el presupuesto, pero sin caer en la exageración de no comprar lo necesario para garantizar la terminación del proyecto en el tiempo estimado, ya que como se denota en los beneficios saldría más caro tener una línea de producción sin trabajar.
6. Realizar la capacitación del personal para su adaptación a las nuevas

condiciones de operación durante el cambio y mejoras en el ambiente laboral por reducción de retrabajos y operaciones alternas después de los cambios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BCA. Principios de Refrigeración. México. Bimbo de Centroamérica, S.A. 1998. 48 pp.
2. BCA. Curso Teórico-Practico Elaboración de Tortillas de Harina. Bimbo de Centroamérica, S.A. 2000 75 pp.
3. Robert C. Rosales, P.E. y James O. Rice Associates. Manual de Mantenimiento Industrial Tomo III. México: 2da. Edición Mc Graw Hill. 1988. 441 pp.
4. Mycom Mayekawa de México, S.A. Ingeniería en Refrigeración y Mantenimiento. Manual de Operación y Mantenimiento. Unidad Condensadora con Capacidad de 30 TR. Bimbo de Centroamérica, S.A. 2006. 208 pp.
5. I.J. White Systems. Manual de Operación del Enfriador de Espiral. U.S.A: I.J. White, Editores, 2006. 345 pp.
6. Maquindal de México, S.A. Manual de Servicio y Operación para Transportadores. México. 1997. 175 pp.
7. Intralox Manual Técnico, Bandas Transportadoras Modulares de Plástico. 2004 263 pp.



## APÉNDICE

Figura 51. Túnel de enfriamiento nuevo

