

MONTAJE DE UN EVAPORADOR PARA UN CUARTO DE CONGELACIÓN

**JHON EDISON PÉREZ NANCLARES
RAMIRO ALEJANDRO RESTREPO ARBOLEDA
SERGIO ALEXANDER TROCHES FORONDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2013**

MONTAJE DE UN EVAPORADOR PARA UN CUARTO DE CONGELACIÓN

**JHON EDISON PÉREZ NANCLARES
RAMIRO ALEJANDRO RESTREPO ARBOLEDA
SERGIO ALEXANDER TROCHES FORONDA**

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Tecnólogo
en Electromecánica.**

**Asesor
ARLEY SALAZAR HINCAPIE
Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN
2013**

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Mayo de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A Dios quien hace posible todo lo que hemos logrado con el don de vida que nos ha regalado.

A nuestros padres que con su apoyo y motivación nos han forjado como profesionales íntegros.

A la institución universitaria Pascual Bravo y todos los docentes que han formado parte de nuestra educación universitaria.

A Arley Salazar Hincapié, asesor y líder del proyecto por su tiempo, dedicación y empeño en la construcción del laboratorio de refrigeración.

A todos aquellos que participaron de este mega proyecto para hacerlo una realidad.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1.EL PROBLEMA	12
2.JUSTIFICACIÓN	13
3.OBJETIVOS	14
3.1.OBJETIVO GENERAL	14
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<i>4.REFERENTES TEÓRICOS</i>	15
4.1 DEFINICIÓN DE EVAPORADOR	15
4.1.1 Función del evaporador.	15
4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN EVAPORADOR.	16
4.3 PARTES DE UN EVAPORADOR.	16
4.3.1 Válvula de Expansión.	17
4.3.2 Bulbo Sensor.	19
4.3.3 Serpentín de Enfriamiento.	20
4.3.3.1 Tamaño del serpentín.	20
4.3.3.2 Capacidad del serpentín.	21
4.3.3.3 Espacio entre aletas.	21
4.4 TIPOS DE EVAPORADORES.	21
4.4.1 Clasificación Según alimentación de refrigerante.	22
4.4.1.1 Evaporadores de Expansión Directa o Expansión Seca (DX).	22
4.4.1.2 Evaporadores Inundados.	23
4.4.2 Clasificación de los evaporadores según tipo de construcción.	23
4.4.2.2 Evaporadores de superficie de Placa.	24

4.4.2.3 Evaporadores Aleteados.	25
4.4.3 Clasificación de los evaporadores según su aplicación.	27
4.4.3.1 Evaporadores para Enfriamiento de Líquido:	27
4.5 EVAPORADORES DE MAYOR UTILIDAD EN LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.	31
4.6 IMPORTANCIA DE LOS EVAPORADORES EN LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.	32
4.7 TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL EVAPORADOR.	33
4.8. MONTAJE RECOMENDADO DE EVAPORADORES PARA CUARTOS FRÍOS.	33
4.8.1 Para la colocación del evaporador deberán seguirse las siguientes reglas generales	33
4.8.2 Espacios libres mínimos en los evaporadores según su tamaño.	34
4.8.3 Montaje de los Evaporadores	36
5.METODOLOGIA.	37
5.1. TIPO DE ESTUDIO.	37
5.2. MÉTODO.	37
5.3. POBLACIÓN.	37
5.3.1 Fuentes primarias.	37
5.3.2 Fuentes secundarias.	37
5.4. PROCEDIMIENTO.	38
6.RESULTADOS DEL PROYECTO.	39
6.2 Montaje del evaporador.	40
6.2.1 Ubicación del evaporador.	40
6.2.2 Instalación del evaporador.	40
6.2.3 Ubicación del evaporador dentro de la cámara de refrigeración.	41
6.2.4 Drenaje del condensado.	42

6.3 Mantenimiento del evaporador.	42
6.3.2. Mantenimiento Correctivo del Evaporador.	43
7. CONCLUSIONES	45
8. RECOMENDACIONES.	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Equivalencia entre Flujo de Calor y Flujo de Corriente	33
Tabla 2. Valores Máximos y Mínimos Recomendados para el Montaje de los Evaporadores al Centro.	36

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Principio de operación de un evaporador.	16
Figura 2. Partes de un Evaporador de expansión seca.	17
Figura 3. Válvula de Expansión Termostática.	18
Figura 4. Bulbo Sensor	19
Figura 5. Serpentín de Enfriamiento.	20
Figura 6. Evaporador de expansión seca.	22
Figura 7. Configuración de un evaporador inundado.	23
Figura 8. Evaporador de Tubos desnudos	24
Figura 9. Evaporadores de superficie de Placa	25
Figura 10. Evaporadores Aleteados.	26
Figura 11. Evaporador de inmersión	27
Figura 12. Esquema Temperaturas Evaporador doble tubo contracorriente.	28
Figura 13. Evaporador Multitubular	29
Figura 14. Partes de Evaporador Multitubular.	30
Figura 15. Evaporador Especial.	31
Figura 16. Colocación de Evaporadores para Congeladores y Cuartos Fríos Grandes	34
Figura 17. Evaporadores para Cuartos Fríos Medianos y Grandes	34
Figura 18. Evaporadores para Cuartos Fríos Pequeños	35
Figura 19. Evaporadores Montados al Centro	35
Figura 20. Evaporador Instalado en el Cuarto de Congelación.	39
Figura 21. Plano Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado.	40
Figura 22. Montaje Líneas de Aspiración, Líquidos y Eléctrica.	41
Figura 23. Instalación de trampa Para Drenaje.	42

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A: Anticipos al Contratista	48

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una descripción del modelo de selección de un evaporador para un cuarto de congelación. En el cual se describen los procedimientos, formulas, graficas tablas que se usan durante el proceso de selección del equipo acorde a las necesidades de carga térmica en el cuarto frio para congelación de alimentos.

Una vez seleccionado el evaporador se debe establecer una metodología para realizar la instalación en sitio, siguiendo las recomendaciones técnicas planteadas por los especialistas en el campo. Sin dejar a un lado las recomendaciones de los fabricantes. Quienes tiene la última palabra en la forma en que se debe realizar la instalación, el arranque y puesta en marcha de un equipo en particular.

El contenido de este proyecto realizara también un instructivo para el mantenimiento de este tipo de equipos, modos de operación, y actividades rutinarias con descripción de tareas y frecuencias en el tiempo para conservar la vida útil del equipo.

1. EL PROBLEMA

En la Institución Universitaria Pascual Bravo está en curso la adecuación de un laboratorio de refrigeración y aire acondicionado. Una de sus aplicaciones más importantes es la de congelación de alimentos. La cual tiene lugar en un cuarto de congelación diseñado para tal fin. Uno de los componentes necesarios para generar el frío y acondicionamiento del cuarto a las condiciones de diseño es el evaporador.

El funcionamiento correcto del cuarto de congelación como elemento clave en el laboratorio de la Institución depende en gran medida de una instalación bien realizada por el personal encargado, para garantizar que las prácticas realizadas a futuro por el personal de la institución arrojaran valores y resultados acordes al diseño.

El correcto montaje del evaporador arrojará un buen desempeño del mismo en la producción de frío dentro del cuarto de congelación, asegurando la correcta conservación de los alimentos.

2. JUSTIFICACIÓN

La industria hoy en día esta en un proceso de crecimiento económico e intelectual acelerado, lo cual indica que el personal de planta debe de ir paralelo a este crecimiento, como consecuencia de esto se hace necesario formar profesionales más capacitados con altos niveles de competitividad a nivel de conocimiento teórico y empírico para garantizar un nivel apto de competencia en el medio.

El mundo de la refrigeración ha tomado importancia debido al crecimiento económico global, que cada día exige niveles de calidad y producción más altos. El calentamiento global ha sido lamentablemente el aliciente para la implementación de sistemas de refrigeración con temperaturas muy bajas para la conservación y congelación de alimentos.

El instituto Tecnológico Pascual Bravo tenemos un espacio disponible para simular procesos de frio, entre ellos aplicaciones de congelación de alimentos para prolongar su tiempo de vida útil por lapsos más extensos.

Este proyecto realizara su aporte desde el punto de vista de la selección, instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración, específicamente en el componente madre del ciclo: El Evaporador.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Montar un evaporador que cumpla con las exigencias de carga térmica para el cuarto de congelación.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el procedimiento de instalación del evaporador.
- Instalar el evaporador de acuerdo a los parámetros técnicos.
- Realizar las pruebas de estanqueidad para detectar fugas y defectos de instalación.
- Poner a punto el evaporador de acuerdo a la operación general del sistema de enfriamiento.
- Realizar un proceso descriptivo de las actividades de mantenimiento posteriores a la instalación.

4. REFERENTES TEÓRICOS

Es importante realizar una fundamentación teórica que describa con claridad que es un evaporador, sus partes principales, sus tipos y métodos de selección para que la sección de montaje se realice bajo los estándares que, de aquí en adelante se describen

4.1 DEFINICIÓN DE EVAPORADOR

El propósito del evaporador es eliminar el calor de los productos, a través del refrigerante líquido. El líquido refrigerante contenido dentro del evaporador está hirviendo a una baja presión. El nivel de esta presión está determinado por dos factores:

- La velocidad a la que el calor se absorbe en el producto para el refrigerante líquido en el evaporador.
- La velocidad a la que el vapor de baja presión se retira del evaporador por el compresor.

Para permitir la transferencia de calor, la temperatura del refrigerante líquido debe ser menor que la temperatura del producto a ser enfriado. Una vez transferido, el refrigerante líquido es aspirado desde el evaporador por el compresor a través de la línea de succión. Al salir del evaporador el refrigerante líquido esta en forma de vapor.

4.1.1 Función del Evaporador.

El evaporador desempeña la función de enfriar el aire puesto en movimiento por el impulsor (ventilador centrífugo situado en el conjunto de distribución de trampillas) y enviado hacia el espacio acondicionar.

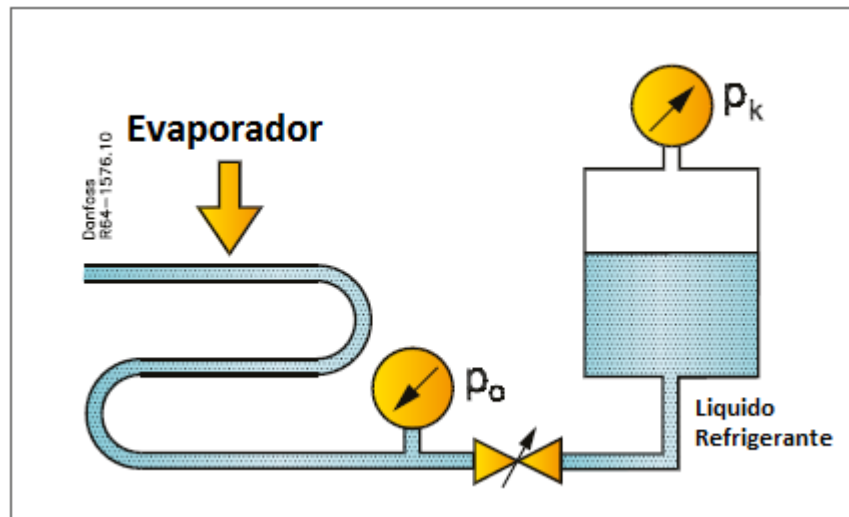
En ciertas condiciones de utilización del circuito de refrigeración, debe permitir deshumidificar ese flujo de aire, con el fin de evitar el empañado de las superficies acristaladas del vehículo. Sin embargo, el nivel de deshumidificación no es controlable ya que depende directamente de la temperatura a la se va a enfriar dicho aire; la deshumidificación del aire no se produce a menos que su temperatura sea inferior a la temperatura de rocío correspondiente al aire.

4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN EVAPORADO

Un refrigerante en estado líquido absorbe calor cuando este se evapora y es este cambio condicional produce el enfriamiento en un proceso de refrigeración. Si un refrigerante a la misma temperatura ambiente se le permite expandirse a través de una manguera con una toma de corriente a la presión atmosférica, el calor será absorbido de esta forma ocurrirá que el aire circundante y la evaporación a una temperatura correspondiente a la presión atmosférica. Si en una cierta presión situación en el lado de salida (presión atmosférica) se cambia, se obtiene una temperatura diferente ya que esta es análoga la temperatura original.

Tal principio de puede contemplar en la figura 1.

Figura 1. Principio de operación de un evaporador.



Fuente: DANFOSS, Principios de Refrigeración. 2010. P23.

4.3 PARTES DE UN EVAPORADOR.

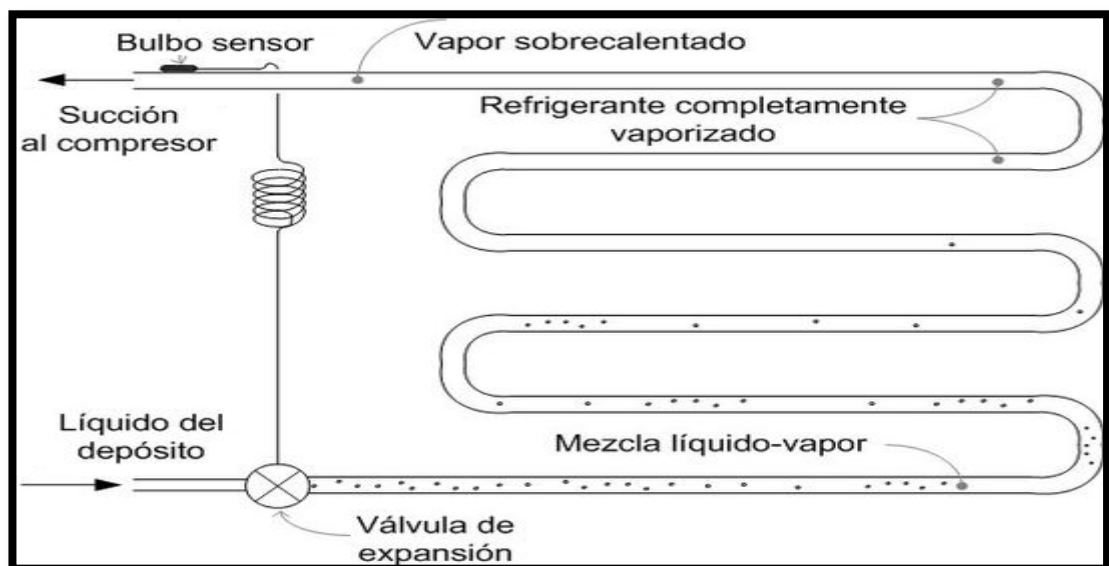
Los sistemas de evaporadores industriales normalmente constan de:
Un intercambiador de calor para aportar el calor sensible y el calor latente de evaporación del alimento líquido. En la industria de los alimentos normalmente se utiliza como medio de calentamiento vapor saturado.
Un separador en el que el vapor se separa de la fase líquida concentrada. En los sistemas que operan a presión atmosférica el separador puede omitirse.
Un condensador para condensar el vapor y eliminar el condensado del sistema.

Dependiendo de la aplicación, varios requisitos se imponen en el evaporador. Por lo tanto, se realizan en una serie de diferentes versiones.

Los evaporadores de circulación natural del aire se utilizan con menos frecuencia debido a la relativamente pobre transferencia de calor desde el aire a los tubos de refrigeración. Las versiones anteriores fueron equipadas con tubos lisos, pero ahora es común el uso de tubos acanalados o elementos de aletas. El rendimiento del evaporador aumenta significativamente si se utiliza la circulación forzada de aire. Con un aumento de la velocidad del aire de la transferencia de calor del aire al tubo es mejorado de manera que para un resfriado dado producir una menor superficie del evaporador de circulación natural puede ser utilizado. Como el nombre implica, un enfriador se enfría líquido. El método más sencillo consiste en sumergir un serpentín de tubo en un tanque abierto. Los sistemas cerrados están entrando en usar más y más.

La figura 2 muestra las partes típicas de un evaporador de expansión seca.

Figura 2. Partes de un Evaporador de expansión seca.



Fuente: DANFOSS, Principios de Refrigeración. 2010. P31.

4.3.1 Válvula de Expansión.

Una válvula de expansión termostática (a menudo abreviado como VET o válvula TX en inglés) es un dispositivo de expansión el cual es un componente clave en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema. Básicamente su misión, en los equipos de expansión directa

(seca), se restringe a dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este. Para realizar este cometido dispone de un bulbo sensor de temperatura que se encarga de cerrar o abrir la válvula para así disminuir o aumentar el ingreso de refrigerante y su consecuente evaporación dentro del evaporador, lo que implica una mayor o menor temperatura ambiente, respectivamente.

Este dispositivo permite mejorar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y de aire acondicionado, ya que regula el flujo másico del refrigerante en función de la carga térmica. El refrigerante que ingresa al evaporador de expansión directa lo hace en estado de mezcla líquido/vapor, ya que al salir de la válvula se produce una brusca caída de presión producida por la "expansión directa" del líquido refrigerante, lo que provoca un parcial cambio de estado del fluido a la entrada del evaporador. A este fenómeno producido en válvulas se le conoce como flash-gas.

La figura 3 muestra una válvula de expansión típica de una instalación en una planta de refrigeración.

Figura 3. Válvula de Expansión Termostática.



Fuente: DANFOSS, Principios de Refrigeración. 2010. P31.

4.3.2 Bulbo Sensor.

El bulbo sensor de temperatura, o también denominado bulbo remoto, de las válvulas de expansión termostáticas y válvulas limitadoras de presión es el elemento que mide el grado de sobrecalentamiento del vapor de refrigerante a la salida del evaporador.

Este bulbo, el que está conectado a la parte superior de la válvula por medio de un tubo capilar, se encuentra lleno de un fluido potencia denominado carga termostática, el cual al evaporarse ejerce una fuerza sobre el diafragma de la válvula controlando el flujo de refrigerante al interior del evaporador.

Figura 4. Bulbo Sensor



Fuente: DANFOSS, Principios de Refrigeración. 2010. P35.

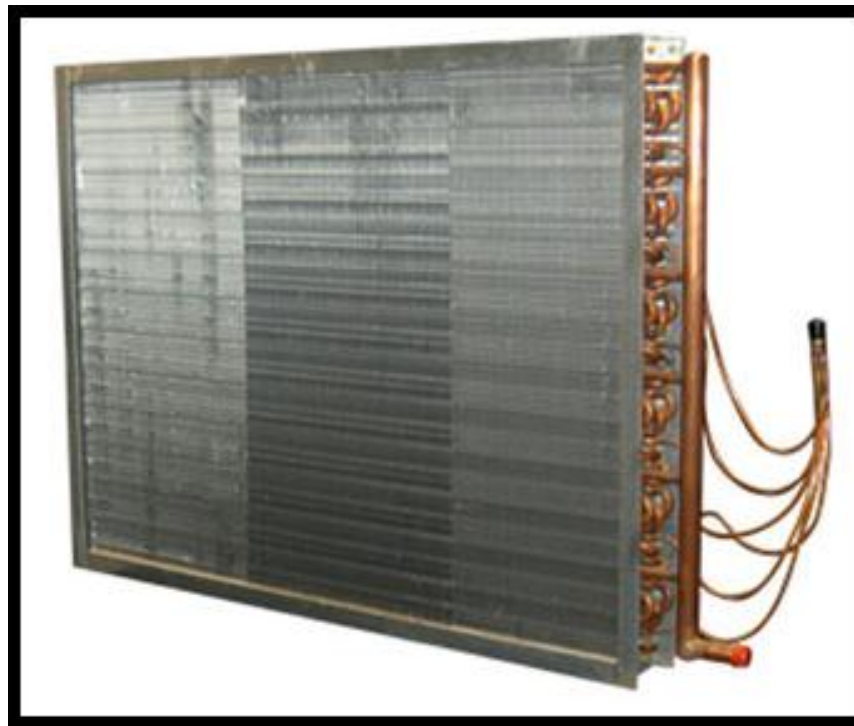
El funcionamiento adecuado de la válvula depende de la localización e instalación del bulbo. Ya que generalmente se usa un bulbo instalado en el exterior de la tubería debido a que existen otros que también puede ir dentro de ella, este debe ir firmemente fijado con abrazaderas metálicas y cercanas a la salida del evaporador, en posición horizontal. Su ángulo de fijación está recomendado a 45° por debajo del plano horizontal; si la tubería es demasiado estrecha o de igual sección circular que la del bulbo, se recomienda montar el

bulbo sobre esta. Todo este artificio es necesario a fin de evitar las erróneas señales de temperatura que arroja el aceite alojado en la parte inferior de la tubería a la salida del evaporador, las cuales indican un equívoco valor de sobrecalentamiento, distinto al del vapor de refrigerante.

4.3.3 Serpentín de Enfriamiento.

Es un haz de tubos fabricados en cobre y con aletas, los serpentines de intercambio de calor utilizados para la eliminación de calor del aire en sistemas de aire acondicionado y refrigeración operan en circunstancias muy complejas. Sin embargo, si se siguen ciertas pautas no se causaran problemas en su operación.

Figura 5. Serpentín de Enfriamiento.



Fuente: WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado 4. España P45

4.3.3.1 Tamaño del Serpentín.

El tamaño del serpentín debe regirse por el volumen de aire a manejar. Las velocidades de superficie deben estar por encima de 1,5 M / S para fomentar la distribución uniforme del aire pero por debajo de 2,6 M / S para asegurar que el

agua condensada no se lleva fuera del serpentín por el aire. Esta cifra puede superarse si se colocan separadores de aguas abajo del serpentín para recoger el agua, sin embargo, la caída de presión de aire por lo general se hace excesiva en mayores valores de velocidad.

La selección de una velocidad nominal máxima será determinada por un tamaño mínimo de área de contacto, pero la longitud de relación altura tendrá un efecto en el precio. Un serpentín largo y estrecho tiene menos tubos, soldadura y colector que el de un serpentín más cuadrado por lo que es más barato de fabricar. Si se toma a una extrema esto puede resultar en costes excesivos conductos y por lo que una proporción de 2:1 a menudo se llama para. La altura de aletas de un serpentín de enfriamiento puede tener un efecto sobre el rendimiento cuando el serpentín está operando en condiciones "húmedas" si el agua que cae de la parte superior del serpentín comienza a afectar el flujo de aire por la parte inferior. Por esta razón la altura es a menudo limitada a 750 - 900 mm.

4.3.3.2 Capacidad del serpentín.

La carga o de la tasa del serpentín debe determinarse a partir de la carga de calor en base a los cálculos del espacio a acondicionar. Esta carga tendrá normalmente un calor latente, así como el contenido de calor sensible. Los dos se suman y se expresan como la carga "Total" y la carga "Sensible" por lo general se especifica por separado.

4.3.3.3 Espacio Entre Aletas.

El espacio entre aletas puede variar en función del fabricante para obtener la capacidad de enfriamiento requerida y puede ir de 236 a 551 Aletas por metro (FPM). Cerrar separación de aletas es la más económica manera de aumentar el rendimiento de transferencia de calor, sin embargo, el serpentín recoge la suciedad a una mayor tasa. A menudo, 472 o 394 FPM se especifican como un máximo para frenar este proceso.

4.4 TIPOS DE EVAPORADORES.

Debido a que un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado, los evaporadores se fabrican en una gran variedad de tipos, tamaños y diseños y se pueden clasificar de diferentes maneras.

4.4.1 Clasificación Según alimentación de refrigerante.

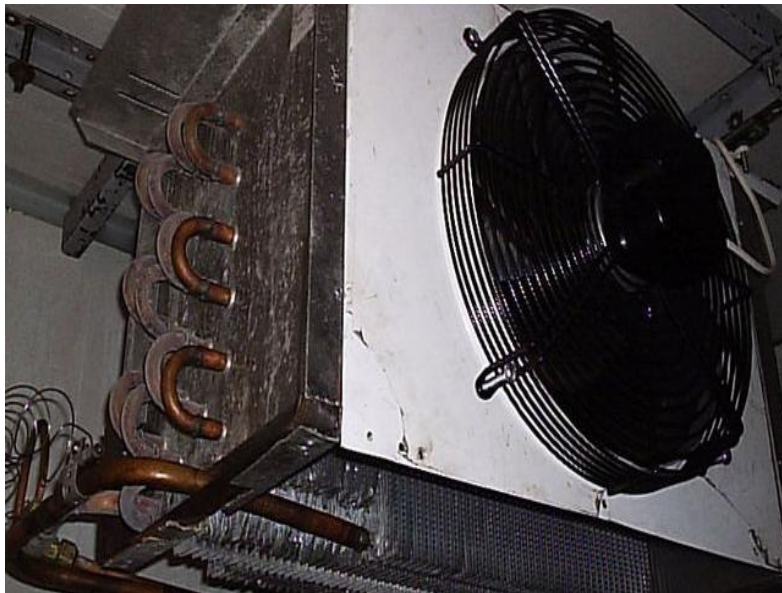
4.4.1.1 Evaporadores de Expansión Directa o Expansión Seca (DX).

En los evaporadores de expansión directa la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es puramente vapor sobrecalentado. Estos evaporadores son los más comunes y son ampliamente utilizados en sistemas de aire acondicionado. No obstante son muy utilizados en la refrigeración de media y baja temperatura, no son los más apropiados para instalaciones de gran volumen.

La vaporización completa se asegura mediante un recalentado del refrigerante, que por otro lado, redundará en un mayor consumo del compresor. En la zona en que el título del refrigerante es igual a la unidad el coeficiente de transferencia de calor del fluido refrigerante será inferior al de zonas en que exista una mezcla de líquido y vapor.

En la figura 6 se observa claramente es aspecto de un evaporador de expansión seca o expansión directa.

Figura 6. Evaporador de expansión seca.

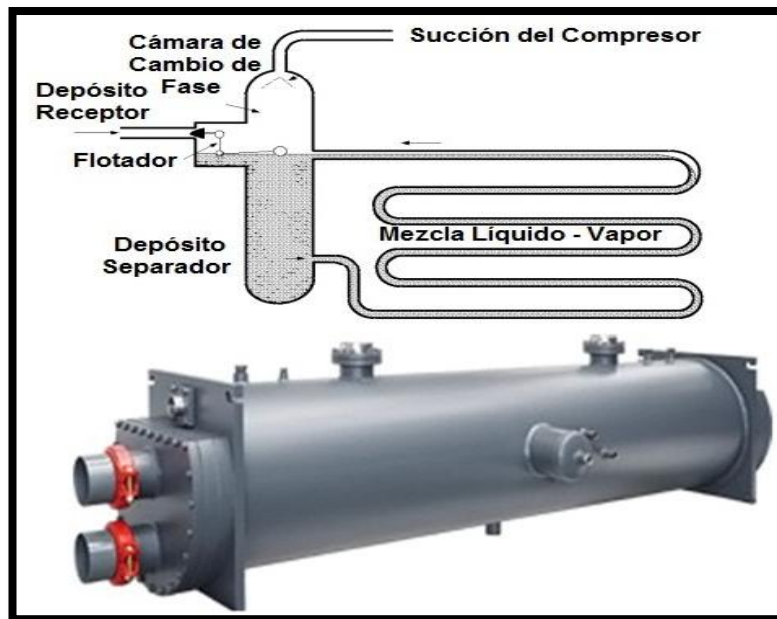


Fuente: S.K.WANG "Handbook of air conditioning and Refrigeration" 2ª Ed. New York, NY, P22.

4.4.1.2 Evaporadores Inundados.

En este tipo de evaporadores el flujo másico de líquido supera con creces al flujo de vapor producido en el evaporador. De esta manera, el fluido que abandona el evaporador es mezcla vapor-líquido de alto título, que no alcanza a ser vapor saturado. Es común el apelativo de "sobrealimentación de líquido" para estos intercambiadores, los que preferentemente son utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores, operando a baja temperatura y utilizando amoníaco (R717) como refrigerante.

Figura 7. Configuración de un evaporador inundado.



Fuente: L. WANG, B.SUDÉN y R.M.MANGLIK. "Plate heat exchangers: Design applications and performance". 1ª ed. Southampton UK, 2007 P 89.

4.4.2 Clasificación de los evaporadores según tipo de construcción.

4.4.2.1 Evaporadores de Tubos descubiertos.

Evaporador de tubo descubierto de cobre para enfriamiento de agua. Los evaporadores de tubo descubierto se construyen por lo general en tuberías de cobre o bien en tubería de acero. El tubo de acero se utiliza en grandes evaporadores y cuando el refrigerante a utilizar sea amoníaco (R717), mientras para pequeños evaporadores se utiliza cobre. Son ampliamente utilizados para el enfriamiento de líquidos o bien utilizando refrigerante secundario por su

interior (salmuera, glicol), donde el fenómeno de evaporación de refrigerante no se lleva a cabo, sino más bien estos cumplen la labor de intercambiadores de calor. Los tubos desnudos no están recubiertos por nada en su superficie tal cual como lo indica la figura 8.

Figura 8. Evaporador de Tubos desnudos



Fuente: MIRANDA, Ángel Luis; JUTGLAR Banyeras, Luis, técnicas de refrigeración Marcombo, S.A. 1ª ed. 2009.

4.4.2.2 Evaporadores de superficie de Placa.

Existen varios tipos de estos evaporadores. Uno de ellos consta de dos placas acanaladas y asimétricas las cuales son soldadas herméticamente una contra la otra de manera tal que el gas refrigerante pueda fluir por entre ellas; son ampliamente usados en refrigeradores y congeladores debido a su economía, fácil limpieza y modulación de fabricación. Otro tipo de evaporador corresponde a una tubería doblada en serpentín instalada entre dos placas metálicas soldadas por sus orillas. Ambos tipos de evaporadores, los que suelen ir recubiertos con pintura epóxica, tienen excelente respuesta en aplicaciones de refrigeración para mantención de productos congelados. La sección del congelador de la nevera es lo más cercano a un evaporador de placas como se observa en la figura 9.

Figura 9. Evaporadores de superficie de Placa



Fuente: CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR (2004).

4.4.2.3 Evaporadores Aleteados.

Los serpentines aleteados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales se colocan placas metálicas o aletas y son los más ampliamente utilizados en la refrigeración industrial como en los equipos de aire acondicionado. Las aletas sirven como superficie secundaria absorbidora de calor y tiene por efecto aumentar el área superficial externa del intercambiador de calor, mejorándose por tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases.

El tamaño y espaciado de las aletas depende del tipo de aplicación para el cual está diseñado el serpentín. Tubos pequeños requieren aletas pequeñas y viceversa. El espaciado de la aletas varía entre 1 hasta 14 aletas por pulgada, dependiendo principalmente de la temperatura de operación del serpentín. A menor temperatura, mayor espaciado entre aletas; esta distancia entre las aletas es de elemental relevancia frente la formación de escarcha debido a que esta puede obstruir parcial o totalmente la circulación de

aire y disminuir el rendimiento del evaporador. En la figura 10 se observa la separación que existe entre aleta y aleta.

Figura 10. Evaporadores Aleteados.



Fuente: CUSA, j. Calefacción, Refrigeración y acondicionamiento de aire. Editorial: ediciones ceac 2008 p45.

Respecto de los evaporadores aleteados para aire acondicionado, y debido a que evaporan a mayores temperaturas y no generan escarcha, estos pueden tener hasta 14 aletas por pulgada.

Ya que existe una relación entre superficie interior y exterior para estos intercambiadores de calor, resulta del todo ineficiente aumentar el número de aletas por sobre ese valor (para aumentar superficie de intercambio optimizando el tamaño del evaporador), ya que se disminuye la eficiencia del evaporador dificultando la circulación del aire a través de este.

Esta circulación de aire se realiza de dos maneras: por convección forzada por ventiladores bien sean centrífugos o axiales, mono o trifásicos, conforme la aplicación y de manera natural por diferencia de densidades del aire, fenómeno conocido como convección natural.

4.4.3 Clasificación de los evaporadores según su aplicación.

4.4.3.1 Evaporadores para Enfriamiento de Líquido:

Evaporadores de inmersión. Estos evaporadores están formados por un tubo al cual se le da la forma más conveniente para su colocación en el recipiente que se desea enfriar, tomando el nombre de evaporadores de inmersión.

El material empleado principalmente en este tipo de evaporadores es el tubo de cobre, aunque en instalaciones de gran capacidad también se emplean serpentines de tubo de acero como se observa en la figura 11.

Figura 11. Evaporador de inmersión



Fuente: MIRANDA, a Cámaras Frigoríficas. L. Editorial: ediciones CEAC 1996. P56.

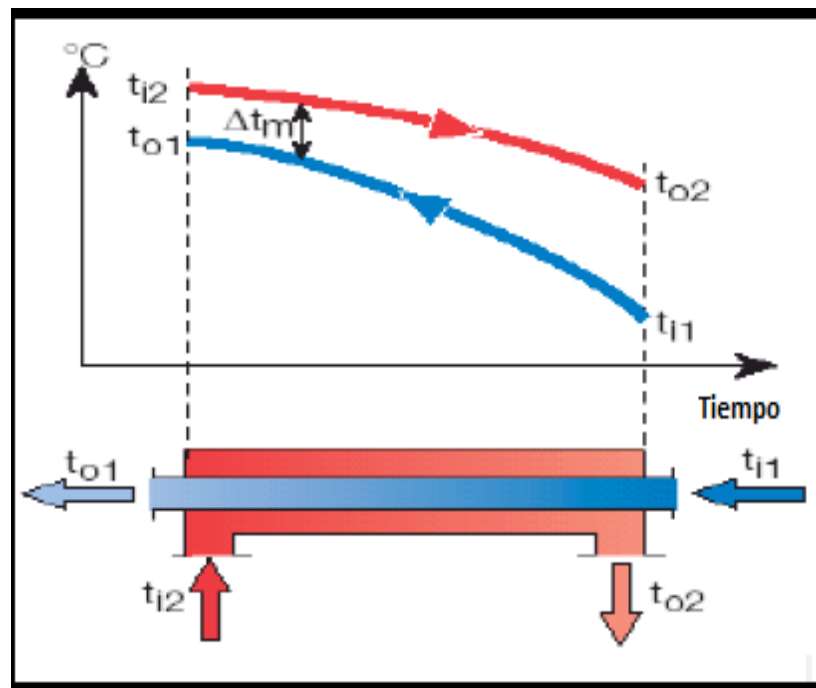
Evaporadores de doble tubo a contracorriente. La construcción de estos evaporadores es similar a los de condensadores a contracorriente. Su utilización es muy escasa, ya que implica que para la limpieza del circuito de líquido incongelable ó del agua, el aislamiento de cada codo sea desmontable.

Evaporadores de lluvia o de cortina: Este tipo de evaporadores se vienen utilizando para el enfriamiento de líquidos alimenticios como leche, cerveza, vino, etc.

Sus condiciones de aplicación hacen que este evaporador se divida en dos partes. En la sección primera del aparato el líquido a enfriar baja de la temperatura de entrada (cercana a 100°C en el caso del mosto procedente de la cuba, o de 75 °C en el caso de la leche que sale del pasteurizado, hasta la temperatura cercana a la temperatura del agua de suministro, que circula por el interior de dicha sección de tubos.

En la segunda sección del evaporador, el líquido se enfría hasta la temperatura deseada de conservación, por la circulación de agua helada obtenida en evaporadores acumuladores de frío, o por expansión directa del fluido refrigerante. Los cambios en la temperatura se pueden apreciar de manera esquemática en la figura 12.

Figura 12. Esquema Temperaturas Evaporador doble tubo contracorriente.



Fuente: RUFES, Pedro Ciclo De Refrigeración Rufes, Pedro Editorial: Ediciones Ceac 2004 P89.

El agua de enfriamiento circula primero en un haz de tubos separadores y el fluido refrigerante por el segundo haz colocado debajo de aquél. Las dos secciones se hallan en contacto total con dos placas de acero inoxidable sobre las cuales cae por lluvia el líquido que ha de enfriarse, repartiéndose a todo el ancho del evaporador por medio de un depósito distribuidor. Después de su enfriamiento, el líquido se recoge en el tanque de recuperación.

Evaporadores multitubulares. Este tipo de evaporadores, se emplean normalmente para el enfriamiento de líquidos por expansión directa del refrigerante. Están formados por un haz de tubos instalados en el interior de un cilindro de chapa de acero y pueden ser de dos tipos:

Que el refrigerante circule por el interior de los tubos y el líquido a enfriar circule por el cilindro, o bien que el líquido a enfriar circule por el interior de los tubos y el refrigerante evapore en el interior del cilindro como se observa en la figura 13 y 14 respectivamente.

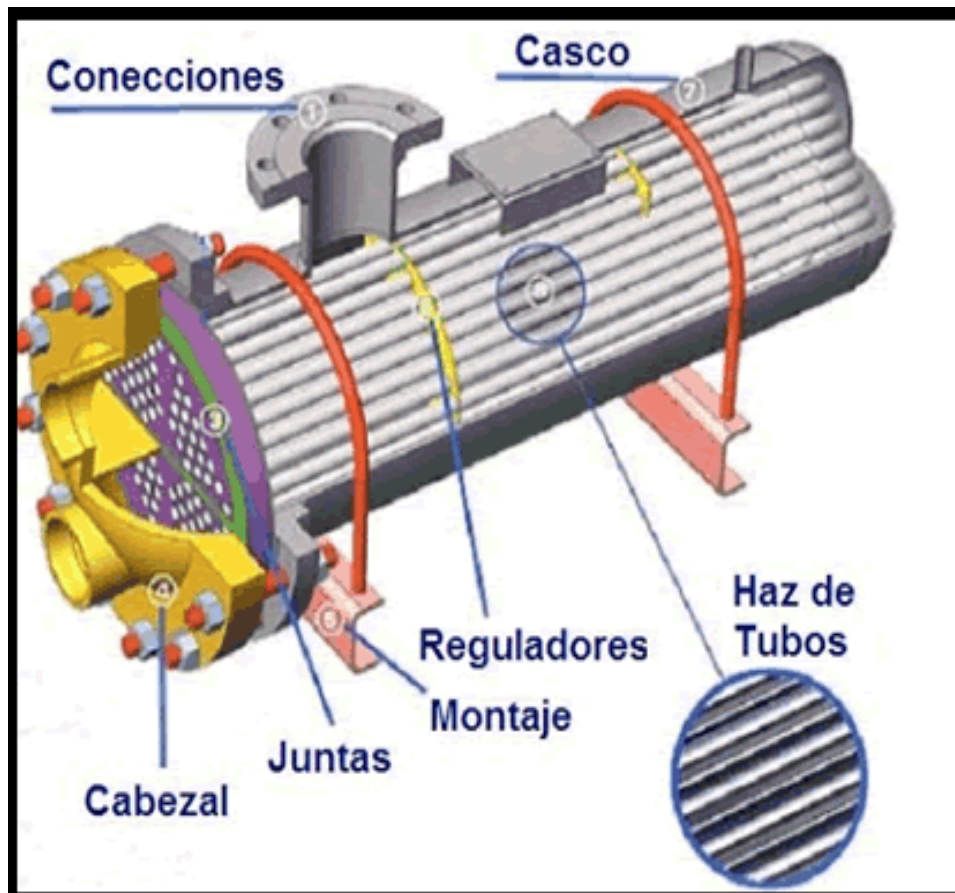
Figura 13. Evaporador Multitubular



Fuente: CARNICER, Aire Acondicionado Editorial: Paraninfo 2000, España P90.

En el primer caso la alimentación de refrigerante a los tubos se realiza a través de una válvula de expansión termostática, y en el segundo caso con el refrigerante expandido en el circuito, el líquido a enfriar se mantiene a un nivel por debajo de la parte superior del envoltente a fin de que haya suficiente espacio para la separación entre el refrigerante líquido y vapor, trabajando en un régimen inundado y regulando la inyección por medio de una válvula de flotador.

Figura 14. Partes de Evaporador Multitubular.



Fuente: CUSA, j Refrigeración y acondicionamiento de aire. Editorial ediciones CEAC España, 2009, p78.

Las temperaturas de funcionamiento estimadas como normales son:

- Temperatura de evaporización = + 2 °C.
- Temperatura de entrada del agua = + 12 °C.
- Temperatura de salida del agua = + 7 °C.

Evaporadores especiales. Uno de estos evaporadores son los utilizados en enología, el cual se destina a enfriar las sidras y los vinos a fines de clarificación.

Este evaporador se compone de una cava en la que el vino a tratar entra por la parte inferior como se observa en la figura 15. Esta cava está provista de un doble envolvente en cuyo interior se evapora el fluido refrigerante. En la parte superior de este doble envolvente existe un depósito adicional que forma la cúpula de vapor, para la salida de éste, y también para obtener la separación de las partículas de líquido contenidas en el mismo.

Figura 15. Evaporador Especial.



Fuente: www.dellatofola.com

Por medio de un agitador de paletas y de rascadores, se mantiene en movimiento el vino que debe tratarse, a la vez se enfría a una temperatura cercana al punto de congelación.

4.5 EVAPORADORES DE MAYOR UTILIDAD EN LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.

Los sistemas que se utilizan o se han utilizado en la industria para conseguir la concentración por evaporación de los alimentos líquidos, son muy numerosos. No existe un evaporador que sea adecuado para todas las condiciones ni para todo tipo de alimentos. La calidad del producto, las propiedades de transmisión de calor, energía y factores económicos son los que determinan la elección de uno u otro tipo de evaporador para cada aplicación particular.

- Evaporador de tubos verticales cortos (más antiguo utilizado en la industria alimentaria).
- Evaporador de película descendente (Alimentos sensibles al calor).

- Evaporadores centrífugos (concentración de productos termo-sensibles).
- Evaporador de serpentín rotativo (concentración de tomates).
- Evaporador de camisa de vapor (más simple y antiguo utilizado en la industria alimentaria).

4.6 IMPORTANCIA DE LOS EVAPORADORES EN LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.

La evaporación es un proceso generalizado en la industria. Básicamente consiste en la separación de una mezcla mediante destilación simple del componente más volátil y posterior condensación para ser colectado.

La utilización de evaporadores emerge de las tecnologías que se aplican en distintas ramas de la industria: En la industria de la azucarera, el azúcar contenido en la materia prima es extraído con agua. Posteriormente el agua es eliminada en evaporadores que permiten obtener el azúcar.

En la industria farmacéutica es habitual la síntesis de productos en el seno de un disolvente orgánico que después debe ser eliminado.

En la industria de residuos, se utilizan los evaporadores para la minimización de residuos haciendo más sencillo y económico su transporte y su posterior eliminación.

- La importancia de los evaporadores en la industria alimentaria se debe a su utilidad.
- Asegurar mayor estabilidad fisicoquímica (almacenamiento).
- Hacer más cómodo su transporte y utilización (fluidez y concentración).
- También son ideales para el concentrado, destilado, o reaccionado de productos que poseen una o más características problemáticas, tales como sensibilidad al calor, alta viscosidad.
- Disminución del contenido de agua del alimento para evitar el desarrollo de microorganismos.

4.7 TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL EVAPORADOR.

Se puede visualizar el proceso de transferencia de calor en un evaporador, como un proceso análogo al proceso de circulación de una corriente eléctrica por una resistencia. La ley de Ohm nos dice que $I=V/R$ La correspondiente equivalencia para el flujo de calor se resume en la tabla 1.

Tabla 1. Equivalencia entre Flujo de Calor y Flujo de Corriente

CANTIDAD	SIMBOLO Y UNIDADES	
	ELECTRICIDAD	TRANSF. CALOR
FLUJO	I, Amperio	Q, Watts
POTENCIAL	V, Volts	Δt , °C
RESISTENCIA	R, Ohm	X/kA, 1/hA, °C/W

Fuente MIRANDA, Ángel Luis; JUTGLAR Banyeras, Luis técnicas de refrigeración; Marcombo, S.A.1ª ed. 1999, P48.

4.8. MONTAJE RECOMENDADO DE EVAPORADORES PARA CUARTOS FRÍOS.

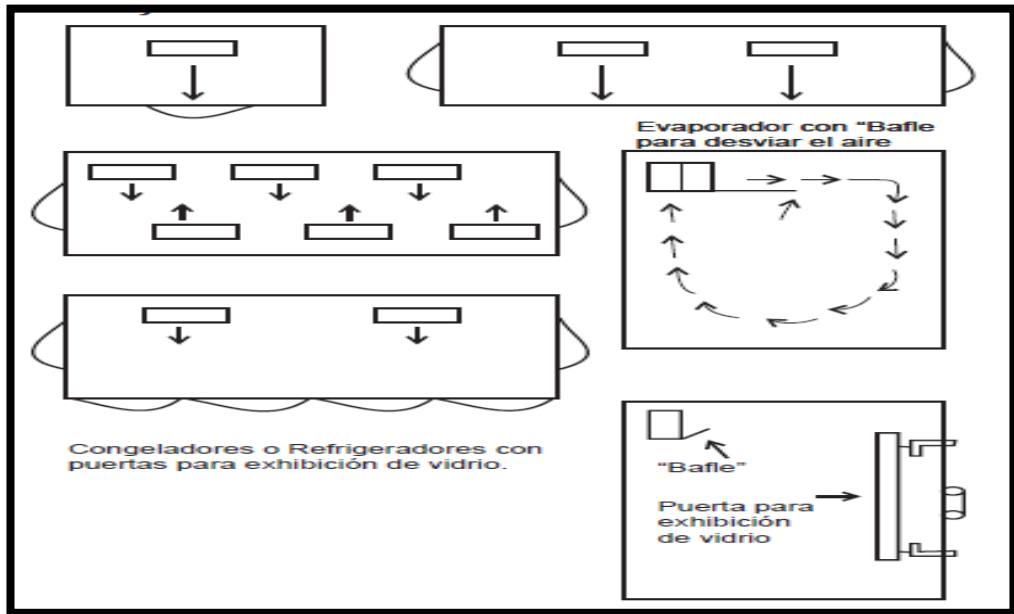
4.8.1 Reglas generales para la colocación del evaporador:

- La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente.
- Nunca colocar los evaporadores sobre la puerta.
- La ubicación de anaqueles etc. deberá conocerse.
- La ubicación relativa al compresor debe ser para mínimos recorridos de tubería.
- Ubicar la línea de drenado de los condensados para mínimos recorridos de tubería.

El tamaño y forma del almacén generalmente determinará el tipo y el número de evaporadores a usar y su ubicación.

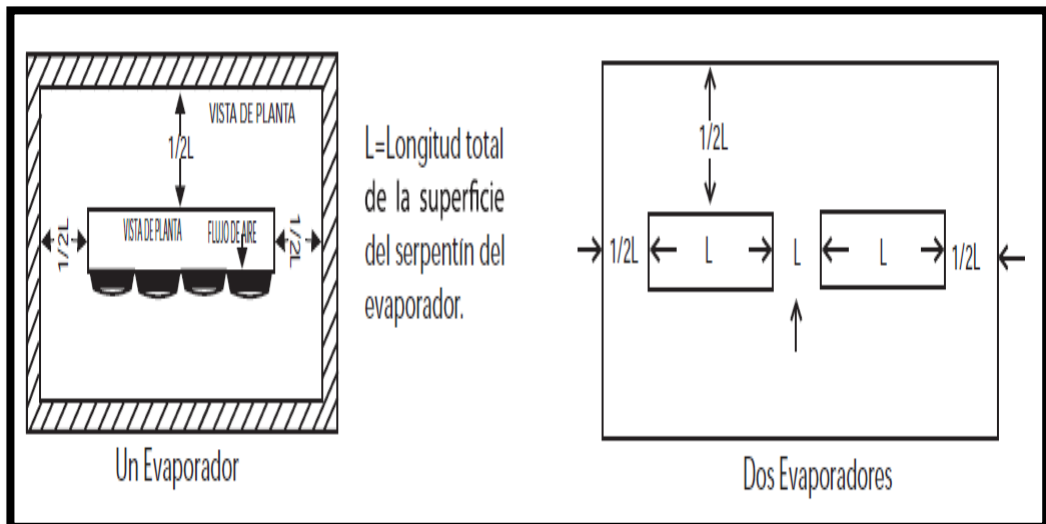
4.8.2 Espacios libres mínimos en los evaporadores según su tamaño.

Figura 16. Colocación de Evaporadores para Congeladores y Cuartos Fríos Grandes



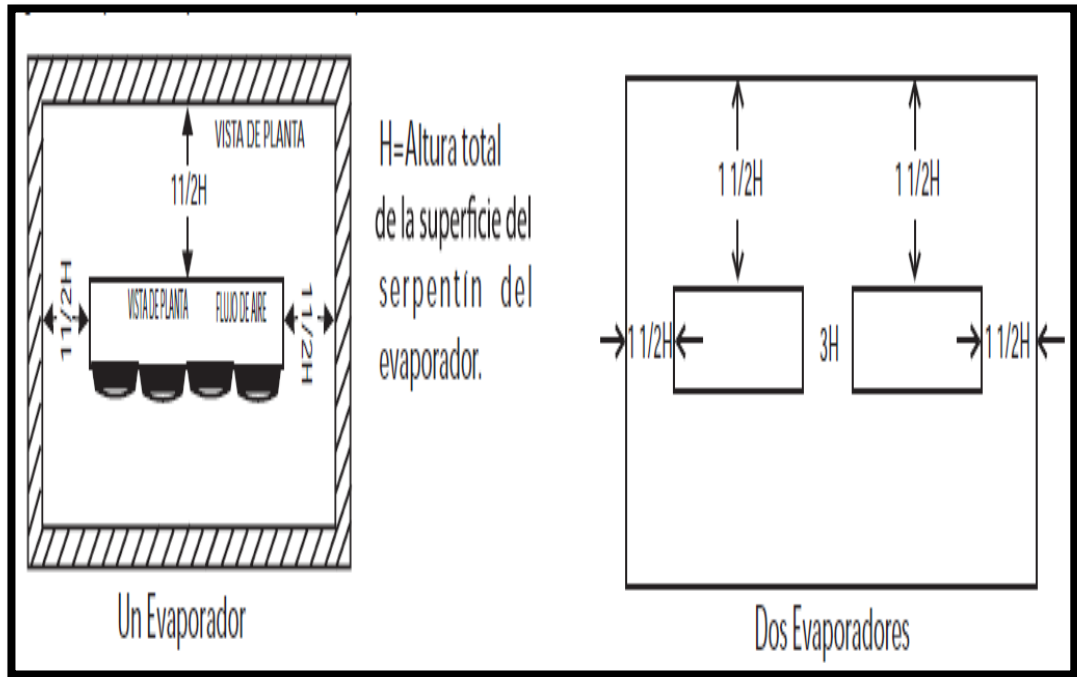
Fuente: BOHN, Instalación del sistema de refrigeración, noviembre 2008, P10

Figura 17. Evaporadores para Cuartos Fríos Medianos y Grandes



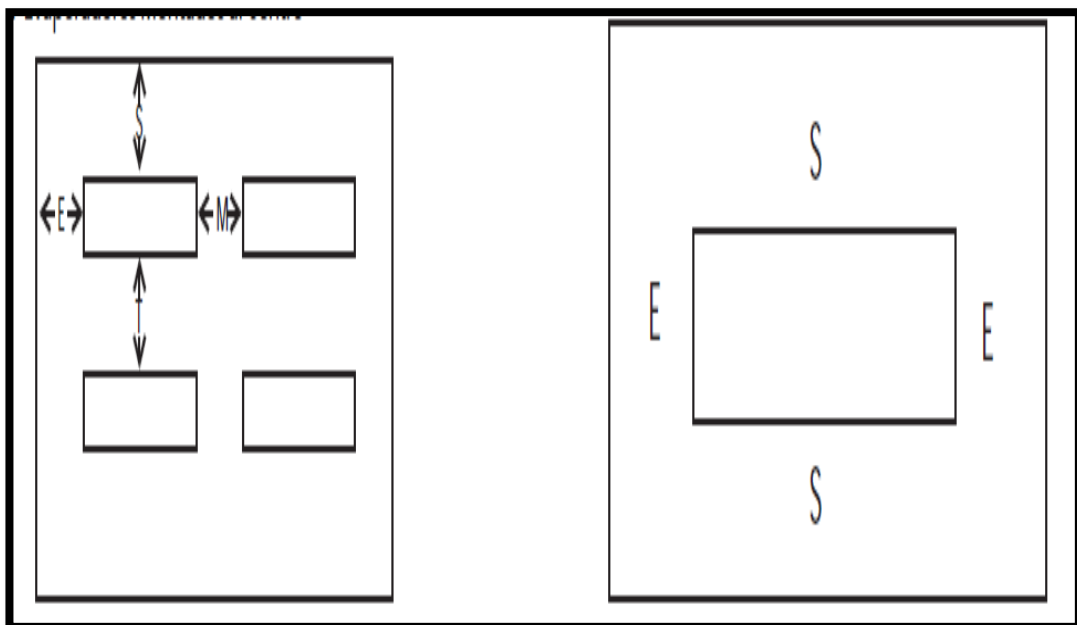
Fuente: BOHN, Instalación del sistema de refrigeración, noviembre 2008, P09.

Figura 18. Evaporadores para Cuartos Fríos Pequeños



Fuente: BOHN, Instalación del sistema de refrigeración, noviembre 2008, P09.

Figura 19. Evaporadores Montados al Centro



Fuente: BOHN, Instalación del sistema de refrigeración, noviembre 2008, P09.

Tabla 2. Valores Máximos y Mínimos Recomendados para el Montaje de los Evaporadores al Centro.

E		S		M		T	
Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
25(7.6)	2(0.6)	20(6.1)	3(0.9)	40(12.2)	3(0.9)	40(12.2)	6(1.8)

Fuente: BOHN, Instalación del sistema de refrigeración, noviembre 2008, P09.

Dejar un espacio igual al de la altura del evaporador entre la parte inferior de éste y el producto. No apilar producto frente a los ventiladores. Los valores están dados en pies (m).

4.8.3 Montaje de los Evaporadores

La mayoría de los evaporadores pueden ser montados con soportes de barra, tornillos o pernos. Use pernos y arandelas de 5/16" o barras que soportan aproximadamente 250 Lbs.

(113 Kg); 3/8" para 500 Lbs. (227 Kg); 5/8" para más de 500 Lbs. (227 Kg). Tenga cuidado de montar los evaporadores a nivel para obtener el correcto drenado de los condensados.

Proveer el apoyo adecuado para soportar el peso de los evaporadores cuando se usen soportes de barra, considerar un espacio adecuado entre la parte superior de la unidad y el techo para su limpieza. Cumplir la norma NSF7, el área en la parte superior de la unidad evaporadora debe ser sellada o expuesta de tal manera que facilite la limpieza manual sin el uso de herramientas

Cuando sujete al techo el evaporador a través de anclas, selle la unión entre la parte superior y el techo con sellador NSF y los extremos de las canales de montaje; deben ser selladas para evitar la acumulación de materias extrañas.

5. METODOLOGÍA.

5.1. TIPO DE ESTUDIO.

Este proyecto es de tipo práctico, ya que la selección del equipo ha de realizarse en base a catálogos, tablas de cálculo rápido y/o software de fabricantes. Los métodos empleados para tal fin, obedecen a bibliografía propia de la industria, lo cual garantizara una instalación acorde a las necesidades del laboratorio, las cuales no son ajenas a la realidad del campo laboral de hoy en día.

5.2. MÉTODO.

Le método investigativo ha sido la herramienta fundamental en la selección de los procedimientos básicos, para la selección, montaje, puesta en marcha y mantenimiento del evaporador para el cuarto de congelación.

5.3. POBLACIÓN.

El equipo será ubicado en el cuarto de congelación de alimentos, dentro del laboratorio del Pascual Bravo, tal actividad tendrá protagonismo por parte de los técnicos de la empresa MaxiFrio, quienes instalaran el equipo en su sitio final bajo los estándares y procedimientos establecidos.

5.3.1 Fuentes primarias.

La literatura técnica de grandes autores como Carrier, Emerson, han sido las bases para la selección, montaje y diseño de un plan de mantenimiento para el equipo de evaporación de refrigerante.

5.3.2 Fuentes secundarias.

Manuales, tablas de selección, abacos de selección y software de fabricantes como MiPal, Danfoss, entre otros son una herramienta para la selección rápida

de este tipo de equipos según las condiciones que se describen en la sección de resultados.

5.4. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento parte de la recopilación de documentación técnica de diferentes fabricantes, siguiendo con la selección de acuerdo a tablas y con el apoyo de un software se corrobora los valores obtenidos en las tablas.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO.

6.1 CARACTERÍSTICAS DEL EVAPORADOR INSTALADO EN EL CUARTO DE CONGELACIÓN DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.

El evaporador instalado en el cuarto de congelación es un Evaporador de la línea CTE Evaporadores de Techo de la Marca ECO COILS. Este tipo de evaporadores CET para cuartos fríos se suministran con serpentines de alta eficiencia a base de aletas especiales de perfiles de aluminio y tubo de cobre estriado interiormente, apto para los nuevos refrigerantes como el 404A, aunque puede operar con R22 sin problema alguno.

Figura 20. Evaporador Instalado en el Cuarto de Congelación.



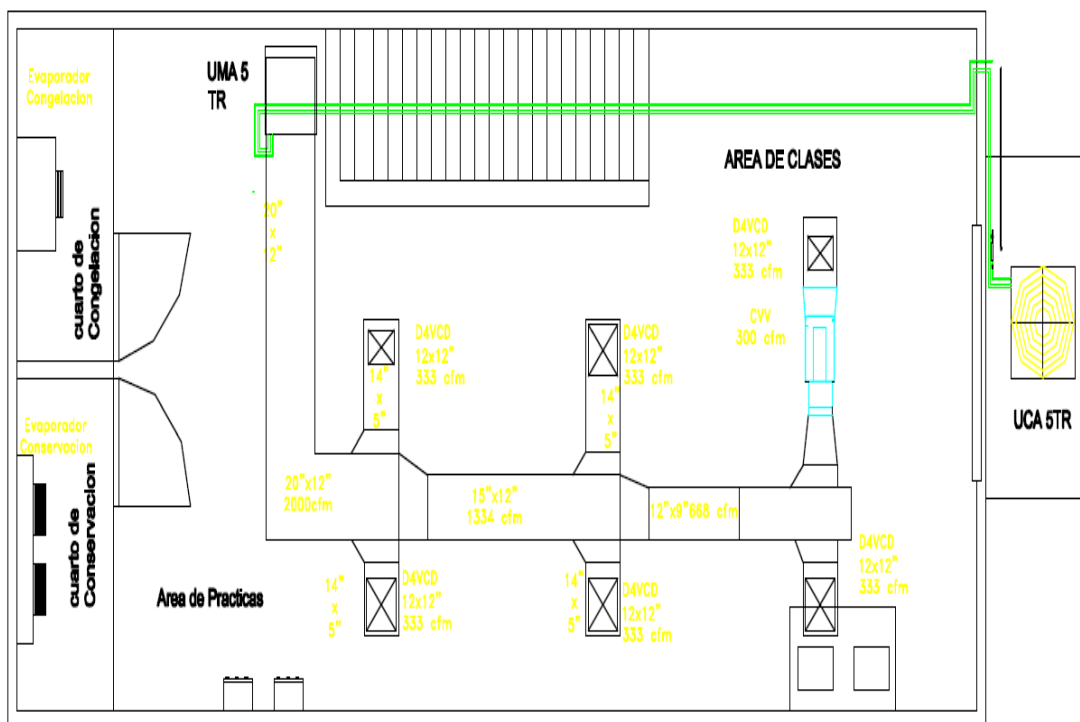
Fuente: Fotografía real del montaje del Evaporador en el Laboratorio de Refrigeración de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

6.2 MONTAJE DEL EVAPORADOR.

6.2.1 Ubicación del evaporador.

El evaporador será situado en el bloque 3 A-102 segundo piso, Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado, dentro del cuarto de congelación. Como se da a conocer en la figura 22, Plano del laboratorio de refrigeración y aire acondicionado.

Figura 21. Plano Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado.



Fuente: Ingeniero. SALAZAR Arley; Plano Laboratorio de refrigeración y Aire Acondicionado,

6.2.2 Instalación del evaporador.

Todas las operaciones que puedan ser realizadas antes de instalar el evaporador, las haremos con el evaporador sin fijar, y fuera de la cámara (no conviene realizar soldaduras de oxígeno-acetileno en el interior). Se fijará al techo de la cámara de refrigeración, a ser posible no enfrente de la puerta de la cámara. Se fija con pernos o tornillos pasantes al exterior.

Antes de fijar el evaporador, marcaremos la altura de la salida de la línea de aspiración y realizaremos el taladrado con el fin de pasar el tubo de aspiración, los líquidos y la línea eléctrica.

Montar el capilar a la tubería de entrada en el evaporador, posteriormente, cuando tenemos montada la línea de aspiración, a la misma salida del evaporador y a 0.20 metros, se realiza la unión a la válvula con tuerca y abocardado el tubo (1/4") y la línea de aspiración queda soldada. La figura 23 ilustra las líneas del evaporador en el cuarto de congelación instalado.

Figura 22. Montaje Líneas de Aspiración, Líquidos y Eléctrica.



Fuente: Fotografía real del montaje de líneas del evaporador, cuarto de congelación Institución Universitaria Pascual Bravo.

Cuando realicemos soldaduras, tendremos que llevar las gafas protectoras y guantes de cuero. En el caso de que no lleve obús el evaporador, conectar una baja presión a la línea de aspiración, con el fin de poder hacer lecturas del manómetro de baja presión. Las resistencias de descarche, estarán montadas en el evaporador.

6.2.3 Ubicación del evaporador dentro de la cámara de refrigeración.

El sentido de circulación del aire forzado en el evaporador irá de arriba hacia abajo, o de la pared hacia el centro de la cámara; por lo tanto, se dejara una separación de 0.12 metros a la pared y 0.015 metros al techo.

(documentación del diseño y montaje); el cliente, normalmente, nos informa en relación a los síntomas que detecta en cuanto a sus necesidades, rara vez en cuanto al funcionamiento del sistema.

El mantenimiento preventivo y correctivo comienza con el diseño del sistema, su puesta en funcionamiento y las anotaciones en la ficha de campo de la cámara frigorífica.

6.3.1. Mantenimiento Preventivo.

El buen funcionamiento de la instalación responde a una serie de criterios o magnitudes físicas que se mantienen a lo largo del tiempo. Estos criterios se resumen en la siguiente lista.

- Temperatura alcanzada y mantenida en el recinto refrigerado.
- Temperatura de vaporización dentro del rango de diseño.
- Recalentamiento normal en el evaporador.
- Diferencias de temperaturas normales en los intercambiadores.
- Ningún ruido sospechoso ni vibraciones anormales.
- Se verifica el estado de soportes, anclajes y elementos anti vibratorios de sustentación de motores y compresores.
- La limpieza física y química de los circuitos de los evaporadores, se realiza con los procedimientos establecidos, en condiciones de seguridad y con la frecuencia requerida.

6.3.2. Mantenimiento Correctivo del Evaporador.

A continuación una lista de las posibles fallas en un evaporador y su acción correctiva.

Síntomas

Evaporador. Fuerte caída de presión en el evaporador.

Causas posibles

El evaporador tiene solamente el final del serpentín cubierto de escarcha, quedando la entrada o las primeras vueltas relativamente calientes. Empleándose válvulas de expansión termostática con compensador de presión interior, la pérdida de presión del evaporador ejerce influencia sobre el comportamiento regulador de la válvula.

Solución

Hay que bajar la alta presión, que existe al principio del evaporador. Indica que existe un estrechamiento en aquel punto del evaporador en que comienza la escarcha. Comprobar que la toma de presión de la válvula está después del bulbo y a 10 centímetros, si no es así corregir.

Síntomas

Evaporador. No está totalmente escarchado, está alimentado parcialmente.

Causas posibles

No pasa suficiente gas refrigerante al evaporador.

La válvula de expansión no permite, el paso del gas refrigerante total o parcialmente.

Solución

Reajustar la válvula hasta que el evaporador se cubra de escarcha, hasta que el punto en que se encuentre el bulbo sensible. Regular el ajuste de la tobera. En instalaciones frigoríficas a baja temperatura, el intercambiador de calor debe cubrirse aproximadamente, hasta la mitad, con una fuerte capa de escarcha. Cuando en estas instalaciones se efectúe un reajuste de la válvula, es muy posible que el escarchado del evaporador o no cambie, o que cambie solamente de forma apenas perceptible, porque el aire prácticamente ya no contiene humedad alguna que pueda condensarse en forma de escarcha. Este fenómeno se presenta principalmente, cuando sube la temperatura de evaporación a consecuencia del reajuste, elevándose con ésta el punto del deshielo, en comparación con el estado anterior.

Síntomas

Evaporador. Temperatura de evaporación demasiado alta o baja.

Causas posibles

Cuando la temperatura de los evaporadores es más alta o más baja de lo que corresponde según los cálculos previos y a las necesidades de la instalación, a pesar de que los evaporadores estén lo suficientemente alimentados y completamente escarchados, el tamaño de los evaporadores no guarda la relación debida con la potencia de la máquina. Debido a construcción incorrecta o su superficie demasiado grande de los evaporadores.

Solución

Cambiarlo de posición de forma que se encuentre expuesto a la misma temperatura del local como el evaporador, o bien aislar el bulbo cuidadosamente con un material aislante que no absorba agua.

7. CONCLUSIONES

En los procedimientos de congelación de alimentos, el tiempo de congelación de alimentos logra aminorarse cuando usamos evaporadores de baja de convección forzada.

El evaporador seleccionado cumple con los requerimientos del sistema en cuanto a capacidad, flujo de aire y sistema de deshielo. Con una capacidad nominal de 1.3 KW, 1 Tonelada de enfriamiento.

El procedimiento de instalación realizado bajo los estándares técnicos y recomendaciones del fabricante permitieron un arranque sin problemas y una operación eficiente.

8. RECOMENDACIONES.

Realizar Un chequeó mensual donde se monitoreen variables de operación mecánicas y eléctricas.

Realizar el drenaje del evaporador de acuerdo a las instrucciones de instalación. Se debe programar un mantenimiento periódico no inferior a 3 meses entre intervalos para prolongar la vida útil del equipo.

Operar el sistema bajo las cargas de refrigeración acordes a la capacidad del sistema para evitar tiempos de operación prolongados en el compresor.

Siempre evite colocar el evaporador arriba de las puertas y evite abrir las puertas frecuentemente, en donde la baja temperatura es mantenida y de hecho donde sea posible para aplicaciones de media temperatura.

Siempre instale trampas individuales en las líneas de drenado para prevenir la migración de vapor.

9. BIBLIOGRAFÍA

CEBRIÁN, Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales. DTIE 9.03. ATECYR (2004).

DANFOSS, Manual de Selección de Evaporadores, 2011.

ECO COILS, Manual Técnico.

EMERSON CLIMATE, Selección de Evaporadores Para Cuartos Fríos, 2008.

EMERSON, Manual Selección Evaporadores Cúbicos, 2008.

EMERSON CLIMATE, Selección de Evaporadores Para Cuartos Fríos, 2008.

MIRANDA Ángel Luis; JUTGLAR Banyeras Luis, técnicas de refrigeración, Marcombo, S.A. 1ª ed. 2009.

WILLIAM C. Whitman, WILLIAM M. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado 4 España.

