

Pfenniger SA

Maquinas, Insumos y Servicios
Industriales desde 1928
www.pfenniger.cl

Benton

MANUAL
TORRE DE ENFRIAMIENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

PARA

TORRES DE ENFRIAMIENTO DE AGUA



INDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO..... | 3 |
| 3. COMPONENTES DE LA TORRE..... | 4 |
| 3.1 DISEÑO..... | 4 |
| 3.2 RELLENOS Y SEPARADORES DE GOTAS..... | 4 |
| 3.3 VENTILADOR..... | 5 |
| 3.4 MOTORES DE LOS VENTILADORES..... | 5 |
| 3.5 TABLERO ELÉCTRICO..... | 6 |
| 3.6 SISTEMA DE DISTRIBUIDOR DE AGUA..... | 6 |
| 4. MONTAJE Y EMPLAZAMIENTO..... | 7 |
| 4.1 OBSERVACIONES PARA EL MONTAJE..... | 7 |
| 4.2 OBSERVACIONES PARA EL EMPLAZAMIENTO..... | 7 |
| 5. PUESTA EN MARCHA | |
| 8 | |
| 6. OPERACIÓN Y RENDIMIENTO DE LA TORRE..... | 9 |
| 6.1 TERMOSTATO PARA EL VENTILADOR..... | 9 |
| 6.2 REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA..... | 9 |
| 6.3 REGULACIÓN DE LA POTENCIA..... | 10 |
| 6.4 OPERACIÓN INVERNAL..... | 11 |
| 7. CONTROL DEL AGUA..... | 12 |
| 7.1 SALINIDAD..... | 12 |
| 7.2 EVALUACIÓN Y RECAMBIO DEL AGUA..... | 12 |
| 7.3 CONSUMO DE AGUA..... | 13 |
| 7.4 SOLIDOS..... | 13 |
| 7.5 ALGAS..... | 14 |
| 8. MANTENIMIENTO Y LUBRICACIÓN..... | 15 |
| 8.1 CONTROL DE MANTENIMIENTO..... | 15 |
| 8.2 LUBRICACIÓN..... | 16 |

1. Introducción

En estas instrucciones de servicio, se indican aspectos concernientes al funcionamiento, montaje y puesta en marcha de Torres de Enfriamiento.

Las instrucciones de servicio contienen, además, indicaciones especiales para evitar perturbaciones que podrían conducir a una interrupción en el servicio.

Sólo el cumplimiento cabal de las indicaciones contenidas en este manual permite el funcionamiento adecuado de la torre y con ello posibles consideraciones de garantía.

Estas torres de enfriamiento son de marca Benton y el representante y distribuidor exclusivo para Chile es Pfenniger S.A.

2. Principio de Funcionamiento

El agua y el aire se ponen en contacto intensivo, para lo cual un ventilador aspira el aire a contracorriente del agua; como consecuencia una parte de ésta se evapora. Por cada litro de agua evaporada se extraen 597 Kcal, del propio circuito produciendo así su refrigeración. La diferencia de temperatura procura un enfriamiento adicional entre el agua caliente y la temperatura del aire circulante.

El rendimiento de una torre de refrigeración, depende, principalmente de la superficie de intercambio de calor que se ha montado, de la buena distribución del agua, de la cantidad de aire aspirado y humedad del aire exterior.

Por medio de las tuberías de distribución y las toberas situadas en la parte superior de la torre, el agua caliente a enfriar es dispersada finamente sobre el relleno. El relleno, a través de cuyos canales se desliza hacia abajo el agua conforma la superficie de intercambio de calor.

El ventilador axial ubicado en la parte superior de la torre, aspira aire del exterior en sentido opuesto al del agua, lo que origina su enfriamiento. La cantidad de agua evaporada es restituida por adición de agua fresca. Para evitar que la corriente de aire a la salida de la torre origine un arrastre excesivo de partículas de agua es que sobre las tuberías de distribución del agua va montado un separador de gotas laberíntico de triple deflexión que devuelve a la torre el agua suspendida en el flujo de aire ascendente.

3. Componentes de la Torre

3.1 Diseño

Las Torres de Enfriamiento Benton se caracterizan por los materiales plásticos de alta durabilidad de su construcción y su gran potencia específica de enfriamiento frente a un reducido tamaño.

El relativamente ligero peso y pequeño espacio requerido, permiten el emplazamiento de las unidades sobre tejados, armaduras, etc. y también sobre bandejas colectoras o depósitos de hormigón.

3.2 Rellenos y separadores de gotas

Los cuerpos refrigerantes o relleno, forman la superficie de intercambio de calor sobre la que se realiza el proceso de enfriamiento.

El relleno está compuesto por paneles de PVC auto extingible que le confiere una mayor seguridad ante el riesgo de incendio, frente a los rellenos de plástico comúnmente ofrecidos. Dicho panel es muy estable a los efectos de corrosión, así como a la acción de aguas aciduladas, agentes bioquímicos, etc. Estos paneles están contruidos con una gran resistencia mecánica y de acuerdo con la capacidad de intercambio de calor exigida, son montados directamente uno sobre otro.

La considerable abertura de las celdillas de estos cuerpos, de 12 a 21mm. Evitan ampliamente las obstrucciones debidas a acumulación de sedimentos calcáreos o de impurezas mecánicas contenidas en el agua de refrigeración.

Si a pesar de todo se localizasen sedimentos de cualquier tipo sobre los citados cuerpos de relleno en la revisión general de la instalación de refrigeración, que deberá realizarse por lo menos una vez al año, se extraerán los paneles de relleno para someterlos a limpieza. Es totalmente admisible el lavado de los citados cuerpos con agua a presión o mezclada con algún detergente, lo que permite una reutilización de los mismos.

Para evitar que la corriente de aire a la salida de la torre origine un arrastre excesivo de partículas de agua; sobre las tuberías de distribución va montado un separador de gotas laberíntico de triple deflexión, construido también en PVC auto extingible.

3.3 Ventilador

Los ventiladores axiales empleados en las torres de refrigeración de la serie compacta son muy silenciosos y están equilibrados en fábrica, estática y dinámicamente.

El centro de palas del ventilador está provisto según el modelo de muñones para montar las palas, que permiten su regulación.

Dichas palas son regulables a motor parado, aunque su posición queda determinada en fábrica para lograr el caudal de aire requerido, de acuerdo con la capacidad de la torre.

El cono de ventilador de las torres consta según el modelo, hasta de varios segmentos que deberán ser atornillados en obra. El material empleado en su construcción es poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Si debido a cualquier motivo, se presentará un desequilibrio en el ventilador este deberá desmontarse y ser equilibrado nuevamente.

Tal desequilibrio podrían conducir a daños en los cojinetes del motor y en casos extremos a grietas y roturas originadas por la vibración.

3.4 Motores de los ventiladores

Todas las torres compactas llevan los motores montados directamente y las modulares van equipadas con reductor de velocidad acoplado al motor eléctrico. Dichos motores están contruidos especialmente para ser utilizados en torres de enfriamiento (protección IP55).

Antes de proceder a conectar los motores, deberá comparar la tensión de servicio existente con la requerida en la torre, según la placa de características del motor y se prestará especial atención a la clase de conexión que deberá realizarse estrella – triángulo o Variador de frecuencia.

La conexión a tierra de los motores, deberá realizarse correctamente con ayuda de los tornillos de tierra provistos en la caja de bornes.

El interior de los motores viene de fábrica completamente terminado, por lo que el montaje se reduce a conectar los conductores exteriores y el de tierra.

La sección de los cables deberá ser determinada de tal forma, que la caída de tensión a plena carga no sobrepase el 5%.

Para salvaguardar el bobinado del motor contra eventuales sobrecargas es recomendable proteger por medio de un guarda motores. La efectividad de este aparato está condicionada

a que haya sido elegido correctamente, así como en sus contactos sean también correctamente regulados. Los rodamientos de los motores vienen lubricados de fábrica.

3.5 Tablero Eléctrico

El sistema de conexión del motor está diseñado para una partida controlada en base a un variador de frecuencia.

Además de entregar una partida suave, es compatible con los instrumentos +GF+ SIGNET lo que permite según parámetros pre establecidos de temperatura, flujo y/o vibración aumentar o disminuir las revoluciones del motor de tal forma que esta variación pueda ser un aporte directo en el control de temperatura de las torres, situación que aumenta la vida útil de estas.

El Tablero de Fuerza (TDF) cuenta con un variador de frecuencia de acuerdo a las indicaciones del fabricante del motor, además cuentan con la modalidades de control automático y manual pasando por estado "0" en la tapa cubre equipos, se alojan luces de trabajo, control y falla.

De acuerdo a la distancia de los tableros de control de las torres con el empalme de alimentación, cuenta con luces pilotos de línea que están ubicadas también en la puerta cubre equipo.

El TDF además el disyuntor eléctrico Tmax cuenta con un regulador de tensión y amperaje el cual comandara un relé de tal manera de impedir que los aumentos y las bajas de corrientes que se pueden generar en la planta, puedan afectar a nuestro equipo.

Todos los TDF cuentan con un ventilador, el cual se activa a la señal de aumento de temperatura seteado para el régimen permanente de trabajo de nuestro tablero.

3.6 Sistema de distribuidor de agua

Las tuberías de distribución son parte integrante de las torres de enfriamiento van equipadas con toberas de pulverización en PP, las cuales tienen por misión pulverizar proporcionalmente el agua sobre cuerpos de relleno el agua que ha de ser enfriada.

Las grandes aberturas de paso de estas toberas, garantizan su correcto funcionamiento y anulan prácticamente toda posibilidad de obstrucción.

La presión necesaria en el colector de entrada para los diferentes tipos de las mismas es especificada siempre en nuestras ofertas.

En general cada tipo de tobera está determinado para el caudal que haya sido tomado en la base del cálculo, con un cierto límite de tolerancia hacia arriba y abajo. La modificación de este caudal deberá ser estudiada en cada paso por nuestra Oficina Técnica.

4. Montaje y Emplazamiento

Todas las Torres de enfriamiento modulares necesitan montaje en obra, estos trabajos pueden ser efectuados bajo la dirección de uno de nuestros montadores, con ayuda de cuatro hombres auxiliares por cuenta del cliente, siguiendo nuestras instrucciones de montaje. En uno u otro caso se deberá tener presente, que el emplazamiento de las torres debe realizarse de acuerdo con nuestros planos de fundamento.

4.1 Observaciones para el montaje

Prestar especial atención a la estanqueidad de las diferentes conexiones de las tuberías de agua.

Realizar las conexiones eléctricas de acuerdo con el esquema de conexiones grabado en la tapa de la caja de bornes.

4.2 Observaciones para el emplazamiento.

El lugar elegido para su emplazamiento, es decisivo para el posterior mantenimiento y control de la torre. A este efecto, se tendrá en cuenta la facilidad de acceso a cualquiera de los elementos que la constituyen (motor-ventilador, sistema distribuidor de agua, etc.) para posibles revisiones y reparaciones. Cuanto más inaccesible sea montada la torre, más dificultoso se hará el montaje y después la realización de estas operaciones.

Las instalaciones de la torre en lugares con abundancia de polvo como en la cercanía de chimeneas, en naves cerradas o al lado de fábricas elaboradoras de productos inorgánicos (fábricas de cemento, etc.) conduce al peligro de que se introduzcan partículas en el agua de refrigeración y en las tuberías o en el relleno, que pudieran dar origen a perturbaciones en el servicio.

5. Puesta en marcha

Antes de proceder a la puesta en servicio de la torre, se efectuará las siguientes operaciones:

- a) El ventilador se girará a mano y se comprobará que las aspas no rocen en ningún punto del cono de salida y que los huelgos entre ambas partes no superen valores ya establecidos por oficina técnica.

Si no fuera este el caso, desmontar los tornillos de fijación del motor y proceder a centrar este.

- b) Se comprobará también que el sentido de giro del ventilador correspondiente sea el indicado por medio de la flecha pintada en el anillo soporte. Si gira en sentido contrario, se tendrá que invertir dos fases.
- c) Controlar la tensión y la corriente absorbida en cada fase, de acuerdo con los valores especificados para el motor. Regular correspondientemente el reles de sobrecarga.
- d) En la puesta en marcha de las bombas de agua de circulación se deberán abrir convenientemente las válvulas de cierre en las tuberías de aspiración e impulsión, hasta lograr en la Torre la presión correspondiente.
- e) **ATENCIÓN:** Poner en funcionamiento primero las bombas de agua de circulación y después el ventilador de la torre.

6. Operación y rendimiento de la Torre

6.1 Termostato para el ventilador

Cuando se desea tener una temperatura determinada en el agua, se recomienda el empleo de un termostato, que de acuerdo a las condiciones de servicio, pueda conectar o desconectar el ventilador, o la bomba de agua de circulación.

Al efectuar el pedido de estos termostatos, se deberá especificar su campo de regulación. Los termostatos pueden ser suministrados en cápsulas de hierro fundido, estancas a la humedad.

6.2 Regulación de la temperatura

Con muy sencillos métodos y dentro de ciertos límites existen posibilidades para regular la temperatura del agua refrigerada y con ello la potencia de la torre, como a continuación se muestra en algunos ejemplos. Una regulación exacta, dentro de las tolerancias muy estrictas, llevaría consigo una gran inversión en aparatos mecánicos y eléctricos.

Es decir, mantenimiento de la temperatura con la misma potencia calorífica

- a) Regulación de la temperatura por medio de regulación de la velocidad

Torres con variadores de frecuencia podrán adicionalmente regular la velocidad del ventilador acorde al requerimiento térmico.

Las posibilidades enumeradas en el párrafo 6.1 con ayuda de termostatos, pueden ser también aplicadas en este caso.

Una regulación aproximada puede lograrse mediante conexión y desconexión del ventilador. Algo más precisa se logra mediante el empleo de motores de polos conmutables. El paso a las diferentes velocidades puede realizarse manualmente.

- b) Regulación de la temperatura por medio de una ordenación by-pass.

En este tipo de regulación, una parte del caudal en circulación, después de su paso por la máquina que haya de refrigerar, es bombeado a la torre, mientras el resto del caudal pasa directamente a la tubería de salida de agua refrigerada. Un termostato o una sonda de temperatura de precisión, abren o cierra la válvula motorizada de la tubería de by-pass, con lo que se obtiene la temperatura de mezcla deseada, antes de que el agua pase por la máquina que haya de refrigerar. Si esta forma de regulación se combina con la indicada en el párrafo a) puede evitarse una gran fluctuación en la temperatura del agua fría.

Los límites de este sistema de regulación están fijados por los caudales mínimos y máximos con que la torre puede trabajar. La presión a la entrada de las toberas no debe ser inferior a 2 m.c.a. ya que de otra forma el rendimiento de la torre disminuye considerablemente, debido a una pulverización desproporcionada del agua sobre los cuerpos de relleno.

- c) Regulación de la temperatura por medio de la adición de agua fresca.

En general, para la determinación de una torre son consideradas las temperaturas reinantes durante los meses de verano. Si esporádicamente las condiciones atmosféricas sobrepasaran la toma como base el cálculo, puede lograrse disminuir la temperatura del agua a la salida de la torre mediante adición de agua fría, lo que puede realizarse manualmente o con ayuda de un termostato. Si debido a las características de la instalación, esta adición debiera efectuarse frecuentemente, se recomienda instalar un depósito de agua de mezcla. El aumento de caudal que con estas medidas de origina en el circuito, puede ser contrarrestado evacuando parte del mismo por un rebosadero, o bien permitiendo la fuga correspondiente en una de las tuberías del agua caliente. Cuanto más fría sea el agua adicional, menor cantidad será necesaria adicionar y por lo tanto más económica resultará la instalación.

6.3 Regulación de la potencia

Es decir, mantenimiento de la temperatura con variación de la potencia calorífica.

Las medidas enumeradas en el capítulo anterior, referentes a regulación de temperatura, pueden ser aplicadas igualmente para regulación de la potencia. Si disminuye la necesidad de refrigeración de uno de los consumidores se recomienda la regulación de la potencia de la torre, para evitar con ello un descenso en la temperatura del agua enfriada.

Esto se refiere especialmente a los casos en los que varios consumidores trabajen con la torre.

- a) Regulación de la potencia, para el servicio con varios consumidores.

Si a un circuito de refrigeración están conectados varios consumidores, cuando uno o más de ellos son puestos fuera de servicio, se recomienda seguir dejando circular el agua de refrigeración a través de los mismos, para evitar que el caudal de servicio en la torre sufra continuas alteraciones.

Otra forma de mantener constante el caudal, aun poniendo fuera de servicio alguno de los consumidores es conectar una tubería de by-pass, entre las tuberías de admisión de estas y el colector general de agua caliente, con lo cual el caudal correspondiente a cada uno de dichos consumidores, aun estando estos fuera de servicio, podría ser conducido al colector común de retorno. Este tipo de regulación se puede lograr por medio de una válvula de tres pasos termostática o manual.

- b) Regulación de la potencia con intervención de un depósito intermedio.

Para el tipo de regulación descrito anteriormente, se recomienda también la instalación de dos circuitos independientes, uno para la torre y el otro para los consumidores, con intervención de un depósito intermedio dividido en dos partes, una para el agua caliente y otra para el agua fría.

Por medio de una bomba, los diferentes consumidores pueden ser alimentados conjuntamente a través de una tubería de presión. Cuando algunos de estos consumidores son puestos fuera de servicio, la presión en el sistema aumenta. El caudal de agua innecesario es conducido de nuevo al depósito de agua caliente a través de una válvula de descarga.

A la salida de los consumidores, se observará que la presión del agua sea la atmosférica. La alimentación de estos consumidores, puede realizarse también a través de un depósito de presión.

Este sistema de instalación tiene la ventaja de que la torre siempre trabaja con el mismo caudal y de acuerdo con la necesidad de agua de refrigeración requerida por los consumidores esta puede estar más o menos tiempo en servicio.

6.4 Operación Invernal

Durante largos períodos de frío, existe el peligro de formaciones de hielo, principalmente en la pileta de la torre.

Medidas para evitar y neutralizar las formaciones de hielo en el servicio de Torres de Enfriamiento.

- a) Como punto principal se observará que la torre no sea puesta en servicio antes de que le llegue agua caliente de retorno del circuito de refrigeración, con lo que se evitará que la temperatura de salida del agua se acerque al punto de congelación.
- b) Para circuitos con muy altas temperaturas en el agua de refrigeración la capacidad de enfriamiento de la torre a motor parado no será suficiente, por lo que habrá que contar, como en el primer caso con algunas formaciones de hielo que no afectarían en absoluto a su funcionamiento.

7. Control del Agua

7.1 Salinidad

La condición salina del agua es un punto muy importante en la operación de Torres de Enfriamiento porque según sus características puede generar incrustaciones e influir sobre la eficiencia de la torre. Las indicaciones expresadas en este capítulo, tienen solamente carácter general porque el agua circulante cambia permanentemente su composición y requiere de monitoreo.

7.2 Evaluación y recambio del agua

Básicamente se evapora agua aumentando las concentraciones de las sales disueltas. Adicionalmente el aire circulante que se lava en las torres puede incorporar partículas solubles e insolubles al agua.

La acumulación continua de sales, producirá tales concentraciones, que al alcanzar el límite de solubilidad, conducirán a la formación de incrustaciones.

Para evitar las incrustaciones de sales, se recomienda la evacuación constante de una cierta cantidad del caudal de circulación.

Las exigencias para el servicio libre de incrustaciones, en las Torres de Enfriamiento, fluctúan según las temperaturas entre 10 y 18 grados de dureza alemana. A mayor temperatura del agua fría mayores son las incrustaciones y menores los grados de dureza necesarios para evitar las incrustaciones. Por lo mismo se recomienda mantener la dureza bajo los 15 grados.

De acuerdo con el grado de dureza y las temperaturas en régimen, se puede monitorear el caudal de purga, que permita un servicio libre de cuidados.

7.3 Consumo de agua

El consumo de agua necesario para la operación de Torres de Enfriamiento, se compone de:

A) Caudal de Agua evaporada

$$Q = \text{Evaporación (Kcal/h)} / 600.000 \text{ (Kcal/m}^3\text{)}$$

B) Pérdida por arrastre de gotas

$$G_a = G_w \times 0,003$$

G_w = Caudal de agua en circulación

C) Caudal de purga

G = en función del grado de dureza del agua

7.4 Sólidos

El agua de refrigeración puede acumular sólidos provenientes de su circuito o del aire recirculante por efecto del lavado del aire que realiza la torre en régimen.

La acumulación de sólidos puede sedimentarse en la pileta o tina de recepción. El sedimento se retira convenientemente en razón de su volumen con la frecuencia necesaria por aspiración con una bomba de achique u otra técnica propicia.

Los sólidos en suspensión pueden igualmente detenerse en los rellenos provocando obstrucción creciente de los mismos. Los rellenos con bajo nivel de obstrucción pueden limpiarse y los de alto nivel de obstrucción se cambian.

7.5 Algas

Un alto nivel de salinidad del agua de refrigeración es suficiente para evitar todo crecimiento de algas.

De disponer de aguas menos salinas y poder mantenerlas en esa condición a pesar de la evaporación en combinación con la purga no habrá desarrollo de algas mientras el agua de la torre esté en circulación debido a la oxigenación del agua que realiza la torre en régimen.

Podrían desarrollarse algas en dependencia de la composición y concentración de las sales contenidas en el agua, por lo que se recomienda vaciar las piletas toda vez que se requiera detener la circulación del agua por períodos superiores a una semana.

8. Mantenimiento y Lubricación

8.1 Control de Mantenimiento

La duración de una instalación de torres de Enfriamiento, depende en primera línea de la atención que se preste a su conservación y mantenimiento. Esto se compone especialmente de los puntos siguientes:

- Motor
 - Reductor
 - Ventilador
- a) Las vibraciones generadas por el motor deberán monitorearse y procurar revisiones del ventilador y la estructura de la torre de ser necesario.
 - b) De igual modo, deberá monitorearse el amperaje que demanda el motor y procurar las revisiones que correspondan.
 - c) El ventilador axial deberá ser controlado al menos una vez al año, por si las palas presentan algún daño.
 - d) El aceite especial empleado para la lubricación de los moto-reductores, deberá ser cambiada según las instrucciones del fabricante.

8.2 Lubricación

8.2.1 La lubricación de los engranajes se hace en baño de aceite (como así también la de los cojinetes). Corresponde utilizar en condiciones climáticas normales, cuando la temperatura ambiente en el lugar de instalación del aparato sea entre 10 y 50 grados centígrados, un aceite mineral compuesto con viscosidad S.U. de 800 a 1500 a 37,8 grados centígrados (100 grados F) y con aditivos de extrema presión moderados especificados como aceite N° 4 (según A.G.M.A.).

8.2.2 En caso de instalarse un moto-reductor y no obtenerse a tiempo el aceite recomendado, podrá ponerse un servicio "Provisoriamente" mediante el uso de un aceite YPF Hipoidal SAE 90, en ningún caso usar aceites denominados "Multigrados".

8.2.3 Llenar la caja del moto-reductor retirando el tapón lateral RW5/16 hasta que el nivel de aceite enrase el mismo. Tener en cuenta que un nivel mayor producirá sobrecalentamiento y menor rendimiento de la transmisión. Verificar el ajuste de los tampones de drenaje y la estanqueidad de la caja.

8.2.4 Después de la puesta en servicio por primera vez de un moto-reductor, deberá cambiarse el aceite dentro de las 300 a 500 horas de funcionamiento. Dicho cambio debe realizarse "en caliente", o sea cuando haya funcionado hasta alcanzar la temperatura de servicio.

8.2.5 El cambio de la carga de aceite en condiciones también normales de servicio, deberá hacerse con una frecuencia entre los 6 a 12 meses según la relación horaria de marcha. En la mayoría de los casos esta frecuencia coincidirá con unas 3000 – 4000 horas de servicio, no obstante si esa cantidad de horas no se cumpliera por el poco uso del aparato, el aceite debe cambiarse igualmente a más tardar a los 12 meses.