

Torres de Enfriamiento (TE) para agua



Ing. Ronald Torrejón N.
rtn@friotek.com
Febrero-Marzo, 2013

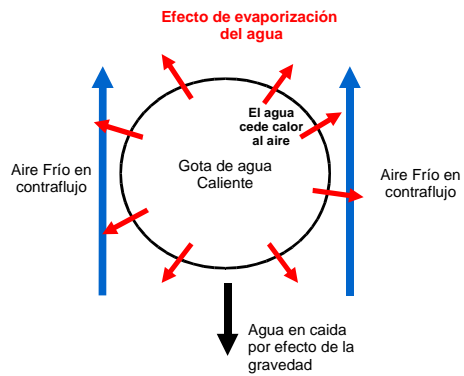
TEMAS A TRATAR:

- Principio de operación de las TE
- Partes de la TE, tipos de relleno y separadores de gotas
- Características, tipos y materiales de construcción de las TE
- Cálculo y selección de una TE
- Modos de operación de las TE
- Aplicaciones más comunes
- Instalación y mantenimiento
- Selección de bombas de agua para las TE
- Selección de tuberías de agua para las TE

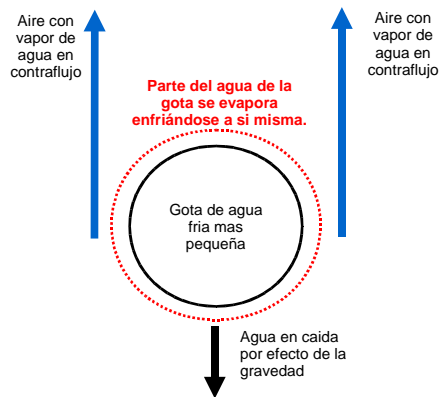
Principio de operación de las torres de enfriamiento



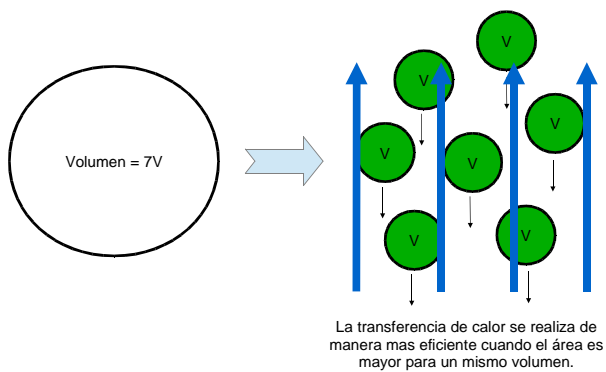
Principio de operación de las torres de enfriamiento



Principio de operación de las torres de enfriamiento



Principio de operación de las torres de enfriamiento



Principio de operación de las torres de enfriamiento



El proceso de transferencia de calor en la cual el agua se enfría con aire del medio ambiente se realiza a nivel industrial en la torre de enfriamiento.

Pueden haber de dos clases:
- De circuito abierto
- De circuito cerrado

A su vez, puede haber de dos tipos de operación:
- De tiro inducido
- De tiro forzado
- De tiro natural

Partes de las torres de enfriamiento



Partes de las torres de enfriamiento – Distribuidores de agua



Sistema autogiratorio de PVC



Sistema autogiratorio de Aluminio



Tipos de Relleno de las torres de enfriamiento



Relleno laminar de PVC de láminas acanaladas, con superficie corrugada y pegado entre sí.



Relleno laminar de PP (Polipropileno) de láminas acanaladas, con superficie corrugada y unidas entre sí.

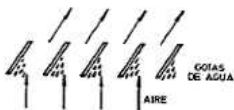
Tipos de Relleno de las torres de enfriamiento

Relleno laminar de PP (Polipropileno) con láminas acanaladas, con superficie corrugada y unidas entre sí para aplicaciones de alta temperatura y/o calidad de agua sucias.

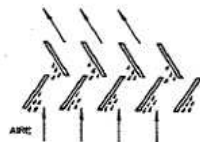


Relleno splash o de cascada de PP (Polipropileno) para aplicaciones de calidad de agua sucias y/o donde el relleno laminar se saturen.

Separadores de gotas (Eliminadores de humedad) para las torres de enfriamiento



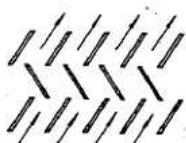
a) DE PASO SENCILLO.



b) DE PASO DOBLE.



c) DE PASO TRIPLE (UNIDOS).



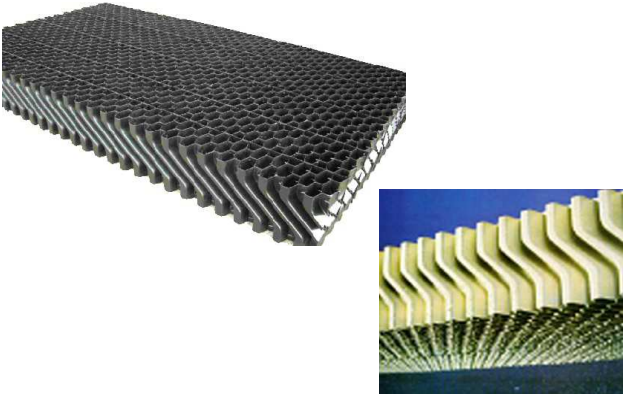
d) DE PASO TRIPLE (SOLAPADOS).



e) ONDULADOS.

Fig. 41. Tipos de eliminadores de gotas.

Separadores de gotas (Eliminadores de humedad) para las torres de enfriamiento



Separadores de gotas (Eliminadores de humedad) para las torres de enfriamiento



Instalación de eliminadores de humedad en torres de enfriamiento tipo botella en la parte superior de la TE.

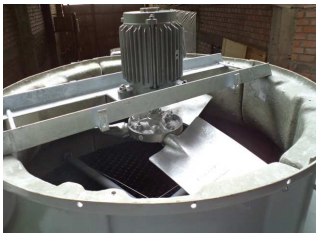
Partes de Torre de Enfriamiento - Ventiladores



Hélices de PVC

Hélices de Aluminio

Partes de Torre de Enfriamiento – Motores eléctricos



Instalación de ventiladores en torres de enfriamiento de tiro inducido en la parte superior de la TE.



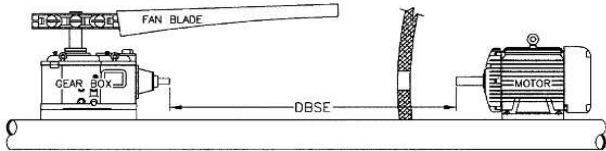
- Motores eléctricos deben ser especialmente diseñados para uso en Torres de enfriamiento:
- Motores cerrados
 - Grado de protección IP55
 - Con caja de conexión eléctrica cerrada.
 - Eje alargado de acero inoxidable para ventilador.

Partes de Torre de Enfriamiento – Motores eléctricos



Ventiladores en torres de enfriamiento de tiro inducido en la parte superior de la TE con acoplamiento y reductor.

Partes de Torre de Enfriamiento – Motores eléctricos

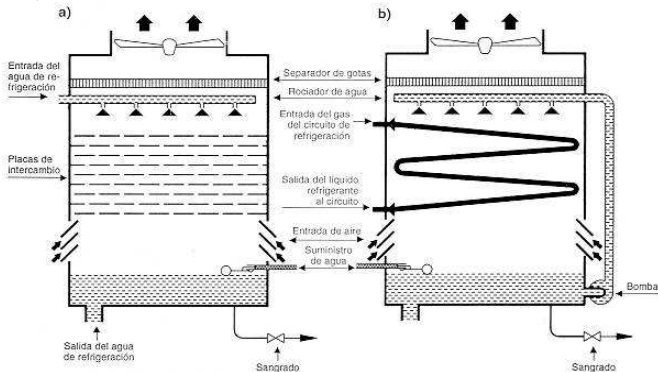


Ventiladores en torres de enfriamiento de tiro inducido en la parte superior de la TE con reductor y eje cardan.

Clases y tipos de Torres de enfriamiento

Pueden haber de dos clases:

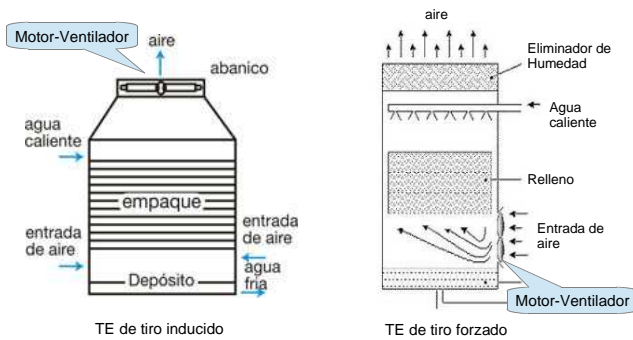
- De circuito abierto
- De circuito cerrado



Clases y tipos de Torres de enfriamiento

Pueden haber tres tipos de operación:

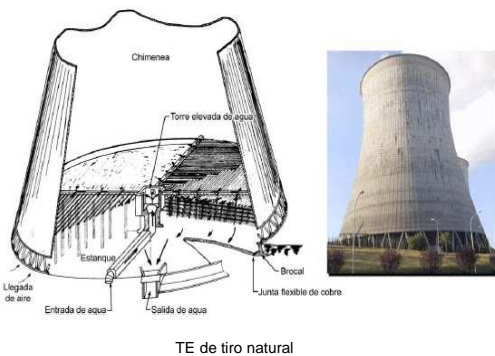
- De tiro inducido
- De tiro forzado
- De tiro natural



Clases y tipos de Torres de enfriamiento

Pueden haber tres tipos de operación:

- De tiro inducido
- De tiro forzado
- De tiro natural



Cálculo y selección de torres de enfriamiento

Para el dimensionamiento y/o selección de una TE, es necesario la siguiente información:

- Caudal de agua a enfriar en la TE (GPM, m³/h, l/min, l/h)
- Temperatura de entrada del agua a la TE (°C)
- Temperatura de salida del agua deseada de la TE (°C); ó
- Carga térmica a disipar en la TE (Kw, Kcal/h ó BTU/h)

Adicionalmente:

- Temperatura de bulbo húmedo (Tbh) de la zona donde operará la TE (°C)
- Altura sobre el nivel del mar del lugar de operación de la TE (msnm)
- Tipo de agua a enfriar (Limpia: potable, tratada ó con sólidos suspendidos)
- Suministro eléctrico disponible para la TE (220-380-440Vac/3Ph/60Hz)

“Aproximación” y “Rango de temperatura” de las TE:

Como se ha dicho: “las torres de enfriamiento permiten enfriar el agua empleando el aire del medio donde están instaladas”, esto es, debe existir un mínimo de temperatura hasta el cual es posible enfriar el agua y este mínimo teórico esta dado por la *temperatura de bulbo húmedo (Tbh)* de la localidad donde opera la TE, sin embargo, este teórico nos llevaría a construir una TE de tamaño infinito y de gran inversión.

Es por ello que considerando el principio de la 2º Ley de la Termodinámica (la cual establece el flujo de calor unidireccional desde un cuerpo de mayor temperatura hacia los de menor temperatura), se recomienda en la práctica y por razones de limitar la inversión en la TE, considerar una “Aproximación” (Temperatura de Salida del Agua fría de la TE – Tbh) de 3 a 4 °C por encima de la Tbh de la zona donde opera la TE, como la temperatura mínima recomendada del agua a obtener en la salida de la TE.

Establecida la mínima temperatura del agua que se puede obtener de la TE, otro dato importante es la temperatura a la entrada de la TE, y este valor esta dado finalmente por la aplicación o uso en la cual el agua está tomando calor de otro usuario: proceso ó intercambiador de calor.

Conocido el “Rango de temperatura” (Temperatura del agua a la entrada – Temperatura a la salida) es que se puede analizar la posibilidad de enfriar el agua en una sola TE o por etapas, con dos TE en serie, iguales o de diferente modelo y tomando en cuenta otros factores como el diseño, tipo, materiales de construcción y detalles específicos de la TE.

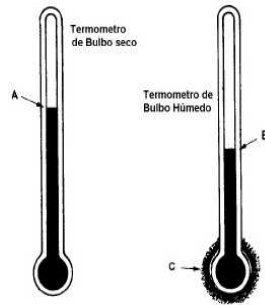
“Aproximación” y “Rango de temperatura” de las TE:



Rango = Tin – Tout
Aproximación = Tout - Tbh

Tbh <> Temperatura de bulbo húmedo de la zona donde opera la TE

“Aproximación” y “Rango de temperatura” de las TE:



Tbh ⇔ Temperatura de bulbo húmedo de la zona donde opera la TE

Cálculo y selección de torres de enfriamiento

Ejemplo de Selección:

Se desea enfriar en una torre de enfriamiento

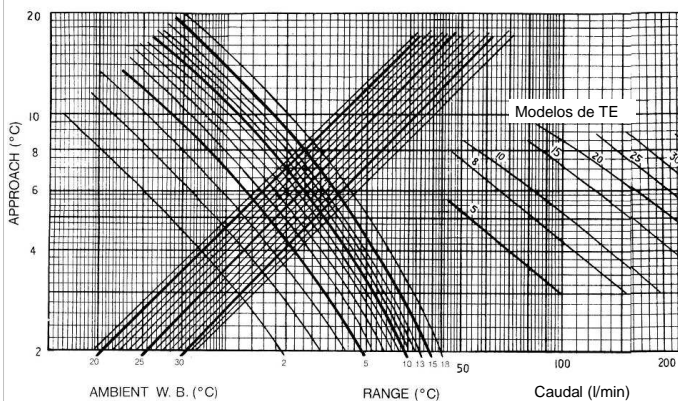
- Flujo de agua = 3,200 lpm (l/min)
- Desde una temperatura de 37°C
- Hasta una temperatura de 32 °C
- En un zona donde la Tbh es de 27°C

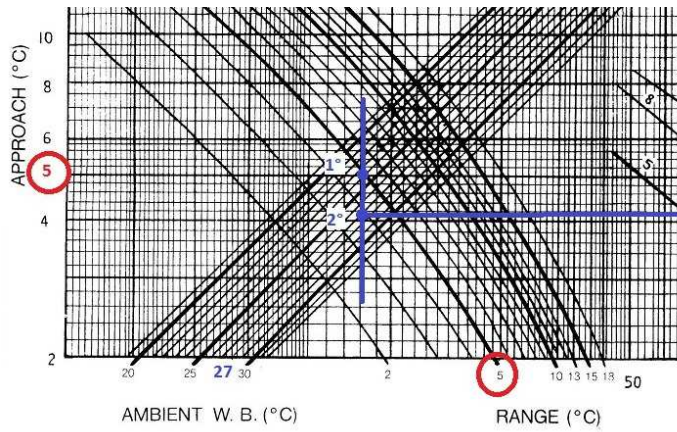
Con los datos, calculamos el rango y la aproximación:

- Rango = Temp. De agua de entrada (°C) – Temp. Del agua a la salida (°C)
Rango = 37°C – 32°C = 5°C
- Aproximación = Temp. Del agua a la salida (°C) – Temp. Bulbo húmedo (°C)
Aproximación = 32°C – 27°C = 5°C

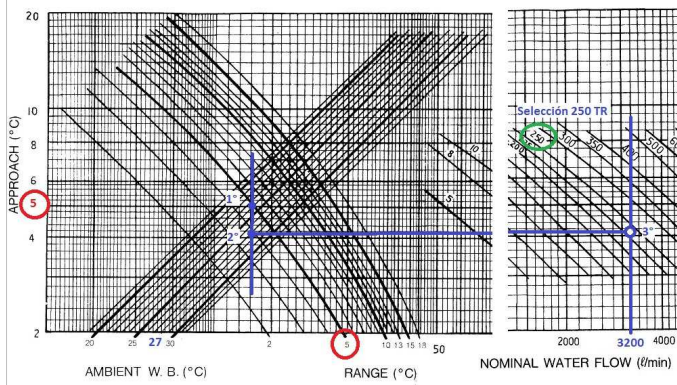
Nos vamos a las curvas de selección de los fabricantes de TE o software de selección.

Selección de torres de enfriamiento

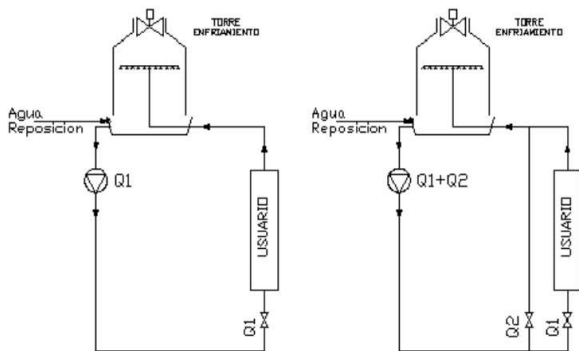




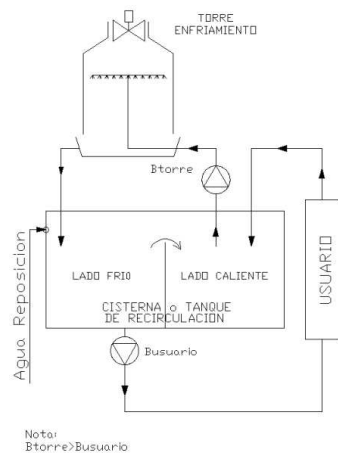
Selección de torres de enfriamiento



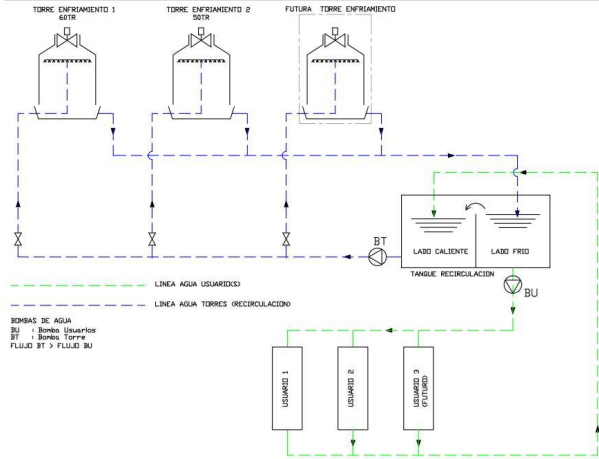
Modos de Operación de torres de enfriamiento



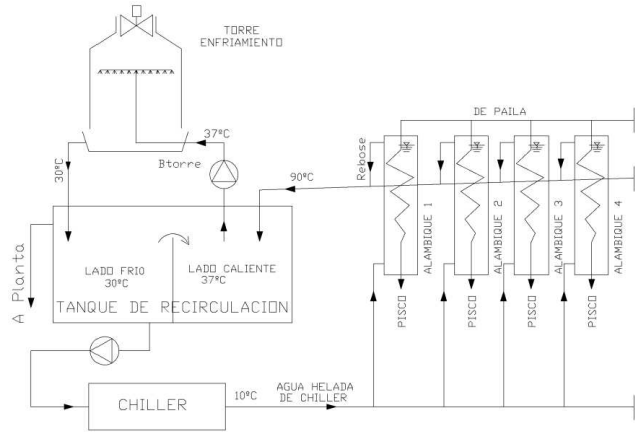
Modos de Operación de torres de enfriamiento



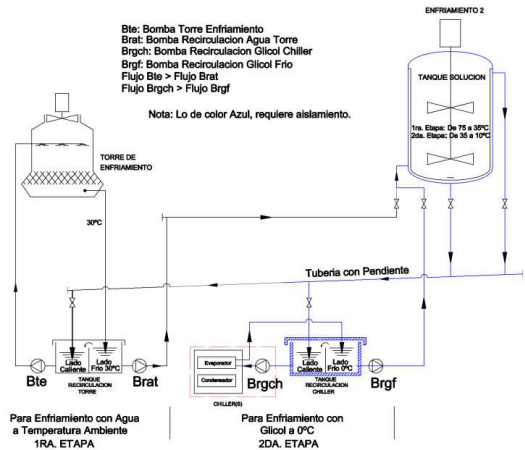
Modos de Operación de torres de enfriamiento



Modos de Operación de torres de enfriamiento



Modos de Operación de torres de enfriamiento



Instalación y mantenimiento de Torres de enfriamiento

Perdidas de agua por evaporación (E%)

$$E = \frac{\Delta T \times L}{600} \text{ (Kg/h)}$$

Donde: ΔT = Diferencia de Temperatura de entrada y salida a la TE (°C)
L = Flujo de agua de recirculación (Kg/h)
600 = Calor latente de evaporación (Kcal/Kg)

Suele ser aprox. el 1% del caudal de recirculación en la TE.

Perdidas de agua por la TE (C)

Depende de la estructura de la TE, suele ser un valor menor al 0.1% del caudal de recirculación en la TE.

Perdidas de agua por drenaje de la tina de la TE (B)

Con la finalidad de reemplazar parte del agua de la TE de forma periodica o continua es recomendable dejar drenar agua de la tina. Suele ser un valor aprox. 0.3%.

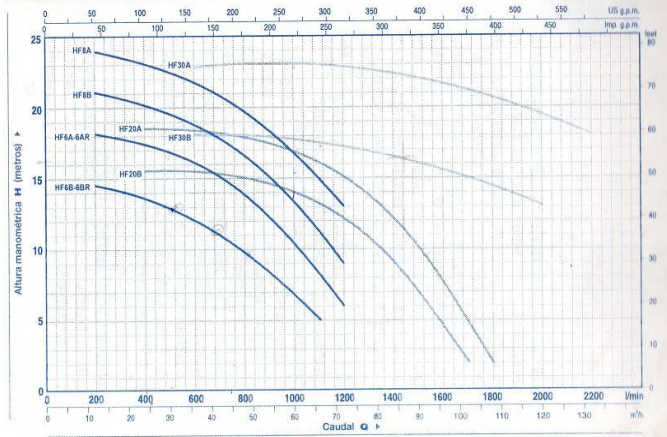
Las pérdidas de agua son compensadas con una alimentación continua de agua estimado en aprox. 1.5% del caudal de recirculación en la TE.

OPERACIONES DE MANTENIMIENTO EN TORRES DE REFRIGERACIÓN Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS.

SERVICIO	PUESTA EN MARCHA	MENSUAL	SEMESTRAL	PARADA	ANUAL
INSPECCIONAR EL ESTADO GENERAL DE LA INSTALACION	Ø			◇	◇
COMPROBAR LA LIMPIEZA DE LAS SECCIONES DE TRANSMISION DE CALOR	Ø		◇		
COMPROBAR LA LIMPIEZA DE SEPARADORES DE GOTAS Y SU ADECUADA INSTALACION	Ø		◇		
INSPECCIONAR LA BANDEJA DE RECOGIDA DE AGUA	Ø	◇			
VERIFICAR Y AJUSTAR EL NIVEL DE AGUA EN LA BANDEJA Y ACOMETIDA	Ø	◇			
COMPROBAR EL EQUIPO DE ALIMENTACION Y DOSIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS	Ø	◇			
VERIFICAR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LA PURGA	Ø	◇			
COMPROBAR FUNCIONAMIENTO DE LAS RESISTENCIAS DE LA BANDEJA	Ø		◇		
LIMPIAR FILTRO DE AGUA DE LA BANDEJA	Ø		◇		
VACIAR BANDEJA Y LAS TUBERIAS				◇	

Selección de Bombas para agua

CURVAS Y DATOS DE PRESTACION A n= 3450 1/min



Selección de Tuberías para agua

Tubos para la instalación de fluidos a presión con empalme
esgiga campana clase 5,0 (0.5 Mpa) (75 Lbs/Pig 2)

N.T.P. 399.002

21-08-07 11:57:41

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor del tubo	Largo del tubo	Largo mínimo de campana de empalme	Largo de campana entre flanges de tubo	Peso tubo aprox. Kg
2"	48.0	35.00	1.8	5.000	45.000	50	2.49
2 1/2"	73.0	67.00	1.8	5.000	54.750	65	3.01
3"	88.5	82.10	2.2	5.000	68.370	70	4.46
4"	114.0	105.80	2.8	5.000	85.500	90	7.32
6"	168.0	155.00	4.1	5.000	126.000	145	15.00

Tubos para la instalación de fluidos a presión con empalme
esgiga campana clase 7,5 (0.75 Mpa) (105 Lbs/Pig 2)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor del tubo	Largo del tubo	Largo mínimo de campana de empalme	Largo de campana entre flanges de tubo	Peso tubo aprox. Kg
1 1/4"	42.0	38.40	1.8	5.000	31.500	40	1.080
1 1/2"	48.0	44.40	1.8	5.000	36.000	50	1.650
2"	60.0	55.00	2.2	5.000	45.000	60	2.940
2 1/2"	73.0	67.00	2.6	5.000	54.750	65	4.260
3"	88.5	82.10	3.2	5.000	68.370	70	6.220
4"	114.0	105.80	4.1	5.000	85.500	90	10.430
6"	168.0	155.00	6.1	5.000	126.000	145	22.870

Tubos para la instalación de fluidos a presión con empalme
esgiga campana clase 10 (1.0 Mpa) (150 Lbs/Pig 2)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor del tubo	Largo del tubo	Largo mínimo de campana de empalme	Largo de campana entre flanges de tubo	Peso tubo aprox. Kg
1/2"	21.0	17.40	1.8	5.000	15.750	25	0.800
3/4"	26.5	22.90	1.8	5.000	19.875	30	1.000
1"	33.0	29.40	1.8	5.000	24.750	35	1.300
1 1/4"	42.0	38.40	2.8	5.000	31.500	40	1.850
1 1/2"	48.0	44.40	3.3	5.000	36.000	50	2.470
2"	60.0	54.30	3.9	5.000	45.000	60	3.930
2 1/2"	73.0	65.20	4.5	5.000	54.750	65	5.620
3"	88.5	80.10	4.7	5.000	66.370	70	8.200
4"	114.0	103.20	5.4	5.000	85.500	90	13.060
6"	168.0	152.00	8.0	5.000	126.000	145	29.640

Tubos para la instalación de fluidos a presión con empalme
esgiga campana clase 15 (1.5 Mpa) (225 Lbs/Pig 2)

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor del tubo	Largo del tubo	Largo mínimo de campana de empalme	Largo de campana entre flanges de tubo	Peso tubo aprox. Kg
1/2"	21.0	17.40	1.8	5.000	15.750	25	0.81
3/4"	26.5	22.90	1.8	5.000	19.875	30	1.05
1"	33.0	29.40	2.3	5.000	24.750	35	1.66
1 1/4"	42.0	38.40	2.8	5.000	31.500	40	2.67
1 1/2"	48.0	44.40	3.3	5.000	36.000	50	3.47
2"	60.0	54.30	4.2	5.000	45.000	60	5.51
2 1/2"	73.0	65.20	5.1	5.000	54.750	65	8.14
3"	88.5	80.10	6.2	5.000	66.370	70	12.00
4"	114.0	103.20	8.0	5.000	85.500	90	19.94
6"	168.0	152.00	10.7	5.000	126.000	145	43.00

Selección de Tuberías para agua

Recordamos:

$$Q = (A \times V) \times V$$

$$Q = (\pi \times r^2) \times V$$

$$Q = (\pi \times (d/2)^2) \times V, \text{ donde } \pi=3.1416$$

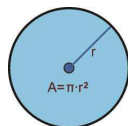
Despejando V (velocidad):

$$V = \frac{1.27 \times Q}{d^2} \text{ (m/s)}$$

Donde: V = Velocidad del agua (m/s)
Q = Flujo de agua de recirculación (m³/s)
d = Diámetro interior de la tubería (m)

Velocidad recomendadas para diseño de circuitos de agua para TE y Chillers

Circulación de agua potable: 0.5 m/s ~ 1.5 m/s
Circulación de agua industrial: 1.5 m/s ~ 2 m/s
Circulación agua de enfriamiento: 2 m/s ~ 3 m/s



Condiciones normales del agua en circulación por las TE

Considerar las siguientes recomendaciones:

El PH (Potencial Hidrógeno) del agua (medida de acidez o alcalinidad) debe estar entre los 6 y 8, El valor neutro es 7.

El contenido de cloruro (en forma de NaCl) por debajo de 750 ppm

El contenido de sulfato (SO3) por debajo de 1,200 ppm

E contenido de bicarbonato de sodio por debajo de 200 ppm

Ningun contaminante apreciable

Si se utiliza cloro debe añadirse de manera intermitente, con una cantidad libre residual que no exceda 1 ppm, manteniendo por cortos periodos de tiempo.

MUCHAS GRACIAS...

rtn@friotek.com

Diapositivas disponibles en:
www.friotek.com/presentaciones/te.zip
