

Información técnica

Determinación de los requisitos de energía calorífica

Calentamiento de tuberías y tanques con cables calentadores

Las tablas siguientes pueden usarse para determinar la pérdida de calor de tuberías aisladas y tanques para aplicaciones donde el calentamiento se haga mediante un cable calentador. Para usar estas tablas, determine los siguientes factores de diseño:

- Diferencial de temperatura $\Delta T = T_m - T_A$
Donde:
 T_m = Temperatura de mantenimiento deseada en °F
 T_A = Temperatura ambiente mínima esperada en °F

- Tipo y espesor del aislante
- Diámetro de la tubería o área de superficie del tanque
- Aplicación al aire libre o bajo techo
- Velocidad del viento máxima esperada (si es al aire libre).

Ejemplo de calentamiento de tubería mediante con cable calentador. El objetivo es mantener una tubería IPS de 1-1/2 pulgada a una temperatura de 38 °C (100 °F) con el fin de conservar y mantener el flujo del proceso en movimiento. La tubería está emplazada al aire libre y está aislada con un aislante Fiberglas® de 2 pulgadas de espesor. La temperatura ambiente mínima esperada es -18 °C (0 °F) y la velocidad del viento máxima esperada es de 35 mph. Determine las pérdidas de calor por pie de tubería.

1. **Rata de pérdida de calor:** Utilizando la Tabla 1, determine la rata de pérdida de calor de la tubería en W/pie por °F de diferencial de temperatura. Entre en la tabla el diámetro interior del aislante o el tamaño de la tubería (1-1/2 plg) y el espesor del aislante.
Rata = 0.038 Vatios/pie/°F.

2. **Pérdida de calor por pie:** La pérdida de calor calculada por pie de tubería es igual a la máxima diferencia de temperatura (ΔT), por la rata de pérdida de calor en W/pie/°F.

$$\Delta T = 100^\circ\text{F} - 0^\circ\text{F} = 100^\circ\text{F}$$

$$Q = (\Delta T)(\text{rata de pérdida de calor por } ^\circ\text{F})$$

$$Q = (100^\circ\text{F})(0.038 \text{ W/pie}) = 3.80 \text{ W/pie}$$

3. **Factor de aislamiento:** La Tabla 1 está basada en el aislante Fiberglas® y una ΔT de 10 °C (50 °F). Ajuste Q para la conductividad térmica (factor k) y la temperatura como sea necesario, usando los factores de ajuste de la Tabla 2.

$$\text{ajustado } Q = (Q)(1.08) = 3.80 \text{ W/pie} \times 1.08$$

$$Q = 4.10 \text{ W/pie}$$

4. **Factor del viento.** La Tabla 1 está hecha tomando como base la velocidad del viento de 20 mph. Ajuste Q para la velocidad del viento necesaria añadiendo 5 % por cada 5 mph sobre 20 mph. No agregue más de 15 % sin tener en cuenta la velocidad del viento.

$$\text{ajustado } Q = (Q)(1.15) = 4.10 \text{ W/pie} \times 1.15$$

$$\text{Diseñe la pérdida de calor por pie lineal } Q = 4.72 \text{ W/pie}$$

Nota: Para instalaciones bajo techo, multiplique Q por 0.9.

Tabla 1. Pérdidas de calor de tuberías de metal aisladas (Vatios por pie de tubería por °F de diferencial de temperatura¹)

Tamaño de la tubería (IPS)	Diá. interior del aislante (plg)	Espesor del aislante (plg)							
		1/2	3/4	1	1-1/2	2	2-1/2	3	4
1/2	0.840	0.054	0.041	0.035	0.028	0.024	0.022	0.020	0.018
3/4	1.050	0.063	0.048	0.040	0.031	0.027	0.024	0.022	0.020
1	1.315	0.075	0.055	0.046	0.036	0.030	0.027	0.025	0.022
1-1/4	1.660	0.090	0.066	0.053	0.041	0.034	0.030	0.028	0.024
1-1/2	1.990	0.104	0.075	0.061	0.046	0.038	0.034	0.030	0.026
2	2.375	0.120	0.086	0.069	0.052	0.043	0.037	0.033	0.029
2-1/2	2.875	0.141	0.101	0.080	0.059	0.048	0.042	0.037	0.032
3	3.500	0.168	0.118	0.093	0.068	0.055	0.048	0.042	0.035
3-1/2	4.000	0.189	0.133	0.104	0.075	0.061	0.052	0.046	0.038
4	4.500	0.210	0.147	0.115	0.083	0.066	0.056	0.050	0.041
—	5.000	0.231	0.161	0.125	0.090	0.072	0.061	0.054	0.044
5	5.563	0.255	0.177	0.137	0.098	0.078	0.066	0.058	0.047
6	6.625	0.300	0.207	0.160	0.113	0.089	0.075	0.065	0.053
—	7.625	0.342	0.235	0.181	0.127	0.100	0.084	0.073	0.059
8	8.625	0.385	0.263	0.202	0.141	0.111	0.092	0.080	0.064
—	9.625	0.427	0.291	0.224	0.156	0.121	0.101	0.087	0.070
10	10.75	0.474	0.323	0.247	0.171	0.133	0.110	0.095	0.076
12	12.75	0.559	0.379	0.290	0.200	0.155	0.128	0.109	0.087
14	14.00	0.612	0.415	0.316	0.217	0.168	0.138	0.118	0.093
16	16.00	0.696	0.471	0.358	0.246	0.189	0.155	0.133	0.104
18	18.00	0.781	0.527	0.401	0.274	0.210	0.172	0.147	0.115
20	20.00	0.865	0.584	0.443	0.302	0.231	0.189	0.161	0.125
24	24.00	1.034	0.696	0.527	0.358	0.274	0.223	0.189	0.147

1. Los valores en la Tabla 1 están basados en una temperatura de la tubería de 10 °C (50 °F), un ambiente de -18 °C (0 °F), una velocidad del viento de 20 mph y un factor "k" de 0.25 (Fiberglas®). Los valores son calculados usando la siguiente fórmula más un 10 % de margen de seguridad:

$$\text{Watts/ft of pipe} = 2 \pi k (\Delta T) \div (Z) \ln (D_o/D_i)$$

$$\text{Donde: } k = \text{Conductividad térmica (Btu/plg/h/pie}^2/\text{°F)}$$

$$\Delta T = \text{Diferencial de temperatura (°F)}$$

$$D_o = \text{Diámetro exterior del aislante (plg)}$$

$$D_i = \text{Diámetro interno del aislante (plg)}$$

$$Z = 40.944 \text{ Btu/plg/W/h/pie}$$

$$\ln = \text{Logaritmo natural del cociente } D_o/D_i$$

Tabla 2. Factor de conductividad térmica (k) de materiales típicos de aislamiento de tuberías (Btu/plg/h/pie²/°F)

Tipo de aislante	valor k	Temperatura de mantenimiento en la tubería (°F)							
		0	50	100	150	200	300	400	500
Fiberglas® o fibra mineral basada en ASTM C-547	valor k	0.23	0.25	0.27	0.30	0.32	0.37	0.41	0.45
	Factor de ajuste	(0.92)	(1.00)	(1.08)	(1.20)	(1.28)	(1.48)	(1.64)	(1.80)
Silicato de calcio según ASTM C-533	valor k	0.35	0.37	0.40	0.43	0.45	0.50	0.55	0.60
	Factor de ajuste	(1.52)	(1.48)	(1.60)	(1.72)	(1.80)	(2.00)	(2.20)	(2.40)
Vidrio espumoso según ASTM C-552	valor k	0.38	0.40	0.43	0.47	0.51	0.60	0.70	0.81
	Factor de ajuste	(1.52)	(1.60)	(1.72)	(1.88)	(2.04)	(2.40)	(2.8)	(3.24)
Uretano espumoso según ASTM C-591	valor k	0.18	0.17	0.18	0.21	0.25	No recomendado		
	Factor de ajuste	(0.72)	(0.68)	(0.72)	(0.84)	(1.00)			

2. Cuando use un aislante rígido, seleccione un diámetro interior de una dimensión más grande que la tubería, en tamaños de tuberías IPS de hasta 9 plg. Por encima de IPS de 9 plg, utilice el mismo tamaño para el aislante.

Tabla 3. Pérdidas de calor a partir de tanques de metal aislados (W/pie²/°F)³

Espesor del aislante (plg)										
1/2	3/4	1	1-1/2	2	2-1/2	3	3-1/2	4	5	6
0.161	0.107	0.081	0.054	0.040	0.032	0.027	0.023	0.020	0.016	0.013

3. Los valores en la Tabla 3 están basados en una temperatura del tanque 10 °C (50 °F), un ambiente de -18 °C (0 °F), una velocidad del viento de 20 mph y un factor "k" de 0.25 (Fiberglas®). Los valores son calculados usando la siguiente fórmula más un 10 % de margen de seguridad:

$$\text{Watts/ft}^2 = Y k (\Delta T) \div X$$

$$\text{Donde: } Y = 0.293 \text{ W/h/btu}$$

$$k = \text{Conductividad térmica}$$

$$X = \text{Espesor del aislante (plg)}$$

$$\Delta T = \text{Diferencial de temperatura (°F)}$$

Nota: La información anterior se presenta como una guía para solucionar aplicaciones típicas de calentamiento con un cable calentador. Contacte la Oficina Local de Ventas de Chromalox para obtener ayuda en la selección del calentador y las tuberías hechas de otro material aparte de metal.

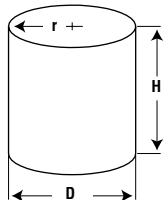
Información técnica

Determinación de los requisitos de energía

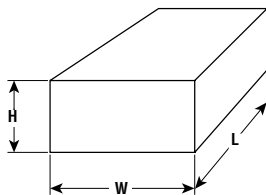
Calentamiento de tuberías y tanques con cables calentadores (cont.)

El calentamiento de tanques mediante cable calentador necesita un cálculo adicional del total de área de superficie expuesta. Para calcular el área de superficie:

Tanques cilíndricos:
 $\text{Área} = 2\pi r^2 + \pi DH$
 $A = \pi D (r + H)$



Tanques horizontales:
 $\text{Área} = 2[(W \times L) + (L \times H) + (H \times W)]$



Ejemplo de calentamiento de tanques mediante cable calentador: El objetivo es mantener un tanque de metal con aislante de Fiberglas® de 2 plg de espesor a una temperatura de 10 °C (50 °F). El tanque está emplazado al aire libre, tiene 4 pies de diámetro, 12 pies de largo y está expuesto por ambos extremos. La temperatura ambiente mínima es de -18 °C (0 °F) y la velocidad del viento máxima esperada es de 15 mph.

- 1. Área de superficie:** Calcule el área de superficie del tanque.
 $A = \pi D (r + H)$
 $A = \pi 4 (2 + 12)$
 $A = 175.9 \text{ pie}^2$
- 2. Diferencial de temperatura: (ΔT)**
 $\Delta T = T_M - T_A = 50^\circ\text{F} - 0^\circ\text{F} = 50^\circ\text{F}$
- 3. Pérdida de calor por pie²:** Obtenga la pérdida de calor por pie cuadrado por grado de la Tabla 3.
 Pérdida de calor/pie²/°F = 0.04 W/pie²/°F

- 4. Factor de aislamiento:** La tabla 3 está basada en un aislante Fiberglas® y una ΔT de 10 °C (50 °F). Ajuste Q para la conductividad térmica (factor k) y la temperatura como sea necesario, usando los factores de la Tabla 2.
- 5. Factor viento:** La Tabla 3 está basada en la velocidad del viento de 20 mph. Ajuste Q para la velocidad del viento necesaria añadiendo 5 % por cada 5 mph sobre 20 mph. No agregue más de 15 % sin tener en cuenta la velocidad del viento.
Nota: Para instalaciones bajo techo, multiplique Q por 0.9.
- 6. Calcule la pérdida total de calor para el tanque.** Multiplique la cifra ajustada de pérdida de calor por pie cuadrado por °F por el diferencial de temperatura. Multiplique la pérdida de calor por pie cuadrado por el área.

$$Q = 0.04 \text{ W/pie}^2/\text{°F} \times 50^\circ\text{F} \Delta T = 2 \text{ W/pie}^2$$

$$Q = \text{W/pie}^2 \text{ Ajustado} \times \text{área de superficie del tanque}$$

$$Q = 2 \text{ W/pie}^2 \times 175.9 \text{ pie}^2$$

Pérdida de calor del tanque = 351.8 W

Calefacción ambiental

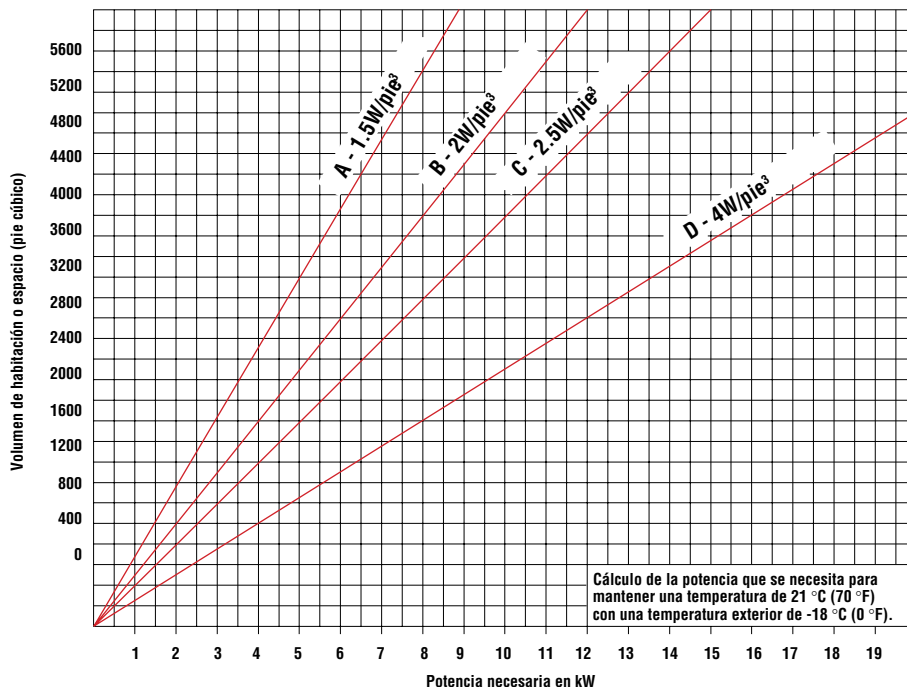
Para aplicaciones completas de calentamiento de espacios y edificios, se recomienda realizar un análisis detallado de las pérdidas de calor de la estructura del edificio (paredes, techos, pisos, ventanas, etc.) utilizando las guías generales ASHRAE. Este es el procedimiento de cálculo más exacto y económico. Sin embargo, se puede obtener un cálculo rápido de la potencia necesaria para el calentamiento por habitación, así como el calentamiento suplementario o la protección contra congelamiento, usando la gráfica presentada a la derecha.

Problema: La extensión de un almacén mide 20 pies de largo x 13 pies de anchura x 9 pies de alto. El edificio no está aislado. La edificación es de paredes de bloque de hormigón desnudo y un techo abierto con una cubierta de madera y terminación contigua. Determine la potencia necesaria para mantener el almacén a una temperatura de 21 °C (70 °F) cuando la temperatura exterior es de -18 °C (0 °F).

Solución:

- 1. Calcule** el volumen de la habitación.
 $20 \text{ pie} \times 13 \text{ pie} \times 9 \text{ pie} = 2,340 \text{ pie}^3$
- 2. Remítase** a la gráfica y utilice la Curva D que corresponde a la construcción de edificaciones.
- 3. Encuentre** la intersección de 2,340 pie³ con la curva D. La potencia necesaria es de 9.3 kW. Esto sugiere el empleo de un calentador de ventilador de 10 kW.

Gráfica de calefacción ambiental



Calculo de la potencia que se necesita para mantener una temperatura de 21 °C (70 °F) con una temperatura exterior de -18 °C (0 °F).

- Curva A.** Habitaciones con poca, o sin ninguna, exposición al exterior. Sin techo o piso con exposición al exterior; sólo una pared expuesta con no más del 15 % de área correspondiente a puertas y ventanas.
- Curva B.** Habitaciones con una exposición media. Techo y 2 ó 3 paredes expuestas, hasta 30 % de área correspondiente a puertas y ventanas. Pero con techo, paredes y piso aislados por si son expuestos a temperaturas externas.
- Curva C.** Habitaciones con techo, paredes y piso sin aislamiento pero con paredes y techos interiores.
- Curva D.** Casetas de custodios expuestas, cuartos para bombas, cabinas y habitaciones pobremente construidas con juntas razonablemente firmes pero sin aislamiento. Construcción típica de metal corrugado o revestimiento de madera, techos de una sola capa.

Nota: Si el volumen de la habitación es mayor que los valores de la gráfica, divida por 2, 3, 4, etc. hasta que el volumen experimental se ajuste a la curva. Entonces seleccione el calentador adecuado para este volumen. Multiplique los calentadores seleccionados por el número utilizado para seleccionar el volumen experimental.