

## Información técnica

### Guías de selección de densidad potencia y calentador

#### ¿Qué es la densidad de potencia?

La densidad de potencia es representada por W/plg<sup>2</sup> y es el flujo de calor que emana de cada pulgada cuadrada del área de calentamiento efectiva (superficie calentada) del elemento.

$W/plg^2 = \text{Vatios nominales} \div \text{área de calentamiento efectiva}$

El área de calentamiento efectiva es el área de superficie por pulgada lineal del calentador multiplicado por la longitud calentada. Para calentadores tipo tira los cuales tienen forma rectangular, el área de superficie por pulgada lineal es:

1 - 1/2 plg de anchura = 3.45 plg<sup>2</sup> por pulgada lineal  
1 plg de anchura = 2.31 plg<sup>2</sup> por pulgada

La longitud calentada (HL) de los calentadores tipo tira se calcula como sigue:

< 30-1/2 plg de largo HL = Longitud total menos 4 plg  
≥ 30-1/2 plg de largo HL = Longitud total menos 5 plg

Para elementos tubulares, la densidad de potencia se determina a través de las siguientes fórmulas:

Área de calentamiento efectiva =  $\pi \times \text{diámetro} \times \text{longitud calentada}$

El área de superficie por pulgada lineal para elementos tubulares de diámetro estándar se muestra debajo:

Tamaño (diámetro)	Ln <sup>2</sup> /plg
0.246 plg (1/4)	0.77
0.315 plg (5/16)	0.99
0.375 plg (3/8)	1.18
0.430 plg (7/16)	1.35
0.475 plg	1.49
0.500 plg (1/2)	1.57

El siguiente ejemplo ilustra el procedimiento para determinar la densidad de potencia de un calentador tubular típico:

**Ejemplo:** Un calentador de tapón roscado de 12 kW tiene tres elementos con un diámetro de 0.475 plg, con una dimensión "B" de 32 pulgadas y 2 pulgadas de zona fría. La densidad de potencia es:

$0.475 \times \pi \times (32 \text{ in.} - 2 \text{ plg}) \times 3 \times 2 \text{ (Doble en U)} = 268 \text{ plg}^2$

$12,000 \text{ Watts} \div 268 \text{ plg}^2 = 45 \text{ W/plg}^2$

Por conveniencia en la selección de los equipos, todos los calentadores estándares en este catálogo tienen especificada la densidad de potencia.

#### Guías de selección del calentador

Una vez que las necesidades totales de energía calorífica han sido determinadas, la selección del tipo de calentador eléctrico se realiza tomando como base tres criterios.

- Temperatura máxima del forro metálico del elemento
- Material del forro metálico
- Densidad de potencia máxima recomendada

**Temperatura máxima del forro metálico:** La temperatura del forro metálico de un elemento eléctrico debe ser limitada para prevenir daños al calentador y proporcionar una vida razonable. Como es sabido, la temperatura máxima del forro metálico del elemento de calentamiento está determinada por la temperatura final de funcionamiento del proceso. En aplicaciones de inmersión directa, la temperatura del forro metálico se aproximará a la temperatura del medio calentado. En aplicaciones de calentadores de fijación utilizados para el calentamiento de aire y gas, la temperatura de operación del forro metálico puede ser estimada usando factores derivados de esquemas y gráficos empíricos.

**Material del forro metálico:** El material del forro metálico del elemento es seleccionado basado en la temperatura máxima permisible para el forro metálico, el material que está siendo calentado y la resistencia a la corrosión necesaria. Dependiendo de la construcción y el material del forro metálico, los elementos de resistencia eléctrica recubiertos de metal operarán satisfactoriamente desde temperaturas menores de -184 °C (-300 °F) (criogénico) hasta aproximadamente 815 °C (1500 °F). Los elementos de forros metálicos de cobre se usan comúnmente para bajas temperaturas y el calentamiento de agua por inmersión directa. El acero se usa para aplicaciones de inmersión en aceite y calentadores tipo tira. El acero inoxidable e INCOLOY® se usa para soluciones corrosivas, calentamiento de aire o gas a alta temperatura y en calentadores de cartucho. La tabla de abajo lista las temperaturas de funcionamiento máximas recomendadas para materiales de forro metálico comunes (UL 1030):

Cobre	177 °C	(350 °F)
Hierro	399 °C	(750 °F)
Acero	399 °C	(750 °F)
MONEL®	482 °C	(900 °F)
Acero cromo	648 °C	(1200 °F)
Inoxidable 300	648 °C	(1200 °F)
INCOLOY®	870 °C	(1600 °F) <sup>1</sup>
INCONEL®	926 °C	(1700 °F) <sup>1</sup>

#### Densidad de potencia máxima recomendada:

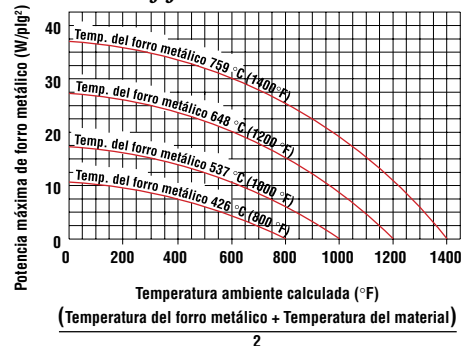
Algunos materiales como el agua, aceites vegetales y baños de sal, pueden tolerar densidades de potencia del forro metálico relativamente altas. Otros materiales, tales como aceites de petróleo o jarabes de azúcar, necesitan bajas densidades de potencia. Estas soluciones tienen alta viscosidad y pobre conductividad térmica. Si la densidad de potencia es muy alta, el material se carbonizará o sobrecalentará, lo que resultará en un daño para el equipo de calentamiento o el material que se está calentando. En otras secciones de este catálogo se ofrecen guías generales y sugerencias para escoger los materiales del forro metálico y las densidades de potencia recomendadas para muchos problemas comunes de calentamiento.

Usando los valores determinados en los criterios de selección, escoja el tipo de calentador más apropiado para la aplicación. Por ejemplo, el agua puede calentarse mediante inmersión directa, con calentadores de circulación o con calentadores tipo tira o tubulares sujetos a las paredes del tanque. La elección final del tipo de calentador implicará tomar las consideraciones del proceso, apariencia, espacio disponible tanto interior como exterior, economía, mantenimiento, etc. Las páginas siguientes describen los procedimientos para seleccionar calentadores para aplicaciones tipo fijación, calentamiento por inmersión en líquido, calentamiento por inmersión en aceite, calentamiento de aire o gas y calentamiento de platina o cartucho.

#### Aplicaciones de calentadores de fijación

El factor limitante en la mayoría de las aplicaciones de calentadores de fijación es la temperatura de operación del forro metálico del calentador. La selección de los calentadores para aplicaciones de fijación necesita un análisis de la máxima temperatura del forro metálico esperada basado en la temperatura ambiente estimada y la temperatura del material que se está calentando. La gráfica G-175S proporciona un método de cálculo de la temperatura para el forro metálico y las densidades de potencia admisibles para calentadores tubulares para varias temperaturas ambiente y rangos de potencia.

#### Gráfica G-175S. Calentadores tubulares de fijación



El ejemplo ilustrado en la próxima página describe el procedimiento. Se requieren 12 kW para calentar material en un tanque de acero desde 21 °C (70 °F) hasta 426 °C (800 °F). El calentamiento será propiciado por elementos eléctricos tubulares sujetos al lado del tanque. Dado que el material es calentado a 426 °C (800 °F), se deberá usar elementos INCOLOY® para el forro metálico.

**Nota 1.** Para temperaturas del forro metálico por encima de 815 °C (1500 °F), contacte a la Oficina Local de Ventas de Chromalox para obtener asistencia en la aplicación.

## Información técnica

### Guías de selección de densidad de potencia y calentador permisible

#### Selección de calentadores tubulares de fijación (cont.)

De la gráfica se obtiene que una temperatura del forro metálico máxima de 648 °C (1200 °F) resulta en una temperatura ambiente promedio de 426 °C + 648 °C (800 °F + 1200 °F) ÷ 2 = 537 °C (1000 °F). De las curvas se extrae que la densidad de potencia permitida es de 9.5 W/plg<sup>2</sup>. Basándose en la dimensión del contenedor, se seleccionan los elementos TRI de 0.475 pulgada de diámetro y 28 pulgadas de longitud.

El elemento TRI de 0.475 plg tiene 1.42 plg<sup>2</sup> por pulgada lineal del forro metálico. La longitud calentada es la longitud total del forro metálico menos 6.5 pulgadas. La densidad de potencia permitida en el elemento es (28 - 6.5) x 1.49 x 9.5 = 305 W. La cantidad de elementos necesarios es 12,000 W ÷ 305 W = 39 elementos. Haga un pedido de 39 elementos similares al TRI-2845, pero que estén clasificados para 305 W. Si la aplicación necesita el uso de elementos tubulares cuya longitud total no es estándar, cada valor de elemento sería determinado como sigue:

$$\text{Potencia del calentador} = (A - 2CE) (\text{Área} \times 9.5 \text{ W})$$

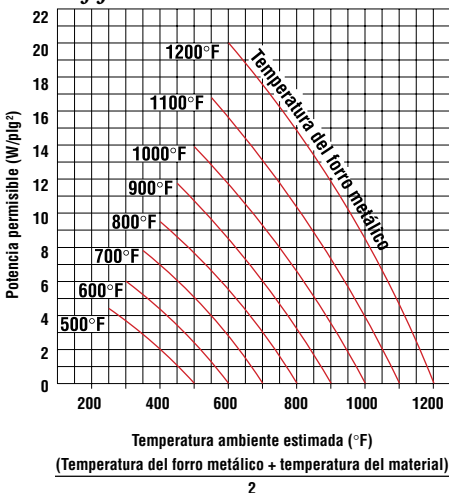
Donde:

- A = Longitud total del forro metálico
- CE = Longitud de la zona fría
- Area = Área efectiva calentada (plg<sup>2</sup>/plg)
- 9.5 = W/plg<sup>2</sup> recomendada por la gráfica G-175S

#### Selección de calentadores tipo tira de fijación

La gráfica G-130S proporciona un método de cálculo de la densidad de potencia máxima permitida para calentadores tipo tira para aplicaciones de fijación basadas en la temperatura de operación del forro metálico y ambientes diversos.

#### Gráfica G-130S. Calentadores tipo tira de fijación



Usando el ejemplo anterior de 12 kW, determine la cantidad de calentadores necesarios. Una temperatura del material de 426 °C (800 °F) necesita un calentador de banda de acero cromo. De la gráfica G-130S, una temperatura máxima del forro metálico de 648 °C (1200 °F) resulta en una temperatura ambiente de 537 °C (1000 °F) dentro del espacio entre el aislante térmico y el recipiente, 426 °C - 648 °C (800 °F + 1200 °F) ÷ 2 = 537 °C (1000 °F).

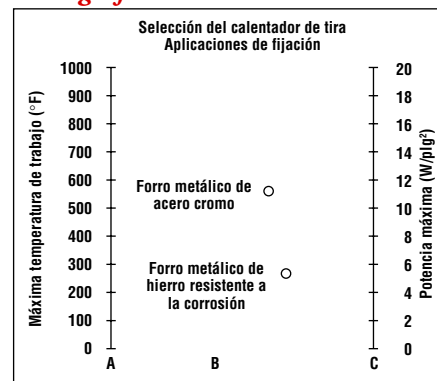
De la curva, la densidad de potencia permisible es de 8 W/plg<sup>2</sup>. Tomando como base la dimensión del tanque, se seleccionaron calentadores tipo tira cubiertos con acero cromo de 24 pulgadas de largo sin lengüeta de montaje. Para determinar la cantidad y potencia de los calentadores tipo tira necesarios, use la fórmula siguiente: Potencia permisible por tira = (longitud total menos 4plg de la sección fría) x 3.45 plg<sup>2</sup> por pulgada lineal del forro metálico x 8 W/plg<sup>2</sup>. Por tanto, (25 1/2 plg - 4 plg) x 3.45 x 8 = 593 (600) W. La cantidad total de tiras necesarias es 12,000 W ÷ 600 W = 20 tiras. Haga un pedido de tiras similares a OT-2507 en cuanto a la dimensión pero clasificadas para 600 W. Para evitar un pedido especial, considere el uso de 24 tiras estándares OT-2407, de 500 W. Estos calentadores tendrían una densidad de potencia de:

$$500\text{W} \div [(23-3/4 - 4) \times 3.45] = 7.35 \text{ W/plg}^2$$

Si la aplicación utiliza una potencia trifásica, la cuenta total de elementos debe ser un múltiplo de 3 para permitir una carga eléctrica equilibrada.

El nomograma siguiente puede usarse también para la selección del calentador en aplicaciones de calentamiento de tira de fijación.

#### Nomografía del calentador de tira



#### Para usar el gráfico.

1. **Seleccione** la temperatura de trabajo máxima deseada en A.
2. **Escoja** el forro metálico de acero cromo o hierro resistente a la corrosión (puntos B) tomando como base las temperaturas de funcionamiento.
3. **Dibuje** una línea recta a través de los puntos A y B hasta C. C indica los vatios por pulgada cuadrada máximos permisibles.
4. **Seleccione** la longitud del calentador deseada con una densidad de potencia equivalente o menor.

#### Recomendaciones generales para aplicaciones de calentamiento de líquidos

Los valores del calentador de inmersión estándar de Chromalox cumplen con las densidades de potencia sugeridas para calentamiento de propósito general. Se obtendrá una vida útil más larga si se usa la densidad de potencia que prácticamente sea más baja para cualquier aplicación dada.

#### Valores estándares.

Calentadores de agua	45 - 75 W/in <sup>2</sup>
Calentadores para soluciones corrosivas	20 - 23 W/in <sup>2</sup>
Calentadores de aceite (peso Ligero)	20 - 23 W/in <sup>2</sup>
Calentadores de aceite (peso medio)	15 W/in <sup>2</sup>
Calentadores de aceite (peso pesado)	6 - 10 W/in <sup>2</sup>

#### Densidades de potencia admisibles sugeridas para líquidos

Material	Temp. máxima (°F)	Potencia máxima (W/plg <sup>2</sup> )
Soluciones ácidas	180	40
Soluciones alcalinas (Oakite)	212	40
Asfalto, brea y otros compuestos duros o altamente viscosos	200	10
	300	8
	400	7
	500	6
Aceite combustible Bunker C	160	10
Sosa cáustica 2%	210	45
	210	25
	180	15
Dowtherm® A	750	23
Vaporización Dowtherm® A	750	10
Líquido Dowtherm® J	575	23
Tanques galvanizados	180	40
Etilen glicol	300	30
Freón	300	3
Precaentamiento de aceite combustible	180	9
Gasolina, Kerosene	300	20-23
Aceite de maquinaria, SAE 30	250	18-20
Crisol para fundir metal	500-900	20-27
Aceite mineral	200	20-23
	400	16
Miel	100	4-5
Baño de sal derretida	800-950	25-30
Estaño derretido	600	20-23
Baño de extracción de aceite	400	20-23
	600	16
Fundición de acero a aluminio	500-750	50
Fundición de acero a hierro	750-1000	55
Aceites de transferencia de calor (Therminol®, Mobiltherm®, etc.)	500-650	23
Soluciones para desengrase de vapor	275	20-23
Aceite vegetal (recipiente para freír)	400	20-30
Agua (para para procesos)	212	40-75
Agua (para cuarto de aseo)	140	75-100

**Nota:** Las densidades de potencia se dan tomando como base líquidos no circulantes. La densidad de potencia permisible debe ser ajustada cuando se incrementa la transferencia de calor o las ratas de flujo.