

# Beneficios del aislamiento térmico en la industria



## Contenido

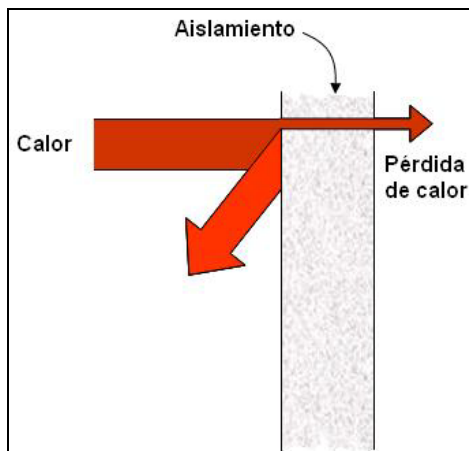
<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Tipos de aislantes térmicos .....</b>	<b>5</b>
2.1	Propiedades de los termoaislantes.....	7
2.2	Características físicas de los termoaislantes. ....	8
2.2.1	Silicato de calcio.....	8
2.2.2	Fibra de vidrio.....	8
2.2.3	Vidrio espumado .....	8
2.2.4	Lana de roca.....	9
2.2.5	Perlita expandida.....	9
2.2.6	Elastomérico.....	9
2.2.7	Poliestireno.....	10
2.2.8	Poliuretano .....	10
<b>3</b>	<b>Espesor del aislamiento óptimo .....</b>	<b>11</b>
3.1	Cálculo de la transferencia de calor en superficies aisladas. ....	12
3.1.1	Superficies planas .....	12
3.1.2	Tuberías .....	13
3.2	Ejemplos.....	15
3.2.1	Caso 1 .....	15
3.2.2	Caso 2 .....	16
3.2.3	Caso 3 .....	17
<b>4</b>	<b>Glosario.....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Anexo A, parámetros de referencia para calcular el espesor de un termoaislante .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Anexo B, espesores recomendados .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Mantenimiento .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>52</b>

## 1 Introducción

Los aislamientos térmicos son materiales o combinaciones de éstos que se usan para suministrar resistencia al flujo de calor (fig. 1.1). La mayor parte de ellos son materiales heterogéneos, los cuales tienen baja conductividad térmica y contienen bolsas de aire. Esto no es sorprendente, ya que el aire tiene una de las conductividades térmicas más bajas y se dispone de él con facilidad.

La fuerza impulsora para el flujo de calor es la diferencia de temperatura y entre más grande sea, mayor será la velocidad de transferencia de calor. Los aislamientos térmicos actúan como barreras que retardan el flujo de calor entre dos medios a diferente temperatura.

El calor se genera en hornos o calentadores al quemar un combustible como gas natural o diésel, que se absorbe en el hogar y sus superficies, lo cual causa una elevación por encima de la temperatura ambiente. Esta diferencia de temperatura produce la transferencia de calor del medio caliente hacia el ambiente; el aislamiento reduce la pérdida de calor y, de este modo, ahorra combustible y dinero. Por lo tanto, el aislamiento se paga por sí mismo gracias a la energía que ahorra. Aislar de manera apropiada requiere de inversión de capital, pero sus efectos son espectaculares y de largo plazo. El período de recuperación de la inversión a menudo es menor a un año. Aunado a estos ahorros, el aislamiento también ayuda al medio ambiente y combate la contaminación del aire y el efecto invernadero al reducir la cantidad de combustible que se quema y, de este modo, la cantidad de CO<sub>2</sub> y otros gases que se liberan a la atmósfera.



**Figura 1.1** El aislamiento térmico actúa como una barrera que retarda la transferencia de calor.

También se puede ahorrar energía y dinero al aislar las superficies frías (superficies cuya temperatura está por debajo de la ambiental), como las líneas de agua helada, los tanques criogénicos de almacenamiento, los camiones refrigerados y los ductos de aire acondicionado.

En estos casos, el calor se transfiere desde los alrededores hacia las superficies frías y la unidad de refrigeración debe compensar la ganancia de calor consumiendo energía eléctrica.

Un refrigerador con paredes bien aisladas consumirá mucho menos electricidad que otro semejante con poco aislamiento o sin él.

El aislamiento térmico en forma de lodo, arcilla, paja, trapos y tiras de madera, se usó por primera vez en el siglo XVIII sobre las máquinas de vapor para impedir que los trabajadores sufrieran quemaduras producidas por las superficies calientes. Como resultado, bajaron las temperaturas del cuarto de calderas y se observó que también se redujo el consumo de combustible.

A su vez, la mejora en la eficiencia de la máquina y el ahorro de energía estimularon la búsqueda de materiales con mejor eficiencia térmica. Uno éstos fue la lana mineral, descubierta por accidente alrededor de 1840.

### **Razones para aislar**

- *Conservación de la energía*

Conservar la energía mediante la reducción de la velocidad del flujo de calor es la razón principal de las superficies aisladoras. Se dispone con amplitud de materiales para aislamiento que se comportan de manera satisfactoria en el rango de temperaturas de -268 °C hasta 1000 °C.

- *Protección y comodidad personales*

Una superficie que está demasiado caliente representa un peligro para las personas que trabajan en esa zona, ya que pueden tocarla accidentalmente y sufrir quemaduras. Para prevenir este peligro y cumplir con las normas de seguridad, las temperaturas de las superficies calientes deben reducirse por debajo de 60 °C mediante el aislamiento. Asimismo, el calor excesivo que emana de las superficies calientes crea un medio desagradable para trabajar, lo cual afecta de manera adversa el rendimiento o la productividad de los trabajadores, en especial en los meses de verano.

- *Mantenimiento de la temperatura del proceso*

En la industria química algunos procesos son sensibles a la temperatura y es necesario aislar los tanques en los que se llevan a cabo, así como las tuberías de flujo, con el fin de mantener la misma temperatura en toda su extensión.

- *Prevención de la corrosión y la condensación*

El vapor de agua que existe en el aire se condensa sobre las superficies exteriores de los tanques o tubos cuando su temperatura cae por debajo del punto de rocío, a menos de que cuenten con un aislamiento adecuado. El agua líquida sobre las superficies expuestas de los tanques o tubos metálicos fomentará la corrosión, así como el desarrollo de algas.

- *Protección contra la congelación*

La exposición prolongada a temperaturas inferiores a la de congelación puede causar que el agua que se encuentra en la tubería o recipientes de almacenamiento se congele, como resultado de la transferencia de calor del agua hacia el ambiente frío, causando que éstos se revienten. El aislamiento adecuado reducirá la pérdida de calor del agua e impedirá la congelación.

- *Reducción del ruido y la vibración*

Un beneficio adicional del aislamiento térmico es su capacidad para amortiguar el ruido y las vibraciones. Con una selección apropiada del material aislante se pueden lograr, además, reducciones considerables de nivel de ruido.

## 2 Tipos de aislantes térmicos

Los aislantes térmicos (termoaislantes) pueden ser:

1. Materias minerales fibrosas o celulares, como el vidrio, la sílice, las rocas, las escorias o el asbesto (ya en desuso).
2. Materiales orgánicos fibrosos o celulares, como la caña, el algodón, el caucho, la madera, la corteza de árbol y el corcho.
3. Plásticos orgánicos celulares, como el poliestireno o poliuretano.
4. Materiales que reflejan el calor (que deben dar a espacios vacíos o llenos de aire o gas).

Las formas físicas más comunes de los tipos de aislamiento industriales y de la construcción son:

*a. De relleno suelto y cemento*

Son polvos, gránulos o nódulos con los que se puede revestir -o inyectar mediante soplado- paredes huecas u otros espacios. El cemento aislador es un material suelto que, cuando se mezcla con agua para obtener plasticidad o adhesividad, se puede aplicar sobre una superficie y dejar que se seque para que sirva como aislante. Algunos tipos de cementos se pueden rociar sobre el lugar en que deben ir. Tanto el cemento como el relleno son especialmente apropiados para superficies irregulares.

*b. Flexible y semirrígido*

Se pueden obtener materiales con grados variables de compresibilidad y flexibilidad, bloques fibrosos o fieltro, tanto orgánicos como inorgánicos (con aglutinantes o sin ellos), en láminas y rodillos de muchos tipos y variedades. Las cubiertas y las caras se pueden sujetar a uno o los dos lados y servir como refuerzos, barreras de protección contra el vapor, superficies de reflexión o acabados superficiales. Estas cubiertas incluyen combinaciones de películas metálicas o plástico y papel, malla de alambre o tiras metálicas. Los aisladores se proporcionan en una gran variedad de tamaños y espesores estándares que facilitan su manejo.

*c. Rígido*

Estos materiales existen en bloques, placas o láminas, preconformados durante la fabricación, de espesores, anchuras y longitudes estándares. Están disponibles para tuberías y superficies curvas en segmentos o secciones medias, en los que los radios de curvatura se ajustan a los tamaños estándares de las tuberías y los tubos.

*d. De reflexión*

Se dispone de material de reflexión en láminas y rodillos de construcción de una o varias capas y en formas premoldeadas con espacio de aire integrados.

*e. Moldeados en el sitio*

Estos materiales existen como componentes líquidos que se pueden verter o rociar en el sitio para formar espumas aisladoras rígidas o semirrígidas. También se pueden rociar en el sitio materiales fibrosos mezclados con aglutinantes líquidos.

Los materiales auxiliares para el aislamiento térmico incluyen sujetadores, tanto mecánicos como adhesivos; acabados, como forros y caras rectificadas, que pueden servir como protección o barrera contra el vapor; adhesivos retardados, selladores, membranas y compuestos de protección.

**Propiedades térmicas**

La capacidad de un material para retrasar el flujo de calor se expresa mediante su conductividad térmica (para espesores unitarios) o la conductancia (para un espesor específico). Por tanto, los aisladores térmicos se caracterizan por bajos valores de conductividad o conductancia térmica (o un valor elevado de resistividad o resistencia térmica).

En el Anexo I se dan algunos valores de diseño de la conductividad térmica para aislamientos de uso industrial.

## 2.1 Propiedades de los termoaislantes

A continuación se describen las principales propiedades a considerar en la selección de un termoaislante, para que pueda satisfacer los requisitos específicos de un proyecto determinado.

- a. Límites de temperatura. Es importante que los termoaislantes mantengan sus propiedades, aun sometidos a temperaturas extremas.
- b. Conductividad térmica. Dato necesario para calcular la transferencia de calor y con base en ello determinar la calidad o eficiencia del termoaislante.
- c. pH. grado de alcalinidad o acidez; es una propiedad muy importante, ya que el termoaislante no debe provocar corrosión.
- d. Apariencia. Es significativa en áreas expuestas o visibles.
- e. Capilaridad. Importante, sobre todo, cuando el termoaislante pudiera hacer contacto con líquidos peligrosos o flamables, o en áreas de lavado frecuente.
- f. Combustibilidad. Los termoaislantes no deben contribuir a la propagación del fuego.
- g. Resistencia a la compresión. Es importante cuando el termoaislante pueda verse sometido a compresión o abuso mecánico que pudiera deformarlo.
- h. Densidad. Es importante por su efecto sobre las propiedades del termoaislante, sobre todo la conductividad térmica.
- i. Estabilidad dimensional. Significativa cuando el material se va a ver sometido a cambios de temperatura, torsiones y esfuerzos por la dilatación térmica de la tubería o equipo.
- j. Procreación de hongos y bacterias. Importante en las industrias de alimentos, bebidas, medicinas y cosméticos.
- k. Agrietamiento. Importante en aplicaciones a muy alta temperatura y durante el manejo, transporte e instalación del material.
- l. Transmisión de sonido. Es importante en el tratamiento de tuberías con manejo de fluidos a muy alta presión y velocidad, en expansiones y contracciones de tubería.
- m. Toxicidad. Combinada con riesgo de incendio, es muy importante en áreas transitadas y espacios cerrados.
- n. Repelencia a la humedad. Si se tiene baja capilaridad, se tiene alta repelencia.

## **2.2 Características físicas de los termoaislantes.**

En este punto se describen las características y propiedades de los principales materiales termoaislantes usados en instalaciones industriales para alta y baja temperatura.

### **2.2.1 Silicato de calcio.**

Es un termoaislante granular, hecho a partir de silicato de calcio hidratado, reforzado con fibras orgánicas e inorgánicas y moldeado en formas rígidas. Su rango de temperatura de servicio es de 308 K (35°C) hasta 1088 K (815°C). Es un material que absorbe agua, por lo que su uso se recomienda en aplicaciones a temperaturas superiores a los 710 K (250°C). Debe poder secarse sin deterioro de sus propiedades físicas originales. Tiene pobre estabilidad dimensional. Es no combustible y debe colocarse con recubrimiento protectorio.

### **2.2.2 Fibra de vidrio.**

Es un termoaislante hecho a partir del estado de fusión de una mezcla de arenas con alto contenido de sílice. Según su proceso de manufactura, se presenta en dos formas:

- a. Con aglutinantes orgánicos. Poseen estructura propia y preforma. Dan lugar a medias cañas y placas rígidas y semirrígidas. Su densidad comercial es comúnmente entre 16 y 96 kg/m<sup>3</sup>, variable según el producto, uso, rigidez y temperatura de uso recomendado. Tienen baja conductividad térmica, facilidad de corte, alta capacidad para recuperar su forma, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción de ruido. Se deben proteger contra intemperie y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 727 K (454 °C)
- b. Con aceites minerales que evitan abrasión entre fibras y que dan lugar a colchonetas. Su densidad comercial usual es 48 kg/m<sup>3</sup>. Tienen baja conductividad térmica, facilidad de corte, alta resiliencia, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción de ruido. Se deben proteger con recubrimiento contra intemperismo y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 728 K (454 °C)

### **2.2.3 Vidrio espumado**

Es un termoaislante celular, rígido sin aglutinantes ni fibras de refuerzo. Se presenta en forma de medias cañas, placas, segmentos curvos y preformados para accesorios de tuberías. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 755 K (482°C). Posee una densidad media, baja resistencia a la abrasión, facilidad de corte, total impermeabilidad al agua y al vapor, no absorbe fluidos



potencialmente peligrosos, resiste a los ácidos, susceptible en medios alcalinos, buena estabilidad dimensional y alta resistencia a la compresión (689 kPa)(7,0 kg/cm<sup>2</sup>). Puede instalarse sin enchaquetado metálico y en instalaciones subterráneas.

#### 2.2.4 *Lana de roca*

Es un termoaislante hecho a partir del estado de fusión de roca tipo basáltica o semejante, con alto contenido de aluminosilicatos. Según su proceso de manufactura, se presenta en dos formas:

- a. Con aglutinantes orgánicos. Poseen estructura propia y preforma. Dan lugar a medias cañas y placas rígidas y semirrígidas. Tienen baja conductividad térmica, facilidad de corte, alta resiliencia, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción de ruido. Se deben proteger con recubrimiento contra intemperismo y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 923 K (650 °C) para medias cañas y hasta 1255 K (982 °C) para placas rígidas y semirrígidas.
- b. Con aceites minerales que evitan abrasión entre fibras y que dan lugar a colchonetas. Su densidad comercial usual es de 96 a 144 kg/m<sup>3</sup>. Tienen baja conductividad térmica, facilidad de corte, alta resiliencia, baja resistencia al impacto y a la compresión, buena estabilidad dimensional, bajos costos de instalación y buena absorción de ruido. Se deben proteger con recubrimiento contra intemperismo y abuso mecánico. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 923 K (650 °C).

#### 2.2.5 *Perlita expandida*

Es fabricada a partir de un mineral silicato complejo, de tipo ígneo llamado "perlita", cuya forma granular se expande por la explosión que produce la humedad contenida en la molécula al exponerse a una alta temperatura repentina. El producto expandido de la perlita crea una estructura celular de celdas de aire rodeadas de material vitrificado. Se refuerza con fibras inorgánicas para dar lugar a placas, medias cañas y segmentos curvos. Es repelente al agua, otorga facilidad de corte, no corroe al acero inoxidable sujeto a esfuerzo; de densidad media, es dimensionalmente estable e incombustible. Se protege con enchaquetado de aluminio. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 922 K (649 °C).

#### 2.2.6 *Elastomérico*

Es un termoaislante celular producido a partir de la mezcla de resinas espumadas y hules sintéticos. Disponible en tubo preformado y hojas. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 377 K

(104°C). Posee baja permeabilidad al agua y al vapor de agua, facilidad de corte e instalación, buena resistencia al ozono, y resiliencia. Es combustible, autoextinguible y económico en instalaciones a baja temperatura. No contiene clorofluorocarbonos.

#### 2.2.7 *Poliestireno*

Es un termoaislante celular producido a partir del espumado de polímeros plásticos que dan lugar a un material rígido de celda cerrada. Disponible en medias cañas y placas. Su densidad comercial es 32 kg/m<sup>3</sup>. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 353 K (80°C). No contiene clorofluorocarbonos. Es un material ligero de excelentes características de corte e impermeable al agua. Es combustible, aunque se puede producir como autoextinguible. Requiere barrera de vapor y protección contra intemperie. Es económico en instalaciones a baja temperatura.

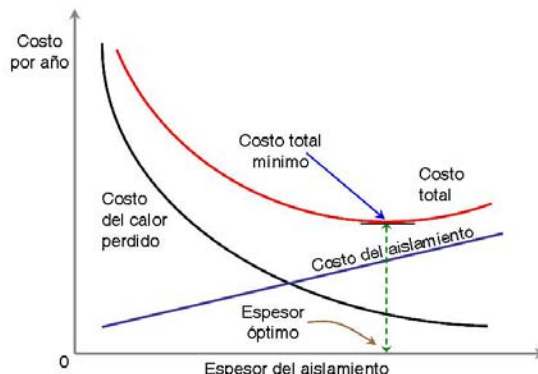
#### 2.2.8 *Poliuretano*

Es un termoaislante celular producido a partir del espumado de polímeros plásticos que dan lugar a un material rígido de celda cerrada. Disponible en medias cañas, placas y espumado en sitio. Su densidad comercial es 32 kg/m<sup>3</sup>. Su temperatura máxima de aplicación es hasta 383 K (110°C). Contiene clorofluorocarbonos. Es un material ligero de excelentes características de corte e impermeable al agua. Su formulación varía con cada fabricante. Es combustible, aunque se puede producir como autoextinguible. Requiere barrera de vapor y protección contra intemperie. Es económico en instalaciones a baja temperatura. NMX-C-220.

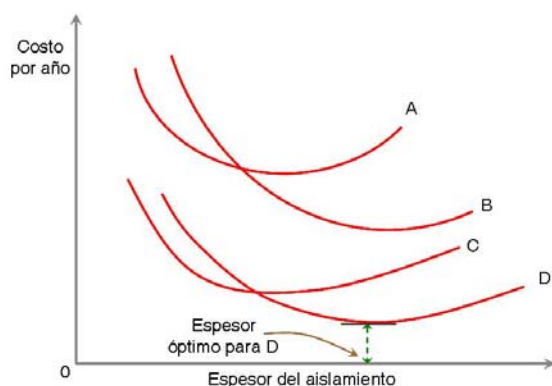
### 3 Espesor del aislamiento óptimo

Se debe tener conciencia de que el aislamiento no elimina la transferencia de calor; simplemente la reduce. Entre más grueso sea el aislamiento, menor será la transferencia de calor, pero también más elevado el costo del aislamiento.

La máxima transferencia de calor de un sistema al ambiente se deriva de establecer un balance económico con respecto al espesor del aislante, entre los costos de los diferentes componentes del sistema termoaislante (costos fijos, ascendentes) y los costos de energía térmica desperdiciada (costos de operación, descendentes), ya sea para alta o baja temperatura.



Con frecuencia se tienen varios aislamientos adecuados para un fin y el proceso de selección puede ser un tanto confuso, ya que cada aislamiento tiene conductividad térmica, costo de instalación y vida de servicio diferentes. En estos casos, se puede hacer una selección mediante una gráfica de costo anualizado contra espesor, para cada aislamiento y determinar el que tenga el costo mínimo más bajo:



La determinación del espesor óptimo de aislamiento requiere los análisis de la transferencia de calor y el económico, lo cual puede resultar tardado. Sin embargo, en México se puede hacer una selección en minutos mediante las tablas contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-ENER-1995, eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales, la cual utiliza un parámetro de referencia.

Este parámetro servirá de referencia para calcular el espesor de un termoaislante cualquiera, y estará de acuerdo con la Tabla A.1 para sistemas a alta temperatura y las Tablas A.2, 4A3 y A.4 para sistemas a baja temperatura (ver anexo A), las cuales se calcularon de acuerdo con el procedimiento de cálculo mostrado en el punto 3.1. Una vez establecida la máxima transferencia de calor permisible por pérdida o ganancia al ambiente, de acuerdo con la superficie por aislar y la temperatura máxima

de operación, se podrá calcular el espesor requerido para un material de aislamiento dado o seleccionar el espesor adecuado de las Tablas del Apéndice "B".

### **3.1 Cálculo de la transferencia de calor en superficies aisladas.**

El procedimiento de cálculo para predecir la pérdida o ganancia de calor y las temperaturas de superficie en equipos o tuberías aisladas, se basa en la consideración de que la estructura del sistema aislante es uniforme, esto es, que el material aislante de las tuberías o las superficies aisladas es de densidad uniforme.

#### **Nomenclatura**

C = Coeficiente de forma, 1,79 para superficies planas y 1,016 para tuberías; adimensional.

esp = Espesor del material aislante, m

top = Temperatura de operación, K

tsup = Temperatura supuesta de la superficie del termoaislante, K

ta = Temperatura ambiente, K

kais = Conductividad térmica del termoaislante, W/(m K)

V = Velocidad del viento, m/h

Emss = Emisividad de la superficie aislada, adimensional

do = Diámetro exterior del equipo o tubería aislado, m

#### **Procedimiento de cálculo**

##### **3.1.1 Superficies planas**

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura en superficies planas o tuberías de diámetro mayor a 610 mm, se emplearán las siguientes relaciones:

1. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente,  $h_c$  ( $W/m^2 K$ ):

$$hc = 3,0075 \times C \times \left[1,11/(t_{sup} + t_a - 510,44)\right]^{0,181} \times \left[1,8 \times (t_{sup} - t_a)\right]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times V)^{0,5}$$

2. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación, hr (W/m<sup>2</sup> K):

$$hr = 0,9824 \times 10^{-8} \times Emss \times \frac{t_a^4 - t_{sup}^4}{t_a - t_{sup}}$$

3. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, hs (W/m<sup>2</sup> K):

$$hs = hc + hr$$

4. Cálculo del flujo de calor por unidad de área, q (W/m<sup>2</sup>):

$$q = \frac{(t_{op} - t_a)}{\left[(esp/k_{ais}) + (1/hs)\right]}$$

5. Verificación de la temperatura de superficie, tsc (K):

$$tsc = t_a + \frac{q}{hs}$$

6. Convergencia de la temperatura de superficie

Si  $t_{sup} = tsc$ , entonces las pérdidas de calor son igual a q y la temperatura en la superficie aislada es tsc. En caso contrario, hacer  $t_{sup} = tsc$  y regresar al punto No. 1 del procedimiento de cálculo para superficies planas.

### 3.1.2 Tuberías

Para el cálculo de la pérdida o ganancia de calor y la temperatura de superficie en tuberías hasta de 609 mm de diámetro nominal, se emplearán las siguientes relaciones:

1. Cálculo del diámetro aislado, da (m):

$$da = do + 2 \times esp$$

2. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, hc (W/m K):

$$hc = 2,7241 \times C \times (da)^{-0,2} \times [1,11/(tsup + ta - 510,44)]^{0,181} \times [1,8 \times (tsup - ta)]^{0,266} \times (1 + 7,9366 \times 10^{-4} \times V)^{0,5}$$

3. Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación, hr (W/m<sup>2</sup> K):

$$hr = 0,9824 \times 10^{-8} \times Emss \times \frac{ta^4 - tsup^4}{ta - tsup}$$

4. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor, hs (W/m<sup>2</sup> K):

$$hs = hc + hr$$

5. Cálculo del flux de calor, q (W/m):

$$q = \frac{\pi \times (top - ta)}{\frac{1}{2 \times kais} \times \ln \frac{da}{do} + \frac{1}{hs \times da}}$$

6. Verificación de la temperatura de superficie, tsc (K):

$$tsc = top - \frac{q}{2 \times \pi \times kais} \times \ln \frac{da}{do}$$

7. Convergencia de la temperatura de superficie. -Si tsup = tsc, entonces las pérdidas de calor son igual a q y la temperatura en la superficie aislada es tsc. En caso contrario, hacer tsup = tsc y regresar al punto No. 1 del procedimiento de cálculo para tuberías.

## 3.2 Ejemplos

### 3.2.1 Caso 1

La tabla muestra las pérdidas de calor que se tienen en un caso típico. Un buen aislamiento puede reducir las pérdidas en un 90% y ayuda a mantener la presión de operación requerida por los equipos de la planta. Deben ser aisladas todas aquellas superficies cuyas temperaturas se encuentren por arriba de los 50°C, incluyendo las de las calderas, líneas de vapor o de retorno de condensado, así como válvulas y accesorios.

Pérdida de calor por cada metro de línea de vapor sin aislamiento (MJ/año)*				
Diámetro de la línea de distribución (mm)	Presión del vapor (kg/cm <sup>2</sup> )			
	1.05	10.56	21.12	42.25
25.4	4846	9866	12981	17135
50.8	8135	16616	21808	29078
101.6	14366	29424	38770	51924
203.2	25616	53309	70271	94329
304.8	36520	76156	100733	135695

\*Tubería de acero (horizontal), 24°C de temperatura ambiente, sin velocidad de viento y una operación anual de 8760 horas.

En una planta que trabaja continuamente y donde el costo del vapor es de \$ 0.05 / MJ, una inspección del sistema de vapor detectó tubería desnuda de 340 m y 25.4 mm de diámetro y otra de 53 m y 50.8 mm de diámetro, ambas operando a 10.56 kg/cm<sup>2</sup>; se encontró también otra más de 76 m y 101.6 mm de diámetro operando a 1.05 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla se indica que la cantidad de calor perdido por año es:

Línea de	25.4 mm	340 x 9866 MJ/año =	3 354 440
	50.8 mm	53 x 16616 MJ/año =	880 648
	101.6 mm	76 x 14366 MJ/año =	1 091 816

Total de pérdida de calor = 5 326 904 MJ/año

El monto anual del ahorro, instalando un aislamiento con el 90% de eficiencia, es:

$$0.90 \times 0.05 \text{ \$/MJ} \times 5\,326\,904 \text{ MJ/año} = \$\,239\,710 \text{ anuales}$$

Además del material para el aislamiento de tuberías, existen camisas removibles para el aislamiento de válvulas, bridas, trampas de vapor y otros accesorios. Recuerde que una válvula de 152 mm (6 in) puede tener más de medio metro cuadrado de superficie por la que se pierde el calor.

### 3.2.2 Caso 2

Condiciones: tubería horizontal de 8" IPS operando a 350°C y temperatura ambiente de 30°C (costo calor \$66.00 / millón de BTU), aislada con fibra mineral en 100 mm de espesor, protegida con cubierta de aluminio.

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA TUBERÍA DE VAPOR DE ALTA PRESIÓN

Definición del cuerpo aislado: Tubería horizontal de 203 mm. de diámetro (8 in.)  
Temperatura de operación: 350°C (662°F)

Condiciones ambientales: Temperatura ambiental de 30 °C (86 °F)  
Velocidad del viento 0 km/hr

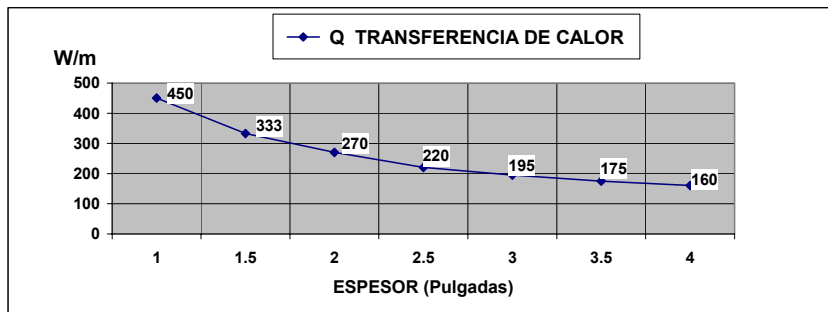
Coefficiente superficial valor dado: 9.37 W/m<sup>2</sup>.°C (1.65 BTU/ft<sup>2</sup>.h.°F)

Material aislante seleccionado : Tubería preformada de fibra mineral

Cumple con las Normas: NOM 009 ENER Código NC-6 Clase III y ASTM C-547

Espesor aislante calculado :

- 1) Para cumplir la Norma NOM 009-ENER-95 101.6 mm (4 in)  
Permite un flujo por longitud de tubo de: 161 W/m (167 Btu/ft.h)  
y una temperatura superficial de: 43 °C (108 °F)
- 2) Para cumplir con temperatura máxima de superficie de 60 °C (140 °F),  
el espesor deberá ser de: 50.8 mm (2 in)  
Permite un flujo por longitud de tubo de: 270 W/m (280 Btu/ft.h)



Pérdida de calor sin aislamiento	5421 W/m	5456 BTU/Ft hr
Pérdida de calor con aislamiento	161 W/m	167 BTU/Ft hr
Ahorro	5260 W/m	5289 BTU/Ft hr
Eficiencia	97.03%	

**Costo total anual por metro de tubería:**

**Sin aislamiento: \$ 1,814.88**

**Con aislamiento: \$ 940.26**

**Recuperación: 1.08 años**

#### ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO SOBRE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO TUBERÍAS DE VAPOR

02/04/2008

Se considera 7 meses de operación = 5040 hrs/año

Temp. de operación = 350°C Temp. ambiente = 30°C

**\*Costo de calor = \$66.00 /millón BTU**

Diam. Nom. tubería in	Espesor aislamiento in	Transferencia de calor W/m	Transferencia de calor BTU/ft hr	Transferencia de calor anual BTU/ft año	Costo anual de calor \$/ft año	<b>**Costo anual del aislamiento \$/ft año</b>	Costo total \$/ft año	Retorno de la inversión años
8	0	5260	5456	27,498,240	<b>1,814.88</b>		<b>1,814.88</b>	
8	4	161	167	841,680	<b>55.55</b>	<b>884.71</b>	<b>940.26</b>	<b>1.08</b>

**\*El costo de calor incluye: costo del energético, valor energético, eficiencia de conversión, inversión en equipo, montaje, operación, amortización y mantenimiento.**

**\*\* El costo anual de aislamiento es igual al costo del sistema termoaislante entre el número de años de vida útil (normalmente 10 años)**



### 3.2.3 Caso 3

Condiciones: tubería horizontal de 14" IPS a 500°C de operación y 30°C temperatura ambiente (\$66.00 / millón de BTU), aislada con colcha pespunteada de fibra mineral de roca en 152 mm de espesor, protegida con recubrimiento metálico de malla hexagonal o metal desplegado de aluminio.

#### EFICIENCIA ENERGÉTICA TUBERÍA DE VAPOR ALTA PRESIÓN

Definición del cuerpo aislado: Tubería horizontal de 355 mm. de diámetro (14 in.)  
Temperatura de operación: 500°C (932°F)

Condiciones ambientales: Temperatura ambiental de 30 °C (86 °F)  
Velocidad del viento 0 km/hr

Coefficiente superficial valor dado: 9.37 W/m<sup>2</sup>.°C (1.65 BTU/ft<sup>2</sup>.h.°F)

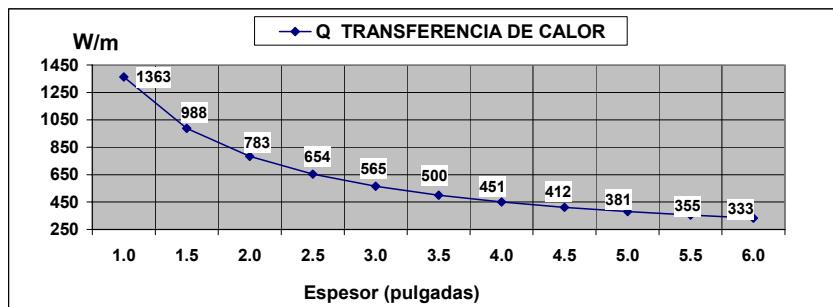
Material seleccionado :

Colcha pespunteada de fibra mineral de roca  
con recubrimiento metálico de malla hexagonal o metal desplegado

Cumple con las Normas: NOM 009 ENER Código NC-8 Clase II, ASTM C-592

Espesor aislante calculado :

- 1) Para cumplir la Norma NOM 009-ENER-95 152.4 mm. (6 in.)  
Permite un flujo por longitud de tubo de: 333 W/m (347 Btu/ft.h)  
y una temperatura superficial de: 47 °C (116 °F)
- 2) Para cumplir con temperatura máxima de superficie de 60 °C (140.0 °F),  
el espesor deberá ser de: 101.6 mm (4 in)  
Permite un flujo por longitud de tubo de: 451 W/m (470 Btu/ft.h)



Pérdida de calor sin aislamiento	21,019 W/m	21,902 BTU/Ft hr
Pérdida de calor con aislamiento	333 W/m	347 BTU/Ft hr
Ahorro	20,686 W/m	21,555 BTU/Ft hr
Eficiencia	98.42%	

**Costo total anual por metro  
de tubería:**

**Sin aislamiento: \$ 7,285.48**

**Con aislamiento: \$ 1,056.44**

**Recuperación: 0.17 años**

#### ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO SOBRE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

##### TUBERÍAS DE VAPOR

02/04/2008

Se considera 7 meses de operación = 5040 hrs/año

Temp. de operación = 500°C Temp. ambiente = 30°C

**\*Costo de calor = \$66.00 /millón BTU**

Diam. Nom. tubería in	Espesor aislamiento in	Transferencia de calor W/m	Transferencia de calor BTU/ft hr	Transferencia de calor anual BTU/ft año	Costo anual de calor \$/ft año	<b>**Costo anual del aislamiento \$/ft año</b>	Costo total \$/ft año	Retorno de la inversión años
14	0	21,019	21,902	110,386,080	7,285.48		7,285.48	
14	6	333	347	1,748,880	115.43	941.02	1,056.44	0.17

**\*El costo de calor incluye: costo del energético, valor energético, eficiencia de conversión, inversión en equipo, montaje, operación, amortización y mantenimiento.**

**\*\* El costo anual de aislamiento es igual al costo del sistema termoaislante entre el número de años de vida útil (normalmente 10 años)**

## 4 Glosario

**Acabado metálico:** Lámina metálica para proteger al aislamiento térmico contra intemperismo, ambientes corrosivos y abuso mecánico.

**Acabado no metálico:** Recubrimiento compuesto por cemento monolítico y/o mastique y una malla metálica, plástica o de fibra de vidrio dispuesta alternadamente en una o varias capas, cuyo objetivo es proteger al aislamiento contra intemperismo, ambientes corrosivos y abuso mecánico.

**Accesorios de tubería:** Insertos y cambios de dirección en la tubería, que adicionan materiales y/o tiempos de montaje, tales como codos de 90° o 45° de radio corto o largo, tes, reducciones, bridas, válvulas o tapones.

**Adhesivo:** Compuesto que sirve para unir firmemente entre sí los termoaislantes, sobre todo para baja temperatura, como vidrio espumado o plásticos celulares.

**Ancla:** Accesorio que sirve para la fijación del termoaislante, pudiendo ser en forma de perno, tuerca, barra, solera o ángulo metálico, que se suelda a la superficie por aislar (véase punto 3.3).

**Barrera de vapor:** Es un material o composición de materiales que sólo se usan en sistemas a baja temperatura y que presentan gran resistencia al paso de vapor de agua (permeabilidad igual o menor de 0,001 perm). Se aplica en la cara caliente (exterior) de cada capa del termoaislante. La barrera de vapor debe ser hermética y continua.

**Capacidad de recubrimiento en húmedo:** Es el área cubierta en m<sup>2</sup>, a un espesor húmedo de 10,0 mm por cada kg de cemento monolítico seco, cuando se mezcla con una cantidad de agua y se moldea repellado.

**Cemento aislante:** Misma descripción anterior, aunque en este caso sí debe considerarse su resistencia térmica. Se aplica normalmente en bombas, accesorios de tubería de diámetro menor a 64 mm, y en superficies irregulares.

**Cemento de acabado:** Es una mezcla de materiales aislantes: fibrosos, granulares o ambos, que cuando se mezclan con agua desarrollan una consistencia plástica y al secarse en su sitio presentan resistencia mecánica.

**Coeficiente de transferencia de calor por convección (hc):** Es la cantidad de calor por convección que fluye por unidad de área, tiempo y temperatura, desde el ambiente hacia la superficie del sistema termoaislante en baja temperatura, y en sentido inverso en alta temperatura [W/m<sup>2</sup>-K] ; [cal/h-m<sup>2</sup>-°C].

**Coeficiente de transferencia de calor por radiación ( $h_r$ ):** Es la cantidad de calor por radiación que fluye por unidad de área, tiempo y temperatura, desde el ambiente hacia la superficie del sistema termoaislante en baja temperatura, y en sentido inverso en alta temperatura  $[W/m^2 \cdot K]$ ;  $[cal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C]$ .

**Coeficiente global de transferencia de calor ( $h_s$ ):** Es la suma de  $h_r$  y  $h_c$   $[W/m^2 \cdot K]$ ;  $[cal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C]$ .

**Conductividad térmica ( $k$ ):** Es la cantidad de calor que fluye perpendicularmente a través de un área unitaria de un cuerpo homogéneo en una unidad de tiempo, manteniendo una diferencia de temperatura unitaria entre la caras del material del espesor unitario  $[W/m^2 \cdot K]$ ;  $[cal \cdot m/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C]$ .

**Elementos de sujeción:** Materiales como soportes metálicos, anclas, pernos, clips, alambre, mallas metálicas, flejes y resortes, que sirven para sujetar el termoaislante en un lugar y posición específica, y prevenir su desplazamiento, asentamiento o ruptura dentro de condiciones de operación típicas.

**Equipo:** Es todo aquel recipiente, cambiador de calor, tanque de almacenamiento, torre de destilación, desaereador o tanque horizontal, que se involucre en un proceso de transformación industrial.

**Fleje:** Cinta metálica que sirve para asegurar al termoaislante y/o acabado metálico.

**Grapa:** Accesorio empleado para la fijación del fleje.

**Humedad relativa del aire:** Es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire ambiente, expresada como la relación entre la presión parcial de vapor y la presión atmosférica, en forma porcentual.

**Mastique de acabado:** Compuesto de base asfáltica, acrílica o polimérica, usado para formar la capa de acabado del sistema termoaislante pudiendo aplicarse con llana o por aspersión. En algunos casos se requiere de una malla o tela de refuerzo. Algunos mastiques emulsionados con solventes se utilizan como barrera de vapor.

**Material de relleno:** Material a base de fibra mineral suelta, que sirve para rellenar juntas de expansión y huecos no mayores a 6,0 mm en el termoaislante instalado.

**Material termoaislante:** Material que posee baja conductividad térmica y que, por tanto, presenta una gran resistencia al paso de calor.

**Perm:** Medida de transmisión de vapor de agua (permeabilidad), equivalente al paso de un gramo de agua (1/3175,2 kg) en una hora de operación a través de un  $0,0929 m^2$  de superficie y cuando entre las dos cara existe una diferencia de presión de 25,4 mm de mercurio.

**Punto de rocío ( $T_r$ ):** Es la temperatura a la cual el vapor de agua contenido en el aire ambiente se condensa  $[K]$ ;  $[^\circ C]$ .

**Resistencia superficial ( $1/hs$ ):** Es el valor inverso del coeficiente de transferencia de calor de película [ $m^2 \cdot K/W$ ]; [ $h \cdot m^2 \cdot ^\circ C/cal$ ].

**Resistencia térmica total ( $R$ ):** Es la suma de la resistencia superficial y de la resistencia térmica del termoaislante [ $m^2 \cdot K/W$ ]; [ $h \cdot m^2 \cdot ^\circ C/cal$ ].

**Sellador:** Compuesto de base polimérica permanentemente plástico y flexible, usado para tratar los traslapes del enchaquetado metálico y evitar penetración de agua.

**Sistema termoaislante:** Combinación de materiales que incorpora un material termoaislante, materiales de sujeción, barrera de vapor (para el caso de servicio a baja temperatura) y materiales de acabado, en el recubrimiento de equipo o tuberías.

**Soporte:** Anillos, vigas, anclas, pernos, patas, faldones y demás elementos estructurales que sirven para apoyar a la tubería o equipo y a su respectivo sistema termoaislante.

**Temperatura ambiente ( $t_a$ ):** Es la temperatura del aire en el medio circundante al lugar donde se encuentra situado el sistema termoaislante [K]; [ $^\circ C$ ].

**Temperatura de operación ( $t_{op}$ ):** Es la temperatura a la cual se desarrolla un proceso determinado y se toma como base para seleccionar el material termoaislante y su espesor [K]; [ $^\circ C$ ].

**Temperatura de superficie ( $t_{sup}$ ):** Temperatura que se obtendrá en la superficie externa del sistema termoaislante [K]; [ $^\circ C$ ].

**Transmisión térmica ( $Q$ ):** Coeficiente de flujo térmico o transferencia de calor. Es la cantidad de calor que fluye por unidad de tiempo y de área en las condiciones que prevalecen en ese instante [ $W/m^2$ ]; [ $cal/h \cdot m^2$ ].

## 5 Anexo A, parámetros de referencia para calcular el espesor de un termoaislante

TEMPERATURA DE OPERACIONEN K (°C)																
DIAMETRO NOMINAL [mm]	HASTA 333 (60)	HASTA 373 (100)	HASTA 423 (150)	HASTA 473 (200)	HASTA 523 (250)	HASTA 573 (300)	HASTA 623 (350)	HASTA 673 (400)	HASTA 723 (450)	HASTA 773 (500)	HASTA 823 (550)	HASTA 873 (600)	HASTA 923 (650)	HASTA 973 (700)	HASTA 1023 (750)	HASTA 1088 (815)
13	6	12	19	29	37	49	66	75	88	97	111	125	141	157	174	196
19	7	13	21	32	41	50	68	82	96	106	121	136	153	171	189	203
25	8	15	24	36	46	56	75	90	101	116	133	142	160	178	197	223
38	10	18	29	40	50	67	85	101	119	130	148	168	188	210	232	251
51	12	21	33	45	57	70	95	113	119	138	157	178	200	223	247	267
64	13	24	37	50	63	77	104	116	130	150	172	194	218	243	269	290
76	16	26	43	57	72	87	109	131	145	168	192	207	232	260	287	324
102	19	28	44	60	77	102	119	143	167	194	210	238	267	298	329	339
127	17	30	54	70	84	101	126	153	170	202	214	253	279	316	353	382
152	20	34	58	79	95	114	134	162	174	211	239	266	310	351	393	424
203	33	43	65	94	104	138	161	171	208	234	267	315	349	396	442	478
254	40	51	77	100	123	148	174	200	243	276	311	347	405	446	488	552
305	47	59	89	115	141	169	198	227	276	293	351	391	433	491	549	593
356	51	64	96	125	152	182	213	244	291	314	355	419	463	525	587	633
406	58	72	108	140	169	203	237	271	306	347	392	438	511	563	596	696
457	57	80	120	154	187	224	260	298	336	380	429	479	530	591	651	704
508	63	88	132	169	205	245	284	324	365	388	465	519	574	651	727	762
559	69	97	143	184	222	265	273	315	395	407	502	569	618	700	783	841
610	75	105	155	199	240	251	295	339	424	449	494	553	661	750	838	900
660	82	113	167	214	223	270	325	374	454	479	528	590	705	767	829	894
711	88	121	179	229	238	296	346	398	438	510	575	642	694	790	880	948
762	94	129	190	243	261	314	368	422	466	540	609	679	736	844	951	1025
S.P.	37	49	70	88	91	107	123	126	153	157	175	192	224	240	265	282

Tabla A.1 Transferencia de calor en superficies aisladas, para sistemas a alta temperatura

Diámetro nominal (mm)	Rangos de temperatura en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	11	11	11	12	13	13
19	12	12	12	12	13	13
25	13	13	13	13	14	14
38	15	15	15	15	17	20
51	16	16	17	17	18	22
64	18	18	18	19	20	24
76	20	20	20	21	26	26
102	23	23	24	24	26	30
127	26	26	27	28	33	33
152	30	30	31	35	37	37
203	36	36	37	41	44	47
254	42	42	43	48	51	54
305	48	48	49	54	58	61
356	52	52	53	57	62	65
406	58	58	59	63	68	71
457	63	63	65	69	74	78
508	69	69	71	75	81	84
610	80	80	83	87	97	97
660	86	86	88	93	100	103
711	91	91	93	99	106	109
762	97	97	99	104	112	115
S. P.	31	31	32	33	35	35

**Notas:**

- 1.- Transferencia de calor en W/m.
- 2.- S. P. = superficie plana (transferencia de calor en W/m²).
- 3.- H. R. = humedad relativa.

**Tabla A.2. Máxima transferencia de calor permisible con aislamiento térmico en sistemas a baja temperatura (HR=70%)**

Diámetro nominal (mm)	Rangos de temperatura en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	5	5	5	5	6	7
19	5	5	5	7	8	11
25	6	6	6	8	9	12
38	6	6	8	9	12	13
51	7	7	9	11	13	14
64	8	8	10	12	14	17
76	9	10	11	13	15	18
102	10	12	12	14	18	20
127	12	13	14	16	20	22
152	13	15	15	18	22	26
203	16	17	18	22	25	27
254	19	20	23	25	29	31
305	21	23	25	28	34	36
356	23	24	27	30	36	39
406	26	27	30	33	39	44
457	28	30	33	36	42	47
508	31	32	35	38	45	51
610	36	37	41	44	52	58
660	39	40	43	47	55	61
711	41	42	46	49	58	64
762	44	45	48	52	61	68
S. P.	14	14	15	16	18	19

**Notas:**

- 1.- Transferencia de calor en W/m.
- 2.- S. P. = superficie plana (transferencia de calor en W/m²).
- 3.- H. R. = humedad relativa.

**Tabla A.3. Máxima transferencia de calor permisible con aislamiento térmico en sistemas a baja temperatura (HR=80%)**

Diámetro nominal (mm)	Rangos de temperatura en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	2	3	4	6	7	7
19	2	3	4	6	7	8
25	3	3	4	6	8	9
38	3	5	6	8	9	10
51	4	5	6	9	10	11
64	4	5	7	9	10	11
76	4	6	7	10	11	13
102	5	7	9	11	13	14
127	5	8	10	13	14	16
152	6	8	11	14	15	17
203	7	10	12	16	18	19
254	8	11	15	18	20	22
305	9	13	16	21	22	24
356	10	14	17	22	24	26
406	11	15	19	24	26	28
457	11	16	20	26	28	30
508	12	17	22	28	29	31
610	14	20	25	31	33	36
660	15	21	26	33	35	38
711	16	22	28	35	37	39
762	17	23	29	38	39	41
S. P.	5	7	9	11	11	10

**Notas:**

- 1.- Transferencia de calor en W/m.
- 2.- S. P. = superficie plana (transferencia de calor en W/m²).
- 3.- H. R. = humedad relativa.

**Tabla A.3 Máxima transferencia de calor permisible con aislamiento térmico en sistemas a baja temperatura (HR=90%)**



## 6 Anexo B, espesores recomendados

Temperatura de operación en K (°C)														
Diámetro nominal (mm)	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)	
152	25	51	64	64	76	89	102	127	127	127	140	152	152	
203	25	51	64	64	76	89	89	102	127	127	140	152	165	
254	25	51	64	64	76	89	102	114	127	127	140	152	165	
305	25	51	64	64	76	89	102	114	127	127	152	165	178	
356	25	51	64	64	76	89	102	114	127	140	152	165	178	
406	25	51	64	64	76	89	102	114	127	140	152	165	178	
457	25	51	64	64	76	89	102	114	127	140	152	165	178	
508	25	51	64	64	76	89	102	114	127	140	165	178	191	
559	25	51	64	64	76	89	102	127	140	165	165	178	191	
610	25	51	64	64	76	89	114	127	140	165	178	191	191	
660	25	51	64	64	76	102	114	127	140	165	178	191	191	
711	25	51	64	64	76	102	114	127	140	165	178	191	203	
762	25	51	64	64	76	102	114	127	140	165	178	191	203	
S.P.	25	51	64	64	76	102	114	127	152	178	191	203	203	

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.1 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura colcha de lana de roca (144 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)												
	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)
13	25	38	38	51	64	64	64	76	76	76	89	89	89
19	25	38	51	51	64	76	76	76	76	89	89	89	102
25	25	38	51	51	64	76	76	76	89	89	102	102	102
38	25	38	51	64	76	76	76	89	89	102	102	102	114
51	25	38	51	64	76	89	89	89	102	102	102	114	114
64	25	38	51	64	76	89	89	89	102	102	114	114	114
76	25	51	64	64	76	89	89	102	102	114	114	127	127
102	25	51	64	76	89	89	102	102	114	114	127	127	127
127	25	51	64	76	89	102	102	114	114	127	127	140	140
152	25	51	64	76	89	102	102	114	114	127	127	140	140
203	25	51	64	76	102	102	102	114	127	127	140	152	152
254	25	51	64	76	102	114	114	127	127	140	140	152	152
305	38	51	64	89	102	114	114	127	140	140	152	165	165
356	38	51	64	89	102	114	114	127	140	140	152	165	165
406	38	51	76	89	102	114	114	127	140	152	152	165	165
457	38	51	76	89	102	114	127	127	140	152	152	165	165
508	38	51	76	89	102	127	127	127	140	152	165	178	178
559	38	51	76	89	102	127	127	140	140	152	165	178	178
610	38	51	76	89	114	127	127	140	152	152	165	178	178

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.2 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura  
preformado de lana de roca (128 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)									
	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	
152	25	38	51	64	76	89	102	114	127	
203	25	51	51	64	76	102	114	127	140	
254	25	51	64	64	89	102	114	127	140	
305	25	51	64	76	89	102	114	127	140	
356	25	51	64	76	89	102	114	140	152	
406	25	51	64	76	89	102	114	140	152	
457	25	51	64	76	89	102	127	140	152	
508	25	51	64	76	89	102	127	140	152	
559	25	51	64	76	89	102	127	140	152	
610	25	51	64	76	89	114	127	140	165	
660	25	51	64	76	89	114	127	140	165	
711	25	51	64	76	89	114	127	152	165	
762	25	51	64	76	89	114	127	152	165	
S.P.	25	51	64	76	102	114	140	165	178	

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.3 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura  
colcha de fibra de vidrio (48 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)							
	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (450)
13	25	38	38	51	64	64	64	76
19	25	38	51	51	64	76	76	76
25	25	38	51	51	64	76	76	89
38	25	38	51	64	76	76	89	89
51	25	38	51	64	76	89	89	102
64	25	38	51	64	76	89	89	102
76	25	51	64	64	76	89	89	102
102	25	51	64	76	89	89	102	114
127	25	51	64	76	89	102	102	114
152	25	51	64	76	89	102	114	114
203	25	51	64	76	102	102	114	140
254	25	51	64	76	102	114	127	140
305	38	51	64	89	102	114	127	140
356	38	51	64	89	102	114	127	140
406	38	51	76	89	102	114	127	140
457	38	51	76	89	102	114	127	152
508	38	51	76	89	102	127	127	152
559	38	51	76	89	102	127	140	152
610	38	51	76	89	114	127	140	152
660	38	51	76	89	114	127	140	152
711	38	51	76	89	114	127	140	165
762	38	51	76	89	114	127	140	165

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.4 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura preformado de fibra de vidrio (80 kg/m<sup>3</sup>)**

Temperatura de operación en K (°C)															
Diámetro nominal (mm)	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)	Hasta 1023 (750)	Hasta 1088 (815)
	25	51	51	64	76	76	76	89	89	102	102	102	102	102	102
13	38	51	51	64	76	76	89	89	89	102 <td>102<td>102<td>102<td>102<td>114</td></td></td></td></td>	102 <td>102<td>102<td>102<td>114</td></td></td></td>	102 <td>102<td>102<td>114</td></td></td>	102 <td>102<td>114</td></td>	102 <td>114</td>	114
19	38	51	64	64	76	89	89	102 <td>102<td>102<td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></td></td>	102 <td>102<td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>114</td></td>	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>114</td> <td>114</td> <td>114</td>	114	114	114	114	114
25	38	51	64	76	89	89	102 <td>102<td>102<td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>127<td>127<td>127</td></td></td></td></td>	102 <td>102<td>114</td><td>114</td><td>114</td><td>127<td>127<td>127</td></td></td></td>	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>127</td></td></td>	114	114	114	127 <td>127<td>127</td></td>	127 <td>127</td>	127
38	38	51	64	76	89	89	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td></td>	114	114	127 <td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>140</td></td></td>	127 <td>127<td>140</td></td>	127 <td>140</td>	140
51	38	51	64	76	89	102 <td>102<td>114</td><td>114</td><td>127<td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td></td></td>	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td></td>	114	114	127 <td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>140</td></td></td>	127 <td>127<td>140</td></td>	127 <td>140</td>	140
64	38	51	64	76	89	102 <td>102<td>114</td><td>114</td><td>127<td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td></td></td>	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td></td>	114	114	127 <td>127<td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>127<td>140</td></td></td></td>	127 <td>127<td>127<td>140</td></td></td>	127 <td>127<td>140</td></td>	127 <td>140</td>	140
76	38	64	76	76	89	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td></td></td>	114	114	127 <td>127<td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td></td>	127 <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td>	140	140	140	140	140
102	38	64	76	89	102 <td>114</td> <td>114</td> <td>127<td>127<td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>165</td></td></td>	114	114	127 <td>127<td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>140</td><td>165</td></td>	127 <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>165</td>	140	140	140	140	140	165
127	38	64	76	89	102 <td>114</td> <td>127<td>127<td>140</td><td>140</td><td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>127<td>140</td><td>140</td><td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td></td>	127 <td>140</td> <td>140</td> <td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td>	140	140	152 <td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td>	152 <td>152<td>152</td><td>165</td></td>	152 <td>152</td> <td>165</td>	152	165
152	38	64	76	89	102 <td>114</td> <td>127<td>140</td><td>140</td><td>152<td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>140</td> <td>140</td> <td>152<td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td></td>	140	140	152 <td>152<td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td></td>	152 <td>152<td>152<td>152</td><td>165</td></td></td>	152 <td>152<td>152</td><td>165</td></td>	152 <td>152</td> <td>165</td>	152	165
203	38	64	76	102 <td>114</td> <td>127<td>127<td>140</td><td>152<td>152<td>165<td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>127<td>140</td><td>152<td>152<td>165<td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td></td></td></td></td>	127 <td>140</td> <td>152<td>152<td>165<td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>152<td>165<td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td></td></td>	152 <td>165<td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td></td>	165 <td>165<td>165<td>165<td>178</td></td></td></td>	165 <td>165<td>165<td>178</td></td></td>	165 <td>165<td>178</td></td>	165 <td>178</td>	178
254	38	64	89	102 <td>114</td> <td>127<td>140</td><td>152<td>152<td>165<td>165<td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>140</td> <td>152<td>152<td>165<td>165<td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>152<td>165<td>165<td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td></td></td></td>	152 <td>165<td>165<td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td></td></td>	165 <td>165<td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td></td>	165 <td>165<td>178<td>178<td>178</td></td></td></td>	165 <td>178<td>178<td>178</td></td></td>	178 <td>178<td>178</td></td>	178 <td>178</td>	178
305	51	76	89	102 <td>114</td> <td>127<td>140</td><td>152<td>152<td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>140</td> <td>152<td>152<td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>152<td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td></td></td></td>	152 <td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td></td>	178 <td>178<td>178<td>178<td>191</td></td></td></td>	178 <td>178<td>178<td>191</td></td></td>	178 <td>178<td>191</td></td>	178 <td>191</td>	191
356	51	76	89	102 <td>114</td> <td>127<td>140</td><td>152<td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td></td></td></td></td></td>	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>178<td>178<td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>178<td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td></td></td>	178 <td>178<td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td></td>	178 <td>178<td>178<td>178</td><td>191</td></td></td>	178 <td>178<td>178</td><td>191</td></td>	178 <td>178</td> <td>191</td>	178	191
406	51	76	89	102 <td>127<td>140</td><td>152<td>152<td>165<td>178<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	127 <td>140</td> <td>152<td>152<td>165<td>178<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>152<td>165<td>178<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td></td></td></td>	152 <td>165<td>178<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td></td>	178 <td>178<td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>191<td>191</td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>191</td></td></td>	191 <td>191<td>191</td></td>	191 <td>191</td>	191
457	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>203</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td></td>	191 <td>203</td>	203
508	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>191<td>203</td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>203</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td></td>	191 <td>203</td>	203
559	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>203</td><td>203</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td><td>203</td></td>	191 <td>203</td> <td>203</td>	203	203
610	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td></td></td>	191 <td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td></td>	191 <td>203</td> <td>203</td> <td>203</td>	203	203	203
660	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td>	191 <td>203</td> <td>203</td> <td>203</td> <td>216</td>	203	203	203	216
711	51	76	89	114	127 <td>140</td> <td>152<td>165<td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td></td>	140	152 <td>165<td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td>	178 <td>191<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td>	191 <td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td>	191 <td>203</td> <td>203</td> <td>203</td> <td>216</td>	203	203	203	216
762	51	76	89	114	127 <td>152<td>165<td>178<td>178<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td></td>	152 <td>165<td>178<td>178<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td></td>	165 <td>178<td>178<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td></td>	178 <td>178<td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td></td>	178 <td>191<td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>203</td><td>216</td></td>	191 <td>203</td> <td>203</td> <td>203</td> <td>203</td> <td>216</td>	203	203	203	203	216
S.P.	51	76	102	114	140	152	165	178	191	203	216	216	216	216	229

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.5 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura  
silicato de calcio (240 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)														
	Hasta 333 (60)	Hasta 373 (100)	Hasta 423 (150)	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)	Hasta 1023 (750)	Hasta 1088 (815)
13	25	51	51	64	76	76	76	89	89	102	102	102	102	102	102
19	38	51	51	64	76	76	76	89	89	102	102	102	102	102	114
25	38	51	64	64	76	89	89	102	102	102	114	114	114	114	114
38	38	51	64	76	89	89	102	102	102	114	114	114	127	127	127
51	38	51	64	76	89	89	102	114	114	127	127	127	127	127	140
64	38	51	64	76	89	102	102	114	114	127	127	127	127	127	140
76	38	64	76	76	89	102	114	114	127	127	140	140	140	140	140
102	38	64	76	89	102	114	114	127	127	140	140	140	140	140	165
127	38	64	76	89	102	114	127	127	140	140	152	152	152	152	165
152	38	64	76	89	102	114	127	140	140	152	152	152	152	152	165
203	38	64	76	102	114	127	127	140	152	152	165	165	165	165	178
254	38	64	89	102	114	127	140	152	152	165	165	165	178	178	178
305	51	76	89	102	114	127	140	152	152	165	178	178	178	178	191
356	51	76	89	102	114	127	140	152	165	178	178	178	178	178	191
406	51	76	89	102	127	140	152	152	165	178	178	191	191	191	191
457	51	76	89	114	127	140	152	165	165	178	191	191	191	191	203
508	51	76	89	114	127	140	152	165	165	178	191	191	191	191	203
559	51	76	89	114	127	140	152	165	178	191	191	191	191	203	203
610	51	76	89	114	127	140	152	165	178	191	191	191	203	203	203
660	51	76	89	114	127	140	152	165	178	191	191	203	203	203	216
711	51	76	89	114	127	140	152	165	178	191	191	203	203	203	216
762	51	76	89	114	127	152	165	178	178	191	203	203	203	203	216
S.P	51	76	102	114	140	152	165	178	191	203	216	216	216	216	229

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 298 K (25°C)

**Tabla B1.6 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en alta temperatura perlitita expandida (192 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)									
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)
152	25	38	38	51	64	76	89	102	114	127
203	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
254	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
305	25	38	51	51	64	76	89	114	127	140
356	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
406	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
457	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
508	25	38	51	64	64	76	102	114	127	152
559	25	38	51	64	76	76	102	114	140	152
610	38	38	51	64	76	89	102	127	140	152
660	38	51	51	64	76	89	102	127	140	152
711	38	51	64	64	76	89	114	127	140	152
762	38	51	64	64	76	89	114	127	140	152
S.P	38	51	64	64	76	89	114	127	140	165

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.1 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal colcha de lana de roca (144 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)									
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)
13	25	25	38	38	38	51	51	64	64	76
19	25	25	38	38	38	51	51	64	64	76
25	25	38	38	38	51	51	64	64	76	89
38	25	38	38	38	51	64	64	76	89	89
51	25	38	38	51	51	64	76	76	89	102
64	25	38	38	51	51	64	76	89	102	102
76	25	38	38	51	64	64	76	89	102	114
102	25	38	38	51	64	64	89	89	102	114
127	25	38	38	51	64	76	89	102	114	127
152	25	38	38	51	64	76	89	102	114	127
203	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
254	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
305	25	38	51	51	64	76	89	114	127	140
356	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
406	25	38	51	51	64	76	102	127	127	152
457	38	38	51	51	64	76	102	127	140	152
508	38	38	51	64	76	89	102	127	140	152
559	38	51	51	64	76	89	102	127	140	152
610	38	51	51	64	76	89	114	127	140	152

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.2 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal preformado de lana de roca (128 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)
152	25	38	38	51	64	76
203	25	38	38	64	76	89
254	25	38	51	64	76	89
305	25	38	51	64	76	89
356	25	38	51	64	76	89
406	25	38	51	64	76	89
457	25	38	51	64	76	89
508	25	38	51	64	76	89
559	25	38	51	64	76	89
610	25	38	51	64	76	102
660	38	38	51	64	76	102
711	38	38	51	64	76	102
762	38	51	64	76	76	102
S.P	38	51	64	76	89	102

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.3 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal  
colcha de fibra de vidrio (48 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)
13	25	25	38	38	38	38
19	25	25	38	38	38	38
25	25	38	38	38	38	51
38	25	38	38	38	38	51
51	25	38	38	38	51	51
64	25	38	38	38	51	51
76	25	38	38	38	51	51
102	25	38	38	38	51	64
127	25	38	38	51	51	64
152	25	38	38	51	51	64
203	25	38	51	51	64	64
254	25	38	51	51	64	64
305	25	38	51	51	64	76
356	25	38	51	51	64	76
406	25	38	51	51	64	76
457	38	38	51	51	64	76
508	38	38	51	51	64	76
559	38	51	51	51	64	76
610	38	51	51	51	64	76

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.4 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal preformado de fibra de vidrio (80 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)											
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)	Hasta 1023 (750)	Hasta 1088 (815)
13	25	25	38	38	51	64	64	76	76	76	89	102
19	25	38	38	51	51	64	64	76	89	89	102	102
25	25	38	38	51	51	64	76	76	89	89	102	114
38	25	38	38	51	64	64	76	89	89	102	114	127
51	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102	114	127
64	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102	127	127
76	25	38	51	51	64	76	89	102	102	114	127	140
102	38	38	51	64	64	76	89	102	102	114	127	140
127	38	38	51	64	76	89	89	102	114	114	140	152
152	38	38	51	64	76	89	102	102	114	127	140	165
203	38	38	51	64	76	89	102	102	127	127	152	165
254	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178
305	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140	165	178
356	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	165	178
406	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	165	191
457	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	178	191
508	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	178	191
559	38	51	51	64	89	89	102	114	127	152	178	203
610	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178	203
660	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178	203
711	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	191	203
762	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	191	203
S.P.	38	64	76	89	102	102	114	127	140	152	191	203

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- Ilo se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.5 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal  
silicato de calcio (240 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)											
	Hasta 473 (200)	Hasta 523 (250)	Hasta 573 (300)	Hasta 623 (350)	Hasta 673 (400)	Hasta 723 (450)	Hasta 773 (500)	Hasta 823 (550)	Hasta 873 (600)	Hasta 923 (650)	Hasta 1023 (750)	Hasta 1088 (815)
13	25	25	38	38	51	64	64	76	76	89	89	102
19	25	38	38	51	51	64	64	76	89	89	102	102
25	25	38	38	51	51	64	64	76	89	89	102	114
38	25	38	38	51	64	64	76	89	89	102	114	127
51	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102	114	127
64	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102	127	127
76	25	38	51	51	64	76	89	102	102	114	127	140
102	38	38	51	64	64	76	89	102	102	114	127	140
127	38	38	51	64	76	89	89	102	114	114	140	152
152	38	38	51	64	76	89	102	102	114	127	140	165
203	38	38	51	64	76	89	102	102	127	127	152	165
254	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178
305	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140	165	178
356	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	165	178
406	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	165	191
457	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	178	191
508	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140	178	191
559	38	51	51	64	89	89	102	114	127	152	178	203
610	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178	203
660	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	178	203
711	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	191	203
762	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152	191	203
S.P	38	64	76	89	102	102	114	127	140	152	191	203

**Notas:**

- 1.- Espesor del aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas a diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Temperatura ambiente 305 K (32°C)

**Tabla B2.6 Espesores de aislamiento térmico para protección al personal perlitita expandida (192 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)			
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)
13	25	25	25	25
19	25	25	25	25
25	25	25	25	38
38	25	25	25	38
51	25	25	25	38
64	25	25	25	38
76	25	25	25	38
102	25	25	25	38
127	25	25	38	38
152	25	25	38	51
203	25	25	38	51
254	25	25	38	51
305	25	25	38	51
356	25	25	38	51
406	25	25	38	51
457	25	25	38	51
508	25	25	38	51
610	25	25	38	51
660	25	25	38	51
711	25	25	38	51
762	25	25	38	51

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 70%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 297 K (24°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.1 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía  
en baja temperatura y anticondensación (HR=70%)  
preformado de fibra de vidrio (80 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)			
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)
13	25	38	38	51
19	25	38	38	51
25	25	38	38	64
38	25	38	51	64
51	25	38	51	64
64	38	51	51	76
76	38	51	51	76
102	38	51	64	76
127	38	51	64	76
152	38	51	64	89
203	38	51	64	89
254	38	64	64	89
305	38	64	76	89
356	38	64	76	102
406	38	64	76	102
457	38	64	76	102
508	38	64	76	102
610	38	64	76	102
660	38	64	76	102
711	38	64	76	102
762	38	64	76	114

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 80%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 299 K (26°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.2 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR= 80%) preformado de fibra de vidrio (80 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal mm	Temperatura de operación en K (°C)			
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)
13	51	64	64	64
19	64	64	64	76
25	64	64	64	76
38	64	76	76	76
51	76	76	76	89
64	76	76	89	89
76	76	89	89	102
102	89	89	89	102
127	89	89	102	114
152	89	102	102	114
203	102	102	102	114
254	102	102	114	127
305	102	114	114	127
356	102	114	114	127
406	102	114	114	140
457	102	114	127	140
508	114	114	127	140
610	114	127	127	152
660	114	127	127	152
711	114	127	127	152
762	114	127	127	152

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 90%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 301K (28°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.3 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=90%) preformado de fibra de vidrio (80 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	25	25	25	25	25
19	25	25	25	25	25	25
25	25	25	25	25	25	25
38	25	25	25	25	25	38
51	25	25	25	25	25	38
64	25	25	25	25	25	38
76	25	25	25	25	38	38
102	25	25	25	25	38	38
127	25	25	25	25	38	38
152	25	25	25	38	38	38
203	25	25	25	38	38	51
254	25	25	25	38	38	51
305	25	25	25	38	38	51
356	25	25	25	38	38	51
406	25	25	25	38	38	51
457	25	25	25	38	38	51
508	25	25	25	38	38	51
559	25	25	25	38	38	51
610	25	25	25	38	38	51
660	25	25	25	38	38	51
711	25	25	25	38	38	51
762	25	25	25	38	38	51
S.P.	25	25	25	51	51	64

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C), humedad relativa = 70%, velocidad del aire = 6.26 km/h, temperatura de rocío = 297 K (24°C) y emisividad del acabado = 0.7

**Tabla B3.4 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=70%) poliuretano celular (32 kg/m<sup>3</sup>)**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	25	25	38	38	51
19	25	25	25	38	38	51
25	25	25	25	38	38	51
38	25	25	38	38	51	51
51	25	25	38	51	51	51
64	25	25	38	51	51	64
76	25	38	38	51	51	64
102	25	38	38	51	64	64
127	25	38	38	51	64	64
152	25	38	38	51	64	76
203	25	38	38	64	64	76
254	25	38	51	64	64	76
305	25	38	51	64	76	76
356	25	38	51	64	76	76
406	25	38	51	64	76	89
457	25	38	51	64	76	89
508	25	38	51	64	76	89
559	25	38	51	64	76	89
610	25	38	51	64	76	89
660	25	38	51	64	76	89
711	25	38	51	64	76	89
762	25	38	51	64	76	89
S.P.	25	38	64	76	89	102

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 80%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 299 K (26°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.5 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=80%) poliuretano celular (32 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	38	38	38	51	64	64
19	38	38	38	51	64	76
25	38	38	38	51	64	76
38	51	51	51	64	76	89
51	51	51	51	64	76	89
64	51	51	51	64	76	89
76	51	51	51	64	76	102
102	51	64	64	64	89	102
127	51	64	64	76	89	114
152	64	64	64	76	89	114
203	64	64	64	76	102	114
254	64	64	76	76	102	127
305	64	76	76	89	102	127
356	64	76	76	89	114	140
406	64	76	76	89	114	140
457	64	76	76	89	114	140
508	64	76	76	89	114	140
559	64	76	76	89	114	140
610	76	76	76	89	114	152
660	76	76	76	89	114	152
711	76	76	76	102	114	152
762	76	76	76	102	114	152
S.P.	89	89	89	114	127	165

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C), humedad relativa = 90%, velocidad del aire = 6.26 km/h, temperatura de rocío = 301K (28°C) y emisividad del acabado = 0.7

**Tabla B3.6 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=90%) poliuretano celular (32 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	25	25	25	25	38
19	25	25	25	25	38	38
25	25	25	25	25	38	38
38	25	25	25	38	38	38
51	25	25	25	38	38	51
64	25	25	25	38	38	51
76	25	25	25	38	38	51
102	25	25	25	38	38	51
127	25	25	25	38	51	51
152	25	25	25	38	51	51
203	25	25	25	38	51	64
254	25	25	38	38	51	64
305	25	25	38	38	51	64
356	25	25	38	51	51	64
406	25	25	38	51	51	64
457	25	25	38	51	51	64
508	25	25	38	51	51	64
559	25	25	38	51	51	64
610	25	25	38	51	51	64
660	25	25	38	51	51	64
711	25	25	38	51	51	64
762	25	25	38	51	51	64
S.P.	25	38	38	64	64	76

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 70%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 297 K (24°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.7 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=70%) poliéstireno celular (32 kg/m<sup>3</sup>)**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	38	38	51	51	64
19	25	38	38	51	64	64
25	25	38	38	51	64	64
38	25	38	51	64	64	64
51	25	38	51	64	64	76
64	25	38	51	64	76	76
76	25	38	51	64	76	76
102	38	51	51	64	76	89
127	38	51	51	76	76	89
152	38	51	64	76	89	89
203	38	51	64	76	89	102
254	38	51	64	89	89	102
305	38	51	64	89	102	102
356	38	51	64	89	102	114
406	38	51	64	89	102	114
457	38	51	64	89	102	114
508	38	51	64	89	102	114
559	38	51	64	89	102	114
610	38	64	76	89	102	114
660	38	64	76	89	102	127
711	38	64	76	102	102	127
762	38	64	76	102	102	127
S.P.	38	64	89	114	114	140

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 80%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 299 K (26°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.8 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía  
en baja temperatura y anticondensación (HR=80%)  
poliestireno celular (32 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-11**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	51	51	51	64	64	76
19	51	51	51	64	64	76
25	51	64	64	64	76	76
38	64	64	64	76	76	89
51	64	64	64	76	89	89
64	64	64	76	89	89	102
76	64	76	76	89	89	102
102	76	76	76	89	102	102
127	76	76	89	89	102	114
152	76	76	89	102	114	114
203	76	89	89	102	114	114
254	89	89	89	114	114	127
305	89	102	102	114	127	140
356	89	102	102	114	127	140
406	89	102	102	114	127	140
457	89	102	102	127	140	140
508	89	102	114	127	140	140
559	102	102	114	127	140	152
610	102	102	114	127	140	152
660	102	102	114	127	140	152
711	102	102	114	127	140	152
762	102	114	114	127	140	152
S.P.	114	127	127	140	165	178

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 90%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 301K (28°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.9 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía  
en baja temperatura y anticondensación (HR=90%)  
poliestireno celular (32 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-11**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	25	25	38	38	38
19	25	25	25	38	38	51
25	25	25	25	38	38	51
38	25	25	25	38	38	51
51	25	25	25	38	51	51
64	25	25	38	38	51	51
76	25	25	38	38	51	64
102	25	25	38	51	51	64
127	25	25	38	51	51	64
152	25	25	38	51	51	64
203	25	25	38	51	64	76
254	25	38	38	51	64	76
305	25	38	38	51	64	76
356	25	38	38	51	64	76
406	25	38	38	51	64	76
457	25	38	38	64	64	76
508	25	38	38	64	64	76
559	25	38	38	64	64	89
610	25	38	38	64	64	89
660	25	38	38	64	64	89
711	25	38	38	64	76	89
762	25	38	38	64	76	89
S.P.	25	38	38	64	76	89

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 70%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 297 K (24°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.10 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía  
en baja temperatura y anticondensación (HR=70%)  
vidrio espumado (128 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-5**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	25	25	38	51	64	64
19	25	25	51	51	64	64
25	25	25	51	51	64	76
38	38	38	51	64	76	76
51	38	38	51	64	76	89
64	38	38	51	76	76	89
76	38	38	64	76	76	89
102	38	38	64	76	89	102
127	38	38	64	89	89	102
152	38	38	64	89	89	102
203	38	38	64	89	102	114
254	38	38	64	89	102	114
305	38	38	76	102	114	127
356	51	51	76	102	114	127
406	51	51	76	102	114	127
457	51	51	76	102	114	140
508	51	51	76	102	114	140
559	51	51	76	114	127	140
610	51	51	89	114	127	140
660	51	51	89	114	127	140
711	51	51	89	114	127	140
762	51	51	89	114	127	140
S.P.	51	51	89	127	140	152

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C), humedad relativa = 80%, velocidad del aire = 6.26 km/h, temperatura de rocío = 299 K (26°C) y emisividad del acabado = 0.7

**Tabla B3.11 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=80%) vidrio espumado (128 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-5**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)					
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 223 (-50)	Hasta 198 (-75)
13	64	64	64	76	89	89
19	64	64	64	76	89	89
25	64	76	76	89	89	102
38	64	76	76	89	102	102
51	76	76	76	102	102	114
64	76	89	89	102	114	114
76	89	89	89	102	114	127
102	89	89	102	114	127	127
127	89	102	102	114	127	140
152	89	102	114	127	127	140
203	89	102	114	127	140	152
254	102	114	114	140	140	152
305	102	114	127	140	152	165
356	114	127	127	140	165	165
406	114	127	127	152	165	178
457	114	127	127	152	165	178
508	114	127	127	152	178	178
559	127	127	140	152	178	191
610	127	127	140	165	178	191
660	127	140	140	165	178	191
711	127	140	140	165	178	191
762	127	140	140	165	178	191
S.P.	127	152	165	191	203	216

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 90%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 301 K (28°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.12 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=90%) vidrio espumado (128 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-5**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)				
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 233 (-40)
13	25	25	25	25	25
19	25	25	25	25	38
25	25	25	25	25	38
38	25	25	25	38	38
51	25	25	25	38	38
64	25	25	25	38	38
76	25	25	25	38	38
102	25	25	25	38	38
127	25	25	25	38	51
152	25	25	25	38	51
203	25	25	25	38	51
254	25	25	38	38	51
305	25	25	38	38	51
356	25	25	38	51	51
406	25	25	38	51	51
457	25	25	38	51	51
508	25	25	38	51	51
559	25	25	38	51	51
610	25	25	38	51	51
660	25	25	38	51	51
711	25	25	38	51	51
762	25	25	38	51	51
S.P.	25	38	38	64	64

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C), humedad relativa = 70%, velocidad del aire = 6.26 km/h, temperatura de rocío = 297 K (24°C) y emisividad del acabado = 0.7

**Tabla B3.13 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=70%) elastoméricos (32 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-10**

Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)				
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 233 (-40)
13	25	38	38	51	51
19	25	38	38	51	64
25	25	38	38	51	64
38	25	38	51	64	64
51	25	38	51	64	64
64	25	38	51	64	76
76	25	38	51	64	76
102	38	51	51	64	76
127	38	51	51	76	76
152	38	51	64	76	89
203	38	51	64	76	89
254	38	51	64	89	89
305	38	51	64	89	102
356	38	51	64	89	102
406	38	51	64	89	102
457	38	51	64	89	102
508	38	51	64	89	102
559	38	51	64	89	102
610	38	64	76	89	102
660	38	64	76	89	102
711	38	64	76	102	102
762	38	64	76	102	102
S.P.	38	64	89	114	114

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C),  
humedad relativa = 80%, velocidad del aire = 6.26 km/h,  
temperatura de rocío = 299 K (26°C) y emisividad del  
acabado = 0.7

**Tabla B3.14 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=80%) elastoméricos (32 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-10**



Diámetro nominal (mm)	Temperatura de operación en K (°C)				
	Hasta 283 (10)	Hasta 273 (0)	Hasta 263 (-10)	Hasta 243 (-30)	Hasta 233 (-40)
13	51	51	51	64	64
19	51	51	51	64	64
25	51	64	64	64	76
38	64	64	64	76	76
51	64	64	64	76	89
64	64	64	76	89	89
76	64	76	76	89	89
102	76	76	76	89	102
127	76	76	89	89	102
152	76	76	89	102	114
203	76	89	89	102	114
254	89	89	89	114	114
305	89	102	102	114	127
356	89	102	102	114	127
406	89	102	102	114	127
457	89	102	102	127	140
508	89	102	114	127	140
559	102	102	114	127	140
610	102	102	114	127	140
660	102	102	114	127	140
711	102	102	114	127	140
762	102	114	114	127	140
S.P.	114	127	127	140	165

**Notas:**

- 1.- Espesor de aislante en mm
- 2.- No se incluye el espesor de acabado en estos espesores
- 3.- S. P. Superficies planas o diámetros mayores a 762 mm
- 4.- Condiciones: temperatura ambiente = 303 K (30°C), humedad relativa = 90%, velocidad del aire = 6.26 km/h, temperatura de rocío = 301 K (28°C) y emisividad del acabado = 0.7

**Tabla B3.15 Espesores de aislamiento térmico para conservación de energía en baja temperatura y anticondensación (HR=90%) elastoméricos (32 kg/m<sup>3</sup>) Código NC-10**

## 7 Mantenimiento

Normalmente, un sistema termoaislante bien instalado requiere poco mantenimiento; sin embargo, es necesario conocer procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo y correctivo. Con frecuencia, el aislamiento se daña o es retirado y nunca vuelto a colocar durante las operaciones de reparación del sistema de vapor. Todo aislamiento dañado o húmedo debe ser reparado o repuesto de inmediato. Elimine las fuentes de humedad antes de reemplazar el aislamiento. Entre las causas que provocan humedad en éste, se incluyen las fugas en válvulas, tuberías o equipos adyacentes. Después de que las líneas de vapor son aisladas, los cambios en el flujo de calor pueden influenciar el comportamiento de otras partes del sistema de vapor.

- *Mantenimiento después de reparar sistemas mecánicos*

Cuando se repara una porción de equipo, tubería o ducto, generalmente debe removerse una parte del sistema termoaislante. La recolocación se realiza de la misma manera que para una instalación original; sin embargo, se debe tener especial cuidado al remover los materiales existentes, ya que es posible reutilizarlos. Deben protegerse las partes adyacentes durante el tiempo que dure la reinstalación.

- *Inspección para mantenimiento*

Para evitar costos de operación innecesarios o la eventual destrucción del sistema termoaislante, se deben localizar las fallas que pueden presentarse en el sistema:

- a. Aislamiento no repuesto
- b. Aislamiento mojado
- c. Roturas en la barrera de vapor
- d. La presencia de arrugas o deformaciones revela la necesidad de juntas de expansión
- e. Proyecciones sin aislamiento, fuera de los equipos o tuberías
- f. En áreas de abuso mecánico, el sistema puede sufrir daño por tráfico de personal o maquinaria
- g. Condensación o congelamiento en sistemas a baja temperatura.

## 8 Bibliografía

- Norma Oficial Mexicana NOM-009-ENER-1995, Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
- Yunus A. Çengel, Transferencia de calor, 2ª Edición, Ed. McGraw-Hill Interamericana, México 2004
- Casos 2 y 3 Rolan Aislantes Minerales, S. A. de C. V.