

**Manual de cumplimiento de la
NOM-009-ENER-2014
para su aplicación en la industria.**

Aislantes Minerales S.A. de C.V.

CONTENIDO

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Especificaciones
 - 5.1. Criterios y metodologías para determinar el espesor del aislamiento térmico industrial en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico
 - 5.2. Propiedades y características de los aislamientos térmicos industriales
 - 5.3. Requisitos de instalación de los sistemas de aislamientos térmicos industriales
 - 5.4. Evaluación de la eficiencia energética de los sistemas de aislamientos térmicos industriales
6. Responsabilidades
 - 6.1 Responsabilidades de los usuarios
 - 6.2 Responsabilidades de los fabricantes
 - 6.3 Responsabilidades de los instaladores
7. Vigilancia
8. Procedimiento de la evaluación de la conformidad
9. Bibliografía
10. Concordancia con normas internacionales
11. Transitorios
12. Apéndices

0. Introducción

La presente Norma Oficial Mexicana (NOM) es aplicable para los sistemas de aislamientos térmicos industriales también conocidos como sistemas termoaislantes industriales, la que tiene como objetivo principal establecer la eficiencia energética y regular el aprovechamiento sustentable de la energía, manteniendo la competitividad de los sectores productivos involucrados.

Para lo cual en esta NOM se establecen:

- a) Criterios y metodologías para cuantificar las pérdidas de energía en los sistemas de aislamientos térmicos.
- b) Las propiedades y características que deben cumplir los aislamientos térmicos.
- c) Criterios generales de instalación que deben cumplirse para un buen desempeño, los sistemas de aislamiento térmico.
- d) Evaluación de la eficiencia energética de los sistemas de aislamiento térmico.
- e) Responsabilidades de los usuarios para el aprovechamiento de la energía en los sistemas de aislamiento térmico.
- f) Responsabilidades de los fabricantes de entregar materiales con la calidad, las propiedades y características que muestran en la información técnica de sus productos.
- g) Responsabilidades de los instaladores, en los sistemas de aislamiento térmico.
- h) Verificación por una unidad acreditada el cumplimiento de las disposiciones para un uso eficiente de la energía.
- i) Implementación de certificados emitidos a individuos, instalaciones o empresas como energéticamente responsables, en lo referente a sistemas de aislamientos térmicos industriales.
- j) Sanciones conforme a lo acreditado bajo el ámbito de su competencia, por el incumplimiento a lo dispuesto en esta NOM.

Con lo anterior, adicionalmente a los beneficios económicos obtenidos al controlar las pérdidas de energía por el buen manejo de los sistemas de aislamientos térmicos industriales, se contribuye a asumir un compromiso con el cuidado del medio ambiente, con la consecuente reducción de emisiones contaminantes que impactan en el calentamiento del planeta y en la formación de lluvia ácida, así como una vez que se concluye su ciclo de vida, disponerse como un residuo no peligroso.

1. Objetivo

Establecer la eficiencia energética de los sistemas de aislamientos térmicos industriales regulada a través de una máxima densidad de flujo térmico, de manera que el consumo de energía sea el óptimo aprovechable para los procesos productivos, durante todo el tiempo de vida de la instalación industrial. Lo anterior mediante el uso de aislantes térmicos confiables, no peligrosos para la salud, que no incrementen los riesgos en las instalaciones y no sean clasificados como residuos peligrosos.

2. Campo de aplicación

2.1 Es aplicable a todas las instalaciones industriales instaladas en la República Mexicana, donde se usen aislamientos térmicos industriales para la conservación de calor en tuberías y equipos.

2.2 Es aplicable a instalaciones nuevas, ampliaciones o modificaciones.

2.3 En instalaciones existentes, se debe buscar la modernización y la aplicación de los nuevos requerimientos indicados, por lo que cuando se reemplacen los sistemas de aislamiento térmico industriales, debe adoptarse los criterios establecidos en esta NOM. Cuando se tengan limitaciones de espacio para instalar el espesor del aislamiento térmico requerido para dar cumplimiento a los criterios de esta NOM, debe usarse aislamientos térmicos más eficientes. En los casos particulares donde no sea posible aplicar los criterios de esta NOM, se debe documentar y justificar con argumentos técnicos, incluyendo evidencias de que no hay en el mercado, materiales que puedan suplir a los existentes para dar cumplimiento a lo requerido en esta NOM.

2.4 Cubre los requisitos mínimos generales para la aplicación de aislamientos térmicos industriales para conservación de calor en alta y baja temperatura con rango de 73.15 K (-200°C) a 923 K (650°C).

2.5 Así mismo, se establecen los lineamientos generales para el diseño, especificaciones genéricas de los materiales aislantes desde el punto de vista térmico, de salud y ambiental, así como criterios para su inspección y evaluación durante la operación.

2.6 Cuando en un servicio de alta temperatura no se requiera conservación de calor (como en condensadores, enfriadores, entre otros), no es necesario utilizar un sistema de aislamiento térmico. Sin

embargo, donde exista riesgo de contacto del personal con superficies con temperatura igual o mayor a 333 K (60°C), deben instalarse barreras para la protección del personal. Podrá instalarse un sistema aislante, los cuales no estarán sujetos a evaluación por conservación de calor.

2.7 Con excepción del material aislante, no ampara la descripción o propiedades los otros materiales que conformen el sistema de aislamiento térmico industrial, ni incluye criterios detallados de instalación. Por lo que se debe complementar con manuales y/o procedimientos avalados por los fabricantes para garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los sistemas de aislamiento térmico.

2.8 Esta norma no ampara:

- a) Sistemas aislantes a base de materiales refractarios, ni fibras cerámicas.
- b) Aislamientos para edificios, refrigeradores, aire acondicionado y equipos de ventilación.
- c) Protección contra fuego.
- d) Control del sonido.

3. Referencias

Esta NOM, usa referencias de los documentos a continuación listados:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-009-ENER-1995 Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
- NOM-009-ENER-2014 Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
- NOM-018-STPS-2000 Sistemas para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.

4. Definiciones

Para efectos de esta NOM, se describen términos empleados en el documento.

4.1 Sistema de aislamiento térmico. También usado el término de sistema termoaislante, es una combinación de materiales que incorpora: el aislante térmico, elementos de sujeción, sellador y barrera de vapor para el caso de servicio a baja temperatura, acabado y sello, para formar dentro de lo razonable un sistema que recubre, ofrece resistencia al paso de calor, protege al material aislante de las condiciones ambientales y del abuso mecánico para mantener su desempeño térmico.

4.2 Aislamiento térmico. Es un material que posee baja conductividad térmica y da una gran resistencia al paso de calor.

4.3 Densidad de flujo térmico. Es la cantidad de calor que es transferido por unidad de tiempo y unidad de área para superficies o por unidad de longitud para tuberías en las condiciones que prevalecen en ese instante. El calor es transferido del lado de mayor temperatura al de menor temperatura.

4.4 Temperatura de operación: Es la temperatura que adquiere el fluido o producto bajo condiciones normales de funcionamiento.

4.5 Temperatura de superficie, es la temperatura que se tiene en la superficie externa del sistema de aislamiento térmico.

4.6 Alta temperatura, se considera las temperaturas de operación que están en el rango de 298K (+25°C) a 923K (+650°C).

4.7 Baja temperatura, se considera las temperaturas de operación que están en el rango de 298K (+25°C) a 73K (-200°C).

5. Especificaciones

5.1 Criterios y metodologías para determinar el espesor del aislamiento térmico industrial en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico.

5.1.1 Máxima densidad de flujo térmico

La máxima densidad de flujo térmico se deriva de establecer un balance económico con respecto a los costos fijos conformados por el espesor del aislamiento térmico más los diferentes componentes que forman parte del sistema de aislamiento térmico contra los costos de operación por la energía térmica desperdiciada. Estos parámetros sirven de referencia para calcular el espesor de cualquier material usado para aislamiento térmico. En el apéndice A.01, se establece la máxima densidad de flujo térmico en servicios de alta y baja temperatura, para diferentes temperaturas y diámetros nominales de tubos y superficies planas.

5.1.2 Criterios y metodologías para determinar el espesor del aislamiento térmico.

5.1.2.1 El sistema puede ser conformado por un material o varios materiales y se designan como:

- a) Sistema aislante homogéneo, el espesor es conformado por un solo tipo de aislante térmico.
- b) Sistema aislante heterogéneo, el espesor es conformado por dos o más tipos de aislamientos térmicos.

5.1.2.2 Para calcular la transferencia de calor debe ser de acuerdo a la geometría de la superficie donde se instalara el sistema de aislamiento térmico, debiendo ajustarse al modelo de cálculos de transferencia de calor para superficies cilíndricas, planas o esféricas. Lo anterior considerando la transferencia de calor por conducción a través de la superficie del aislante térmico, el calor por convección del aire circundante y el efecto del calor por radiación, Ver apéndice A.02.

5.1.2.3 Se debe considerar como superficies cilíndricas, las tuberías de 750 DN (30 NPS) de diámetro nominal y menores, al igual que los equipos con diámetro exterior igual o menor al indicado para las tuberías.

5.1.2.4 Se debe considerar como superficies planas, las tuberías mayores de 750 DN (30 NPS) de diámetro nominal, al igual que los equipos con diámetro exterior mayor al indicado para las tuberías.

5.1.2.5 Cuando el cálculo del espesor del aislamiento térmico sea menor a los espesores disponibles del fabricante, se debe seleccionar el espesor del fabricante inmediato superior con respecto al calculado.

5.1.2.6 Para la selección del espesor del aislamiento térmico (E), en servicios de alta y baja temperatura, su pérdida de calor debe ser menor a la máxima densidad de flujo permisible en apéndice A.01 tablas A.01-1 y A.01-2 respectivamente.

5.1.2.7 La temperatura ambiente (T_a) para efectos del cálculo de diseño, debe ser la temperatura media anual más baja de los últimos cinco años, registrada en los datos meteorológicos de la zona de referencia, reportados por el servicio meteorológico nacional.

5.1.2.8 La velocidad del viento (V) para efectos de cálculo de diseño, es la velocidad media anual de los últimos cinco años registrados en los datos meteorológicos de la zona de referencia. Bajo el criterio de conservación de calor, la velocidad del viento seleccionada para diseño, en servicio de alta temperatura no podrá ser menor a 20 km/h aun cuando la velocidad media anual sea menor, en servicio de baja temperatura no podrá ser mayor a 5 km/h aun cuando la velocidad media anual sea mayor.

5.1.2.9 La temperatura normal de operación (T_o) para efectos de diseño es la indicada en los diagramas de proceso.

5.1.2.10 La temperatura de superficie (T_s) es la determinada o medida sobre la cara externa del sistema de aislamiento térmico.

5.1.2.11 La emisividad (ϵ) es la correspondiente a la superficie del material del acabado seleccionado, su valor nunca podrá ser mayor a 1 que corresponde a un cuerpo negro.

5.1.2.12 La conductividad térmica del aislamiento térmico, será la manifestada por los fabricantes, la cual está en función de la temperatura, lo anterior debido a que la reportada en el ASTM, es un valor conservador y daría espesores del aislamiento térmico sobrados.

5.1.2.13 Para esta NOM el método de cálculo, para la selección del espesor del aislamiento térmico y de la determinación de la temperatura de superficie, se basa en los criterios establecidos en el ASTM C680:2014.

5.1.2.14 La conductividad térmica, en caso de ajustarse a las expresiones $k = a + bT + cT^2 + dT^4$ o $k = e^{a+bT}$. En el apéndice A.03 se muestra como determinar la conductividad térmica media (k_m).

5.1.2.15 El coeficiente de transferencia de calor por convección natural y forzada, desde la superficie aislada hacia el ambiente, se basada en los criterios establecidos en el ASTM C680: 2014 e indicada en el apéndice A.04.

5.1.2.16 Para diversos materiales aislantes que operan a alta temperatura, en el apéndice A.05, se incorporan tablas de los espesores de materiales en función de la temperatura de operación y geometría de la superficie (cilíndrica o plana), en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico.

5.1.2.17 Para diversos materiales aislantes que operan a baja temperatura, en el apéndice A.06, se incorporan tablas de los espesores de materiales en función de la temperatura de operación y geometría de la superficie (cilíndrica o plana).

5.2 Propiedades y características de los aislamientos térmicos industriales.

Los materiales usados para aislamientos térmicos tanto para servicio de alta y baja temperatura deben cumplir con los siguientes requisitos:

5.2.1 Ser resistentes al paso de calor dentro del rango de temperatura especificado, durante todo el periodo de vida garantizado por el fabricante del material.

5.2.2 El fabricante del material aislante debe manifestar el tiempo de vida que garantiza su producto, siempre y cuando se cumpla con los procedimientos de instalación aprobados y buen uso.

5.2.3 La conductividad térmica del material aislante, debe mantenerse constante durante la vida útil especificada, aun cuando esta pueda estar sometida a ciclos de temperatura.

5.2.4 Deben mantener sus propiedades y dimensiones, aun por exposición en los rangos de temperatura especificados por el fabricante, no deben presentar grietas, roturas o disminución de espesor durante el periodo de vida garantizado por el fabricante del material.

5.2.5 No deben ser corrosivos para la superficie del metal donde se instalará, por lo que deben tener un pH alcalino y al humedecerse no deben adquirir condiciones de acidez, así mismo debe controlarse el contenido máximo de cloruros presentes para evitar corrosión.

5.2.6 Los materiales deben cumplir con la composición especificada en el estándar que el fabricante manifiesta cumple su producto.

5.2.7 Deben ser resistentes a la formación de bacterias y hongos, factor importante para el personal que lo manipula y en las industrias de alimentos, bebidas, medicinas y cosméticos.

5.2.8 Su manejo no debe causar daños al personal por lo que no deben ser tóxicos, ser libres de asbesto y no deben ser clasificados como cancerígenos.

5.2.9 No deben incrementar el riesgo en las instalaciones, por lo que al exponerse al fuego no deben contribuir a su propagación.

5.2.10 Evitar el uso de materiales que al quemarse desprendan vapores tóxicos. No es permitido su uso en lugares donde se tenga deficiente ventilación.

5.2.11 La densidad en los materiales aislantes aunque para algunos estándares no se establecen valores mínimos, es importante considerar los efectos de esta en sus propiedades, en especial en los materiales fibrosos. Densidades bajas con lleva a:

- a) Tener una baja resistencia a la compresión y pérdida del efecto de la resistencia del aglutinante, siendo vulnerables a daños físicos, condición que se agrava al permitir la penetración de agua.
- b) Una acelerada pérdida de espesor del material aislante, lo que impacta en un menor tiempo de vida del sistema de aislamiento térmico.
- c) Efectos en la conductividad térmica, para un mismo tipo de material, densidades bajas, facilitan el paso de calor.

5.2.12 Deben ser clasificados como residuos no peligrosos, tanto el material sobrante de la instalación inicial como el retirado cuando se terminó su tiempo de vida útil.

5.2.13 Los materiales aislantes, es recomendable que mantengan su desempeño térmico al menos por un periodo de 10 años. La NOM-020-STPS-2011 para recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas con categorías I, II y III y en los códigos extranjeros adoptados por usuarios para inspecciones de recipientes sujetos a presión y tuberías con clase I, II y III, establecen realizar inspecciones externas en periodos máximos de 5 o 10 años, para lo cual es requerido retiro del aislamiento térmico. Por lo cual el aislamiento térmico debe mantener sus propiedades, al menos durante el periodo máximo de operación.

5.2.14 Los aislamientos térmicos que usen como parte de su proceso de fabricación soporte a base de malla, metal desplegable u otro medio mecánico a través de metal, este debe ser resistente a la corrosión en el medio donde se instalara. Con la finalidad de conservar su estabilidad dimensional durante todo el tiempo de vida y pueda ser nuevamente instalado en caso de ser retirado por requerimientos del usuario, lo anterior sin detrimento en el desempeño térmico.

5.2.15 Los materiales que conforman el sistema aislamiento térmico industrial, en lo particular el material aislante, cada lote de fabricación, debe contar con certificado de calidad emitido por el fabricante, donde avala el cumplimiento de las propiedades y características que muestra en la información técnica de sus productos. Dicho certificado de calidad, debe ser los emitidos por los fabricantes del material de origen, no son válidos los emitidos por empresas que maquilan para emitir sus productos, usando materiales de origen de otros fabricantes.

5.2.16 La máxima temperatura especificada por el material aislante, debe ser la máxima indicada en su respectivo ASTM y debe ser igual o menor a la temperatura de diseño de la tubería o equipo donde se instalara.

5.2.17 Es importante precisar que no hay materiales o sistemas de aislamientos térmicos que eviten la corrosión bajo el aislamiento con motivo de la penetración de agua, por lo que aunque no es tema en este documento, es recomendable se considere la aplicación de un sistema de protección anticorrosiva en la superficie metálica del acero al carbono y de media/baja aleación, lo anterior cuando se trabaje de manera continua o cíclica entre los rangos de temperatura de 269.15 K (-4°C) a 448.15 K (+175°C) y para aceros inoxidables en los rangos de 323.25 K (+50°C) a 448.15 K (+175°C).

5.2.18 En el apéndice B, se describe de manera general las propiedades de aislamientos térmicos que se agrupan genéricamente, sin embargo, que no se intenta describir todos los productos comerciales disponibles o mostrar diferencias entre ellos.

5.3 Requisitos de Instalación de los sistemas de aislamientos térmicos industriales.

5.3.1 Es importante precisar que si bien el aislamiento térmico es quien da la resistencia al paso de calor, para que se tenga un buen desempeño térmico es indispensable que los materiales que complementan el sistema de aislamiento térmico sean los adecuados y se haga una correcta instalación.

5.3.2 Por lo que se deben tener manuales y/o procedimientos para la instalación de los sistemas de aislamiento térmico, debidamente aprobados o específicos de los instaladores donde demuestren con documentos que se apegan a lo requerido por los fabricantes del material aislante. Deben incluir desde el almacenamiento, manejo, instalación, inspección hasta la disposición de los materiales sobrantes.

5.3.3 El personal que instale, remplace o repare el sistema de aislamiento térmico, debe estar capacitado en dicha actividad, conforme a los requisitos establecidos en los manuales y/o procedimientos aprobados.

5.3.4 Debe considerarse la instalación de juntas de expansión, que son aplicables, solo para sistemas de aislamiento térmico sólidos, los materiales a base de fibras minerales no requieren de juntas de expansión.

5.3.5 Los juegos de bridas, válvulas, instrumentos de medición, bombas y equipos o cualquier otro accesorio donde se especifique conservación de calor, deben forrarse también con un sistema de aislamiento térmico, aun cuando se realicen actividades de mantenimiento frecuente.

5.3.6 Si se retira aislamiento térmico por cualquier razón, durante el periodo de vida de la instalación, una vez concluida la actividad y antes de su puesta en servicio, se debe reemplazar o volverse a instar el aislamiento térmico retirado y restituir la integridad del sistema de aislamiento térmico.

5.3.7 Los soportes aislantes son otro de los aspectos importantes, estos forman parte del sistema de aislamiento térmico, por lo que no deben propiciar puentes térmicos que faciliten la transferencia de calor, con el consecuente desperdicio de energía.

5.3.8 En el apéndice C se indican requerimientos que deben de formar parte de cualquier manual y/o procedimiento de instalación.

5.4 Evaluación de la eficiencia energética de los sistemas de aislamientos térmicos industriales.

Debido a que el sistema de aislamiento térmico tiene un papel importante en el uso racional de la energía en la instalación. Se debe asegurar que dicho sistema, mantenga la eficiencia energética mientras este en servicio. Adicionalmente, esto tiene impactos positivos en la estabilidad de la operación de los equipos y en la conservación de la integridad de equipos por efectos de corrosión bajo el aislamiento, lo que lleva a la reducción de inspecciones especializadas y costos de reparación.

5.4.1 Para la evaluación de la eficiencia energética del sistema de aislamiento térmico, debe estar concluido la instalación de dicho sistema y haberse instalado los materiales especificados, en apego a los requisitos de instalación definidos en los manuales y/o procedimientos aprobados.

5.4.2 La instalación debe estar operando de manera estable.

5.4.3 Se deben evaluar todas las tuberías y equipos que tengan especificado aislamiento térmico para conservación de calor. Por lo que se debe elaborar un censo de tuberías y equipos con aislamiento térmico para servicios para alta y baja temperatura. El censo debe cumplimiento con los requisitos establecidos en el apéndice D.

5.4.4 Debido a que la transferencia de calor, es transmisión de energía de una región a otra como consecuencia a de un diferencia de temperatura.

5.4.5 Para determinar si el sistema de aislamiento térmico trabaja con la eficiencia energética esperada, para su evaluación se deben tener las siguientes consideraciones:

5.4.5.1 La evaluación debe realizarse usando el método ASTM C680:2014.

5.4.5.2 Se debe usar el espesor instalado como resultado de los datos de diseño y restarle la tolerancia de fabricación. Los valores en general van de $-1/16$ a $+1/8$ de acuerdo a los estándares de fabricación, con excepción de los materiales a base de aerogeles donde la tolerancia es de -1 a $+1$ mm.

5.4.5.3 La temperatura de operación, debe tomarse la reportada en la instalación para cada línea y equipo, cuando se realizan las mediciones de las temperaturas de superficie del sistema de aislamiento térmico. No utilizar la temperatura empleada para el diseño y selección del espesor del material aislante ya que pueden tenerse variaciones importantes en los valores estimados. Cuando no se disponga de mediciones de temperatura de operación en línea, tomar la temperatura de la pared del tubo o equipo como temperatura de operación, lo anterior solo es recomendable para servicios de alta temperatura. En servicios de baja temperatura no es recomendable tomar la temperatura de pared del tubo o equipo, por dañar la barrera de vapor.

5.4.5.4 La conductividad térmica del material, debe ser la reportada en los catálogos o certificados emitidos por laboratorios reconocidos. Aunque para el análisis hay que considerar que las conductividades pueden ser iguales o ligeramente menores al valor reportado.

5.4.5.5 La temperatura ambiente y velocidad del viento, deben ser las tomadas al momento en que se realizan las mediciones ya que pueden ser diferentes a las condiciones usadas para el diseño del sistema de aislamiento térmico.

5.4.5.6 La humedad relativa, debe tomarse la reportada por el servicio meteorológico el día de la medición.

5.4.5.7 Emisividad, debido a que depende del material y su condición, esta debe ser evaluada donde se realizó la medición de temperatura, con la distancia y cuidados recomendados en el uso del equipo de medición.

5.4.5.8 La temperatura de superficie estimada por el método ASTM C680:2014. Para servicios de alta temperatura, debe ser igual o mayor a las temperaturas de superficies del sistema de aislamiento térmico registradas en las mediciones de campo. Para servicios frío, debe ser igual o menor a la temperatura que la temperatura de superficies del sistema de aislamiento térmico registradas en las mediciones de campo Si se

cumple con lo anterior, se determina que la eficiencia térmica del sistema trabaja con valores aceptables. No es válido hacer mediciones sobre elementos metálicos en contacto con la superficie del tubo.

5.4.6 Las mediciones de las temperaturas de superficie del sistema de aislamiento térmico, deben ser realizadas conforme a lo indicado en el apéndice E.

5.4.7 La eficiencia energética del sistema de aislamiento térmico en servicio de alta temperatura, es aceptable cuando las temperaturas de superficie registradas en las mediciones de campo sean menores o iguales a la temperatura de superficie estimada. Estos criterios son válidos para aislamientos térmicos nuevos y los que están en servicio dentro del periodo de vida garantizado por el fabricante.

5.4.8 La eficiencia energética del sistema de aislamiento térmico en servicio de baja temperatura, es aceptable cuando las temperaturas de superficie registradas en las mediciones de campo sean mayores o iguales a la temperatura de superficie estimada. Estos criterios son válidos para aislamientos térmicos nuevos y los que están en servicio dentro del periodo de vida garantizado por el fabricante.

5.4.9 En caso de registrarse temperaturas de superficie fuera del límite estimado, que para servicio caliente son las temperaturas de superficie mayores a la estimada y para servicio frío temperaturas de superficie menores a la estimada, debe hacerse una revisión detallada de la superficie del aislamiento térmico de la tubería o equipo donde se midió. En caso de solo ser un valor puntual, no debe ser considerado, de confirmarse más valores se tomara las mediciones como válidas para la evaluación de la eficiencia energética. Para la confirmación de la temperatura de superficie, de ser necesario retirar el material de acabado y medir directamente sobre el aislamiento térmico.

5.4.10 Se considera como un valor de temperatura de superficie fuera del límite estimado, cuando se registren valores similares en una longitud recta de 10 cm como máximo, medidos en cualquier dirección. Para este caso se registrara el valor promedio de las mediciones.

5.4.11 Se permite como aceptable, un máximo de tres valores de temperatura de superficie fuera del límite estimado, medidos en un segmento de tubería. Ver criterio de segmento en apéndice E.

5.4.12 Por cada unidad o planta, se considera como aceptable, cuando los segmentos de tubería y equipos cuya suma sea igual o menor al cinco por ciento del total revisado, en cualquier combinación y presenten temperaturas de superficie fuera del límite estimado.

5.4.13 Requisitos para los sistemas de aislamiento térmico en operación.

5.4.13.1 Previo a las mediciones, es necesario se realice una inspección visual al sistema de aislamiento térmico, ver requerimientos en apéndice F.

5.4.13.2 Realizar las mediciones de temperatura de superficie en las misma zona donde se efectuó la primera evaluación del sistema de aislamiento térmico, de manera que se revise el total de los puntos de la evaluación inicial y complementar con mediciones adicionales en las zonas donde con motivo de la inspección se observe deterioro, como deformaciones en el acabado, puntos calientes, escurrimientos de agua o formación de aéreas lamosas o reportes de incremento en el consumo de energía en los equipos motivo del aislamiento térmico,

5.4.13.3 Es recomendable programar el reemplazo del aislamiento térmico, una vez que concluye el tiempo de vida que recomienda el fabricante

5.4.13.4 No es aceptable, tener sistemas de aislamiento térmico con pérdidas de energía iguales o mayores al 10% por arriba de la máxima densidad de flujo térmico en servicio de alta temperatura o iguales o menores al 10% por debajo de la máxima densidad de flujo térmico para servicio de baja temperatura.

5.4.13.5 Los aislamientos térmicos, con valores de temperatura de superficie fuera del límite estimado, es recomendable que se realice un análisis para determinar las causas de su deterioro y retroalimentar los resultados cuando les sean aplicables a los fabricantes. Algunas causas del deterioro del aislamiento térmico, pueden ser: pérdida de espesor, no mantenerse constante la conductividad térmica, ser sometió a temperaturas por arriba de la diseño, penetración de agua.

5.4.14 Los datos obtenidos deben ser registrados y analizados, de manera que la información, tenga rastreabilidad de la ubicación y condiciones de las mediciones, así como se pueda visualizar los resultados de las temperaturas de superficie estimadas contra las obtenidas por mediciones en campo y se pueda concluir si se trabaja con la eficiencia energética esperada.

5.4.15 Es importante que los usuarios de los sistemas de aislamientos térmicos, consideren que si bien la industria es un factor importante para el desarrollo del país y requiere del uso de la energía para sus

operaciones, esta debe ser usada de manera responsable, para reducir los impactos negativos que causan al medio ambiente y a la comunidad. Por lo que deben mantener dichos sistemas en buenas condiciones y operarlos dentro del rango de la eficiencia energética establecida en esta NOM.

6. Responsabilidades

6.1 Responsabilidades de los usuarios.

6.1.1 Disponer de la información que da soporte a las variables requeridas para el diseño del aislamiento térmico. Información que debe proporcionar cuando se contrate los servicios de diseño del sistema de aislamiento térmico.

6.1.2 Disponer de la memoria de cálculo que da soporte a la selección de los espesores del aislamiento térmico, en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico.

6.1.3 Solicitar, revisar y resguardar la información soporte del sistema de aislamiento térmico, emitida por los fabricantes y que cumpla con las propiedades y características que se indican en esta NOM.

6.1.4 Verificar se disponga por los instaladores, los manuales y/o procedimientos aprobados, en cumplimiento a los requerimientos solicitados antes de la instalación.

6.1.5 Verificar que los instaladores den cumplimiento de lo dispuesto en los manuales y/o procedimientos aprobados, así como a los requisitos de instalación indicados en esta NOM.

6.1.6 Solicitar y conservar documento emitido por la compañía instaladora, una vez concluida la instalación, donde se indique el cumplimiento cabal a las disposiciones indicadas en esta NOM y a los manuales y/o procedimientos de instalación aprobados junto con la documentación soporte. El documento debe estar avalado con las firmas del instalador y usuario, es recomendable de ser posible que se cuente con el visto bueno del fabricante del aislamiento térmico.

6.1.7 En caso de que el usuario sea el instalador, debe elaborar un documento donde manifieste se da cumplimiento a lo dispuesto en esta NOM y anexar las evidencias que lo soportan.

6.1.8 Contar con censo de tubería y equipos que requieren sistema de aislamiento térmico para conservación de calor.

6.1.9 Realizar las gestiones para que el sistema de aislamiento térmico, se le dé buen uso, lo mantenga en buen estado y con el desempeño térmico esperado en el periodo en que se mantenga en servicio.

6.1.10 Establecer políticas dentro de su organización, para asegurar este instalado en su totalidad el sistema de aislamiento térmico. Inclusive el retirado por motivo de inspecciones o mantenimiento, el cual debe ser instalado una vez concluida la actividad y antes de ponerse en servicio.

6.1.11 Evaluar la eficiencia térmica del sistema de aislamiento térmico una vez concluida su instalación y que las tuberías o equipos estén en servicio estable.

6.1.12 Realizar mediciones para evaluación de la eficiencia térmica al menos una vez cada dos años a los sistemas de aislamiento térmico en operación.

6.1.13 En caso de detectar deterioro del sistema de aislamiento térmico que impacte en la eficiencia térmica, se debe prever el reemplazo del sistema o tomar las acciones para el restablecimiento de la eficiencia térmica. No debe prolongar su uso y deben sustituirse cuando las pérdidas o ganancias de energía, alcancen los valores máximos permitidos en esta NOM.

6.1.14 Resguardar en papel o en electrónico la información indicada en esta NOM, la cual debe ser conservada hasta que sea retirado el aislamiento térmico para su disposición final.

6.1.15 Es importante señalar que si bien el usuario es responsable de los costos energéticos motivo del desempeño del sistema de aislamiento térmico, una administración inadecuada tiene impactos en el medio ambiente y en las comunidades, por lo que deben hacer un uso racional de la energía.

6.1.16 Solicitar por escrito a la unidad de verificación, la evaluación de los sistemas de aislamientos térmicos de su instalación de conformidad con la NOM.

6.1.17 Dar las facilidades a las unidades de verificación para el cumplimiento de su función.

6.2 Responsabilidades de los fabricantes.

6.2.1 Contar con sistema de calidad con certificación vigente bajo la NOM ISO-9001.

6.2.2 Por cada lote de fabricación emitir y proporcionar al usuario el certificado de calidad de su producto, donde se indiquen los valores obtenidos y el rango o parámetros de aceptación que manifiesten en su sistema de calidad para avalar su producto.

6.2.3 Entregar copia de certificado o certificados de propiedades y características de su producto, emitidos por laboratorios reconocidos. Estos certificados son únicos y válidos, independientemente de los lotes de fabricación, mientras el fabricante mantenga sin cambio el proceso o la formulación del producto. Como es el caso de las conductividades térmicas en función de la temperatura.

6.2.4 Proporcionar las hojas de datos de seguridad, con información sobre las disposiciones de seguridad e higiene para su manejo.

6.2.5 Proporcionar en su información técnica, los cuidados para el manejo y disposición de los residuos durante su instalación y retiro.

6.2.6 Cuando sea solicitado de común acuerdo con el usuario, una vez concluida la instalación del sistema de aislamiento térmico, participar en la evaluación del desempeño térmico de su material, incluyendo instalaciones en operación.

6.3 Responsabilidades de los Instaladores.

6.3.1 Para tener un buen desempeño térmico, adicional a los materiales, es necesario se tenga una correcta instalación del sistema de aislamiento térmico, por lo que se hace necesario disponer de manuales y/o procedimientos de instalación y personal calificado.

6.3.2 Deben contar con manuales y/o procedimientos de instalación aprobados, donde se indiquen los requerimientos detallados para su colocación, incluyendo las disposiciones indicadas en esta NOM.

6.3.3 Los manuales y/o procedimientos de instalación, deben incluir todo el proceso de instalación, desde el almacenamiento, manejo, instalación, inspección y disposición de los materiales sobrantes.

6.3.4 Los manuales y/o procedimientos deben incluir las disposiciones de seguridad indicadas en las hojas de datos de seguridad, para administrar los riesgos identificados motivo de la instalación del sistema de aislamiento térmico. Incluyendo los impactos del ambiente y los relacionados con el área circundante.

6.3.5 Indicar de manera detallada el manejo de los residuos motivo de los trabajos del sistema de aislamiento térmico.

6.3.6 Tener manuales y/o procedimientos disponibles para consulta de su personal y del usuario.

6.3.7 Capacitación al personal que instale, reemplace o repare el sistema de aislamiento térmico, conforme a los requisitos establecidos en los manuales y/o procedimientos. Como evidencia de la capacitación son listas de asistencia, manuales y/o procedimientos, reporte de la evaluación teórico y practica avalada por el supervisor responsable.

6.3.8 Cuando se sustituya un material requerido en los manuales y/o procedimientos, el nuevo material, debe ser aprobado por el fabricante del aislamiento térmico y el usuario. Esto se debe documentar e incluir en el expediente del documento de entrega al usuario.

6.3.9 Al concluir la instalación del sistema de aislamiento térmico, la compañía instaladora debe entregar al usuario un documento, donde se indique el cumplimiento cabal a las disposiciones indicadas en esta NOM y a los manuales y/o procedimientos de instalación aprobados, Este debe ser firmado de conformidad por el usuario, siendo recomendable que cuente con el visto bueno del fabricante del aislamiento térmico.

6.3.10 El documento de entrega del instalador al usuario, debe estar acompañado de las evidencias que soportan lo escrito. Como parte importante de dicho expediente, es la documentación soporte de los fabricantes involucrados en el sistema del aislamiento térmico.

6.3.11 En caso de que el usuario sea el instalador, debe documentar que la instalación del sistema de aislamiento térmico, se apegó a lo requerido en esta NOM y a los requerimientos de los fabricantes y anexar la información que lo soporta. Es importante considerar que cuando se sustituya aislamiento térmico faltante de pequeñas secciones motivo de mantenimiento, no se considera un reemplazo del sistema de aislamiento térmico.

6.3.12 Cuando sea solicitado de común acuerdo con el usuario, una vez concluida la instalación del sistema de aislamiento térmico, participar en la evaluación del desempeño térmico.

7. Vigilancia

7.1 La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para Uso Eficiente de la Energía, conforme a sus atribuciones y en el ámbito de sus respectivas competencias, son las autoridades que estarán a cargo de vigilar el cumplimiento de esta NOM.

7.2 El cumplimiento de la presente NOM, no releva de ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras NOM y Reglamentos.

7.3 El incumplimiento de la presente NOM, será sancionada conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás disposiciones legales aplicables.

8. Procedimiento de la evaluación de la conformidad (PEC)

De conformidad con los artículos 68 primer párrafo, 70 fracciones I y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se establece este procedimiento para la determinación del grado de cumplimiento de la instalación con lo dispuesto en la presente NOM,

8.1. Objetivo.

Establecer los lineamientos a seguir por las unidades de verificación para la evaluación de la conformidad, de esta NOM.

8.2 Referencias.

- a) Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- b) Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (RLFMN).

8.3. Definiciones.

Para los efectos de este Procedimiento de la Evaluación de la Conformidad (PEC), se entenderá por:

8.3.1 Acta Circunstanciada. Documento expedido por una unidad de verificación en sitio, donde indica el resultado de la verificación de la instalación en cumplimiento o no cumplimiento con lo dispuesto en la NOM.

8.3.2 Autoridad competente. La Secretaría de Energía (SENER); Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), conforme a sus atribuciones y en el ámbito de sus respectivas competencias y son las encardadas de resolver controversias en la interpretación de este PEC.

8.3.3 Especificaciones técnicas. La información técnica de los materiales y criterios de instalación que describe las características del sistema de aislamiento térmico y que ayudan a demostrar el cumplimiento de lo requerido en esta NOM.

8.3.4 Certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico. Documento mediante el cual, el organismo de certificación, hace constar que el individuo, instalación o empresas son energéticamente responsables en lo referente al sistema de aislamiento térmico, al cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la NOM.

8.3.5 Evaluación del sistema de aislamiento térmico. Procedimiento mediante el cual, se verifica la eficiencia energética con los criterios establecidos en esta NOM. Para lo cual se evalúa las condiciones de su diseño, determinación del espesor mediante en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico, la metodología, características de los materiales, criterios de instalación y evaluación de la eficiencia energética.

8.3.6 Hallazgo resultado de la evaluación de la evidencia de verificación, recopilada frente a los criterios de la NOM, pueden ser recomendaciones o no conformidades de requerimiento de esta NOM.

8.3.7 Informe de pruebas. El documento que emite un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de la LFMN, mediante el cual se presentan los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a los productos.

8.3.8 Informe técnico. Documentación que incluye: listas de verificación, informes de resultados y, en su caso, el informe de incumplimientos fundamentados en la NOM y las evidencias objetivas efectuadas por el interesado.

8.3.9 Listas de verificación. Documentos que utiliza la unidad de verificación en las visitas, para la revisión y evaluación de las evidencias objetivas que sustentan el cumplimiento de las disposiciones de la NOM.

8.3.10 No conformidad. Incumplimiento a un requisito mandatorio de esta NOM.

8.3.11 Recomendación. Requisito no mandatorio de esta NOM, que puede ayudar a que se tenga un mejor control en factores que pueden impactar en el desempeño del sistema de aislamiento térmico. No impacta en los requisitos para la entrega del certificado de la conformidad.

8.3.12 Visita de seguimiento. La comprobación a la que están sujetos los sistemas de aislamientos térmicos, que se les otorgó un certificado de la conformidad, con el objeto de constatar que continúan cumpliendo con la NOM y del que depende la vigencia de dicha certificación.

8.3.13 Unidad de verificación. Persona física o moral, acreditada por una entidad de acreditación y aprobada por la autoridad competente, para verificar el cumplimiento de esta NOM, en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

8.3.14 Usuario. Persona física o moral o representante legal, responsable de la instalación industrial para el que se solicita el servicio de verificación de los sistemas de aislamientos térmicos.

8.4 Disposiciones Generales.

8.4.1 La evaluación de la conformidad, debe ser realizada por una unidad de verificación acreditada y aprobada.

8.4.2 Este PEC aplica a las actividades de verificación en el cumplimiento de esta NOM.

8.4.3 El presente PEC es aplicable a los sistemas de aislamientos térmicos instalados en el territorio nacional.

8.4.4 El usuario, debe solicitar por escrito a la unidad de verificación que haya elegido, la evaluación del sistema de aislamiento térmico de conformidad con la NOM y ésta a su vez, entregará los requisitos para realizar la verificación correspondiente.

8.4.5 El usuario debe solicitar a la unidad verificadora, la revisión de los sistemas de aislamiento térmicos nuevos. Para instalaciones en operación deben solicitar al menos una inspección en un periodo no mayor a dos años.

8.4.6 Los gastos que se originen por los servicios de evaluación de la conformidad, serán a cargo del usuario del sistema de aislamiento térmico, conforme a lo establecido en el artículo 91 de la LFMN.

8.4.7 La unidad de verificación de común acuerdo con el usuario, debe establecer los términos y las condiciones de los trabajos de verificación.

8.4.8 El usuario debe entregar a la unidad de verificación la información necesaria para realizar la verificación de este PEC, independientemente de que se acuerde o no se indique, en los términos y condiciones de los trabajos de verificación.

8.4.9 Las unidades de verificación debidamente acreditadas y aprobadas, deben aceptar los informes de pruebas y los certificados de la conductividad térmica de los materiales aislantes, emitidos por los organismos de certificación acreditados y/o reconocidos en los países de origen del aislamiento térmico.

8.4.10 Los instrumentos y aparatos que se usen para la evaluación de la conformidad, deben estar calibrados por laboratorios acreditados y contar con el dictamen de calibración vigente de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

8.4.11 Se podrán realizar visitas de seguimiento sin previo aviso, cuando medie denuncia formal, fehaciente y perfectamente documentada del incumplimiento a la NOM.

8.4.12 Si el sistema no cumple con lo establecido en la NOM, la unidad de verificación debe informar al usuario y asentar en el acta circunstanciada y en el informe técnico, los hallazgos (recomendaciones y no conformidades) encontrados y entregar copia de dichos documentos al usuario. De común acuerdo entre ambas partes, se debe establecer el plazo para que se realicen las modificaciones pertinentes.

8.4.13 La falta de participación del interesado durante la verificación o su negativa a firmar el acta circunstanciada, no afectará su validez.

8.4.14 Los usuarios, a quienes se haya levantado un acta circunstanciada donde se indique, el no cumplimiento con lo establecido en esta NOM, pueden formular consideraciones en el acto de la diligencia y ofrecer pruebas en relación con los hechos contenidas en éstas o por escrito, hacer uso de este derecho dentro del término de 15 días hábiles siguientes a la fecha en que se haya levantado dicha acta. La consideración debe ser enviada a la CONUEE junto con el acta y el informe técnico proporcionado por la unidad de verificación, para que dictamine lo conducente.

8.4.15 Si el sistema cumple con lo establecido en la NOM, la unidad de verificación debe indicar en el acta circunstanciada su cumplimiento y entregar en un plazo no mayor a 30 días al interesado el certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico en original y copia. Cuando el acta circunstanciada indique incumplimiento, no se entregara el certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico de la unidad o planta.

8.4.16 El interesado debe realizar, dentro del plazo acordado (no mayor a seis meses), las modificaciones pertinentes y avisar a la unidad de verificación para que verifique nuevamente el sistema de aislamiento térmico.

8.4.17 Los trabajos de verificación concluyen, con la entrega del certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico al usuario.

8.4.18 El usuario del sistema de aislamiento térmico, debe demostrar el cumplimiento de conformidad con esta NOM, con el certificado de la conformidad emitido por una unidad de verificación acreditada y aprobada.

8.4.19 El certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico, tendrá una validez de dos años. Este certificado podrá ser cancelado quedando sin efecto su vigencia, si como resultado de una visita de seguimiento es dictaminado.

8.5 Evaluación de la conformidad.

8.5.1 Verificar documentalmente el cumplimiento de las disipaciones establecidas en los criterios y metodologías para determinar el espesor del aislamiento térmico en cumplimiento con la máxima densidad de flujo térmico.

8.5.2 Verificar documentalmente que la información soporte de las propiedades y características de los materiales de los aislamientos térmicos industriales cumplan con lo dispuesto en esta NOM.

8.5.3 Verificar documentalmente el cumplimiento a los requisitos de instalación de sistemas de aislamiento térmicos industriales indicados en esta NOM.

8.5.4 Verificar documentalmente que el método de evaluación de la eficiencia energética de los sistemas de aislamiento térmicos sea en apego a lo establecido en esta NOM.

8.5.5 Verificar los requerimientos indicados mediante muestreo.

8.5.6 Realizar un muestreo para verificar que el censo de líneas y equipos con aislamiento para conservación de calor, este completo de acuerdo con las líneas marcadas en los diagramas de tubería e instrumentación.

8.5.7 Realizar un recorrido en sitio con diagramas de tubería e instrumentación, para revisar aleatoriamente que las líneas marcadas cuenten con aislamiento y confirmar el estado que reportan correspondiendo con lo verificado.

8.5.8 Se considera también incumplimiento a esta NOM:

8.5.8.1 El mantener hallazgos sin darles atención, resultantes de los registros de las inspecciones en sitio y con los que se incumple con requisitos mandatorios de esta NOM.

8.5.8.2 El encontrar en el recorrido de la unidad de verificación, sin aislamiento tramos de tubería, válvulas, instrumentos, bombas, compresores o cualquier accesorio, al menos que sea por motivo de fuga y se estén tomando acciones para su corrección. Dichos hallazgos se consideran "No Conformidades" y deben registrarse y evaluar la energía perdida, así mismo debe solventarse de inmediato para poder ser acreedor al certificado de la conformidad del sistema de aislamiento térmico.

8.5.9 Realizar aleatoriamente mediciones en sitio de las temperaturas de superficies del sistema de aislamiento térmico, en los lugares evaluados y reportados por el usuario.

8.5.10 El muestreo debe incluir en mayor proporción las tuberías y equipos con mayor temperatura de operación y en menor proporción los de más baja temperatura de operación. Así como aquellos puntos que con motivo del recorrido de verificación, se consideren sospechosos.

8.5.11 En instalaciones anteriores a la entrada en vigencia de esta NOM, para la evaluación de la eficiencia del sistema termoaislante, deben prevalecer los criterios del diseño original mientras no se sustituya el sistema de aislamiento térmico, por lo que la eficiencia energética debe ser evaluada con el espesor del aislamiento térmico con que se diseñó.

8.5.12 Las mediciones de temperatura en sitio, se deben realizar por muestreo.

8.5.13 Clasificar las líneas (tuberías) y equipos de acuerdo con su temperatura de operación en los rangos establecidos en el apéndice G.

8.5.13.1 Para cada rango de temperatura, registrar los números de líneas (tuberías), como están documentados en el censo y que deben corresponder con lo indicado en los diagramas de tubería e instrumentación, así como con su respectiva temperatura de operación, registrada en los isométricos de construcción.

8.5.13.2 La misma tabla aplicara para los equipos, donde para los mismos rangos de temperatura, se registrarán los números de identificación registrados en el censo y las temperaturas de operación registradas en los dibujos de los arreglos generales de los equipos.

8.5.13.3 De acuerdo al número de líneas (tuberías) o equipos registrados en cada rango de temperatura, seleccionar la cantidad indicada en la tabla 8.1.

Tabla 8.1
Selección del tamaño de la muestra.

Número de líneas (tuberías) o número de equipos registrados en el censo.	Numero a evaluar de líneas o equipos registrados en el censo
1	1
2 a 6	2
7 a 10	3
11 a 16	4
17 a 20	5
Mayor a 20	30%

9. Bibliografía

- NMX-Z-013-SCFI-2015 Guía para la estructuración y redacción de Normas.
- NRF-025-PEMEX-2009 Aislamientos térmicos para baja temperatura.
- NRF-034-PEMEX-2004 Aislamientos Térmicos para altas temperaturas en equipos, recipientes y tubería superficial.
- API 570:2010 Código de inspección de tuberías.
- API 510:2014 Código de inspección de recipientes a presión.
- API 653:2001 Estándar de Tanques de almacenamiento sobre nivel de suelo, inspección, reparación alteraciones y reconstrucción.
- NACE 098:2016 Estándar, prácticas de control de corrosión bajo aislamiento térmico y materiales de protección contra fuego.
- ASME B31.3:2012 Código tuberías de proceso.
- ASTM C449:2013Especificación estándar para fibra mineral sello-hidráulico de aislamiento térmico y acabado de cemento.
- ASTM C547:2012 Especificación estándar de aislamiento de fibra mineral para tubería.
- ASTM C533:2013 Especificación estándar de bloques de silicato de calcio y aislamiento térmico para tubería.
- ASTM C534:2016, Especificación estándar para aislamiento térmico celular elastomérico flexible preformado en hojas y forma tubular.
- ASTM C552:2013 Especificación estándar para el aislamiento térmico del vidrio celular.
- ASTM C553:2013 Especificación estándar para aislamiento térmico de colcha de fibra mineral para aplicaciones comerciales e industriales.
- ASTM C578:2016, Especificación estándar para aislamiento térmico de poliestireno celular rígido.
- ASTM C592:2013 Especificación estándar de colchas de lana mineral para aislamiento y aislamiento tipo colcha para tubería (Cubiertas con malla metálica) (Tipo Industrial).

- ASTM C610: 2011 Especificación estándar de bloques moldeados de perlita expandida y aislamientos térmicos para tubería.
- ASTM C612:2014 Especificación estándar de aislamientos térmicos en bloque y placa de fibra mineral.
- ASTM C1029:2015 Especificación estándar para aislamiento térmico de poliuretano celular rígido aplicado por pulverización.
- ASTM C1126:2015, Especificación estándar para el aislamiento térmico fenólico celular rígido revestido o no revestido.
- ASTM C1728:2013 Especificación estándar para el aislamientos flexibles de Aerogel.

10. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con normas internacionales.

11. Transitorios

Primero. La presente Norma Oficial Mexicana, cancela y sustituye a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-009-ENER-1995 Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales, que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 1995 y a la NOM-009-ENER-2014 Eficiencia energética en sistemas de aislamientos térmicos industriales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 2014.

Segundo. La presente Norma Oficial Mexicana, entrará en vigor 120 días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación y a partir de esa fecha, todos los sistemas de aislamiento térmicos industriales de tuberías y equipos, comprendidos dentro del campo de aplicación de la Norma Oficial Mexicana, serán verificados con base a la misma.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a XX de XXXX de 2017.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Odón Demófilo de Buen Rodríguez.- Rúbrica.

12. Apéndices

Apéndice A

A.01 Máxima densidad de flujo térmico

Tabla A.01-1
Máxima densidad de flujo térmico servicio de alta temperatura
Tuberías [W/m] / Superficies planas [W/m²]

		Temperatura de operación [K / °C]													
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
	½	15	6	12	19	26	35	45	55	66	78	90	103	116	130
	¾	20	7	13	20	28	36	47	58	71	86	97	111	126	138
	1	25	8	15	22	32	41	50	64	78	90	105	122	132	148
	1 ½	40	9	18	26	35	44	60	77	91	106	120	136	151	172
	2	50	10	20	30	40	51	65	81	95	110	127	144	165	185
	2 ½	65	11	23	33	44	56	71	88	104	119	138	158	180	202
	3	80	13	24	39	49	61	77	98	113	129	152	176	192	212
	4	100	15	27	43	55	69	90	107	128	149	173	193	221	240
	5	125	18	31	47	62	75	95	114	137	159	186	204	235	261
	6	150	20	35	52	70	85	105	126	145	170	194	219	250	278
	8	200	24	42	62	81	100	122	148	165	195	222	255	288	326
	10	250	29	48	70	90	112	139	164	184	217	254	286	322	375
	12	300	33	53	77	102	125	155	183	207	241	274	318	360	403
	14	350	38	60	84	111	136	165	196	219	259	292	338	389	430
	16	400	42	65	92	124	150	179	214	243	281	319	370	412	473
	18	450	46	72	101	136	164	196	230	263	306	342	390	445	498
	20	500	50	79	111	149	175	210	246	285	328	367	422	478	533
	22	550	54	85	120	158	186	224	261	304	348	390	450	505	568
24	600	58	93	130	168	200	233	275	325	373	413	468	532	607	
26	650	64	100	140	182	210	248	293	346	395	441	495	564	646	
28	700	70	107	150	193	221	263	312	368	418	469	527	596	675	
30	750	80	113	158	200	235	277	337	385	437	494	557	626	702	
Superficies Planas			30	42	58	72	81	92	105	115	128	143	159	180	207

Nota: valores tomados de MON-009-ENER-2014

Tabla A.05-2
Máxima densidad de flujo térmico, servicio de baja temperatura
Tuberías [W/m] / Superficies planas [W/m²]

		Temperatura de operación [K / °C]									
		273.15	248.15	223.15	198.15	173.15	148.15	123.15	98.15	73.15	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	0	-25	-50	-75	-100	-125	-150	-175	-200
	½	15	-7.2	-12.4	-14.1	-17.7	-18.4	-19.1	-21.2	-21.5	-23.1
	¾	20	-8.2	-14.0	-15.8	-17.2	-20.4	-21.1	-21.7	-23.6	-23.8
	1	25	-9.3	-16.0	-17.8	-19.3	-20.5	-23.4	-23.9	-24.4	-26.2
	1 ½	40	-11.6	-15.9	-18.7	-20.9	-24.7	-25.7	-26.6	-27.2	-29.2
	2	50	-13.5	-18.2	-21.3	-23.6	-25.4	-26.7	-29.7	-30.3	-30.8
	2 ½	65	-15.4	-20.6	-24.0	-26.4	-28.2	-29.6	-30.7	-31.6	-33.9
	3	80	-17.7	-23.6	-23.7	-26.8	-29.0	-30.8	-32.1	-35.0	-35.6
	4	100	-21.4	-23.3	-28.0	-31.3	-31.2	-33.3	-37.1	-38.1	-38.8
	5	125	-25.3	-27.1	-28.7	-32.6	-35.6	-37.9	-39.6	-40.8	-41.7
	6	150	-21.7	-30.8	-32.4	-36.7	-37.0	-39.6	-41.6	-43.1	-44.2
	8	200	-26.7	-32.1	-35.2	-40.3	-41.2	-44.3	-46.6	-48.4	-49.7
	10	250	-32.0	-38.1	-41.4	-43.5	-48.0	-48.5	-51.2	-53.3	-54.8
	12	300	-36.9	-43.7	-47.2	-49.4	-50.8	-54.7	-54.8	-57.1	-58.8
	14	350	-39.9	-41.0	-46.0	-49.1	-54.4	-55.3	-58.5	-60.9	-60.2
	16	400	-44.7	-45.7	-51.0	-54.3	-56.4	-60.9	-61.3	-64.0	-65.9
	18	450	-39.5	-50.4	-56.1	-59.5	-61.7	-63.0	-63.8	-66.7	-68.9
	20	500	-43.3	-55.0	-55.8	-60.2	-63.0	-64.8	-68.9	-72.0	-71.5
	22	550	-47.0	-52.7	-60.3	-64.9	-67.8	-69.7	-70.7	-74.1	-76.6
24	600	-50.7	-56.8	-64.8	-65.1	-68.6	-74.5	-75.5	-76.0	-78.7	
26	650	-54.4	-60.8	-63.6	-69.4	-73.1	-75.5	-76.9	-80.7	-83.5	
28	700	-58.1	-64.8	-67.7	-73.7	-77.6	-80.0	-81.4	-82.2	-85.2	
30	750	-61.8	-68.8	-71.7	-78.0	-77.7	-80.6	-85.9	-86.6	-89.8	
Superficies Planas			-19.34	-20.07	-21.44	-20.57	-20.73	-20.59	-21.08	-21.29	-21.30

- 1.- El espesor del aislamiento térmico debe ser determinado, mediante la evaluación de la temperatura de condensación en la superficie.
- 2.- La ganancia de calor determinada por la temperatura de condensación debe ser menor a la indicada en la tabla, de lo contrario el espesor debe calcularse con la máxima densidad de flujo térmico indicado en la tabla.
- 3.- Los valores no corresponden a lo indicado en la tabla de la NOM-009-ENER-2014.
- 4.- Los valores amparan humedades relativas del 80%

A.02 Transferencia de calor por conducción, convección y radiación

Calor por conducción		Calor por convección	Calor por radiación
$Q_{\text{cond}} = k_m A \Delta T_{\text{os}} / E$		$Q_{\text{conv}} = h_c A_s \Delta T_{\text{sa}}$	$Q_{\text{rad}} = h_r A_s \Delta T_{\text{sa}}$
$A/E = 2(3.1416)L / \ln(D_s/D_e)$			
Para superficies cilíndricas			
Símbolo	Unidades	Descripción	
Q_{cond}	W	Flujo de calor por conducción	
Q_{conv}	W	Flujo de calor por convección	
Q_{rad}	W	Flujo de calor por radiación	
k_m	W/m-K	Conductividad térmica media del aislamiento térmico	
h_c	W/m ² -K	Coeficiente de convección	
h_r	W/m ² -K	Coeficiente de radiación	
A	m ²	Área del aislamiento térmico depende de geometría	
A_s	m ²	Área de la superficie del aislamiento térmico	
ΔT_{os}	K	Diferencial de Temperatura de operación menos superficie	
ΔT_{sa}	K	Diferencial de Temperatura de superficie menos ambiente	
E	m	Espesor del aislamiento térmico	
D_e	m	Diámetro exterior del tubo	
D_s	m	Diámetro exterior del aislamiento térmico	
L	m	Longitud de la tubería	

A.03 Determinación de la conductividad térmica media (k_m) está dada por la siguiente expresión.

$$k = a + b T + c T^2 + d T^3$$

$$k_m = a + \left[\left(\frac{b}{2} \right) (T_o + T_s) \right] + \left[\left(\frac{c}{3} \right) (T_o^2 + T_o T_s + T_s^2) \right] + \left[\left(\frac{d}{4} \right) (T_o^3 + T_o^2 T_s + T_o T_s^2 + T_s^3) \right]$$

$$k = e^{a + b T}$$

$$k_m = \frac{e^{a + b T_o} - e^{a + b T_s}}{b (T_o - T_s)}$$

Para las dos expresiones, son constantes a, b, c, d y los valores deben ser tomados de los fabricantes. Lo anterior está basado en lo establecido en el estándar ASTM C680.

A.04 Determinación del coeficiente de transferencia de calor por convección (h_c), es necesario considerar que depende, de si la convección es forzada (f) o natural (n), de la geometría y posición de la superficie, cuyos efectos son considerados en los números de Nusselt, Rayleigh, Reynolds y Prandtl para estimar dicho coeficiente.

Las variables que impactan los modelos matemáticos se describen a continuación:

Símbolo	Unidades	unidades
h_c	W/m ² -K	
Nu	Sin unidades	Número de Nusselt
Ra	Sin unidades	Número de Rayleigh
Re	Sin unidades	Número de Reynolds
Pr	Sin unidades	Número de Prandtl
L	m	Longitud de la placa
D	Sin unidades	Diámetro
k_f	W/m-K	Conductividad térmica del aire
g	m/s ²	Aceleración de la gravedad
β	1/K	Coeficiente de expansión térmica
ρ	kg/m ³	Densidad
C_p	J/kg-K	Capacidad calorífica
ΔT	K	Variación de temperatura
ν	m ² /s	Viscosidad cinemática
V	m/s	Velocidad
D_e	m	Diámetro exterior del tubo

Los modelos matemáticos tomados del ASTM C680, se describen a continuación:

$$h_c = \bar{Nu}_L k_f / L \quad \text{o} \quad h_c = \bar{Nu}_D k_f / D$$

$$(\bar{Nu}_D - \delta)^j = (\bar{Nu}_{f,D} - \delta)^j + (\bar{Nu}_{n,D} - \delta)^j \quad \text{ó} \quad (\bar{Nu}_L - \delta)^j = (\bar{Nu}_{f,L} - \delta)^j + (\bar{Nu}_{n,L} - \delta)^j$$

Superficies planas isotérmicas			
No	Formula	Condición	
1	$\bar{Nu}_{f,L} = \frac{0.6774 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.0468/Pr)^{2/3}]^{1/4}}$	$Re_L < 5 \times 10^5$ Convección forzada Flujo laminar	
2	$\bar{Nu}_{f,L} = (0.037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$	$5 \times 10^5 < Re_L < 1 \times 10^8$ Convección forzada Flujo turbulento	
3	$\bar{Nu}_{n,L} = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$	$Ra_L \geq 1 \times 10^9$ Vertical Convección libre Flujo laminar y turbulento $\delta = 0, j = 3$	
4	$\bar{Nu}_{n,L} = 0.680 + \frac{0.670 Ra_L^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}}$	$Ra_L < 1 \times 10^9$ Vertical Convección libre Flujo laminar y turbulento $\delta = 0$ y $j = 3$	
5	$\bar{Nu}_{n,L} = 0.54 Ra_L^{1/4}$	$1 \times 10^4 < Ra_L < 1 \times 10^7$ Horizontal Convección natural Sobre la superficie $\delta = 0$ y $j = 3.5$	
6	$\bar{Nu}_{n,L} = 0.15 Ra_L^{1/3}$	$1 \times 10^7 \leq Ra_L < 1 \times 10^{11}$ Horizontal Convección natural Sobre la superficie $\delta = 0$ y $j = 3.5$	
7	$\bar{Nu}_{n,L} = 0.27 Ra_L^{1/4}$	$1 \times 10^5 < Ra_L < 1 \times 10^{10}$ Horizontal Convección natural Bajo la superficie $\delta = 0$ y $j = 3.5$	
8	$Ra_L = \frac{g \beta \rho Cp (\Delta T) L^3}{\nu k_f}$ 8a	$Re_L = \frac{VL}{\nu}$ 8b	$Pr = \frac{\nu \rho Cp}{k_f}$ 8c

Superficies cilíndricas isotérmicas			
8	$\bar{Nu}_{f,D} = 0.30 + \frac{0.620 Re_D^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} [1 + (Re_D/282000)^{5/8}]^{4/5}$	$Re_D Pr > 0.2$ Horizontales y vertical Convección forzada	
9	$\bar{Nu}_{n,D} = \left\{ 0.60 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.599/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$	$Ra_D < 1 \times 10^{12}$ Horizontales Convección natural. $\delta = 0.3, j = 4$	
10		Para casos en la vertical usar ecuaciones 3 y 4 sustituyendo L por D.	
11	$Ra_D = \frac{g \beta \rho Cp (\Delta T) D_e^3}{\nu k_f}$ 11a	$Re_D = \frac{VD_e}{\nu}$ 11b	$Pr = \frac{\nu \rho Cp}{k_f}$ 11c

Superficies esféricas isotérmicas			
11	$\overline{Nu}_{f,D} = 2 + (0.4 Re_D^{1/2} + 0.06 Re_D^{2/3}) Pr^{0.4} (\mu/\mu_s)^{1/4}$	<p>0.71 < Pr < 380 3.5 < Re_D < 1.6 × 10⁴ 1.0 < (μ/μ_s) < 3.2</p> <p>μ = viscosidad del aire μ_s = viscosidad en la superficie</p> <p>Convección forzada</p>	
12	$\overline{Nu}_{n,D} = 2 + \frac{0.589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$	<p>0.7 ≤ Pr y Ra_D < 1 × 10¹¹</p> <p>Convección natural δ = 2 y j = 4</p>	
12	Aplica la ecuación 11a	Aplica la ecuación 11b	Aplica la ecuación 11c

Apéndice A.05 Tablas de los espesores de aislamientos térmicos que operan a alta temperatura.

Tabla A 05-1
Lana de roca preformada
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]													
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
	½	15	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5
	¾	20	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.5	
	1	25	1.5	1.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	5.0	
	1 ½	40	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0
	2	50	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5
	2 ½	65	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5
	3	80	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5	6.0
	4	100	1.5	2.5	2.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5	5.5	6.0
	5	125	1.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.5
	6	150	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	6.5	7.0
	8	200	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0
	10	250	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0
	12	300	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.5
	14	350	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.5
	16	400	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	7.5	7.5
	18	450	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0
	20	500	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0
22	550	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	6.5	7.5	7.5	8.0	8.0	
24	600	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	6.5	7.5	8.0	8.0	8.0	
26	650	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0	8.0	
28	700	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	
30	750	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Lana de roca preformado ASTM C547 tipo II

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-2
Lana de roca colcha
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]													
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
	½	15	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
	¾	20	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
	1	25	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	5.0	5.5
	1 ½	40	1.5	1.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
	2	50	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
	2 ½	65	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5	6.0
	3	80	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	6.0	6.5
	4	100	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	5	125	1.5	2.5	2.5	3.0	4.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	6.0	6.5	7.0
	6	150	1.5	2.5	3.0	3.0	4.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
	8	200	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.5	5.5	6.5	6.5	7.0	7.5
	10	250	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5
	12	300	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0
	14	350	1.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.5	8.0
	16	400	2.0	2.5	3.5	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0	8.0	8.0
	18	450	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
	20	500	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
	22	550	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.5	7.5	8.0	8.5
24	600	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0	6.0	6.5	7.5	8.0	8.5	8.5	
26	650	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0	6.0	6.5	7.5	8.0	8.5	8.5	
28	700	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	
30	750	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	
Superficies Planas			1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.5	8.0	8.5	9.5	10.0	10.0

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Lana de roca colcha ASTM C592 tipo II

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-3
Fibra de vidrio preformada
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]										
		333	373	423	473	523	573	623	673	723		
		60	100	150	200	250	300	350	400	450		
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN										
	½	15	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	5.0	
	¾	20	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	
	1	25	1.5	1.5	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.5	
	1 ½	40	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	3.5	4.0	4.5	5.5	
	2	50	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	
	2 ½	65	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.5	
	3	80	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.0	4.5	5.5	6.5	
	4	100	2.0	2.5	2.5	3.5	4.0	4.0	5.0	5.5	6.5	
	5	125	1.5	2.5	3.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	
	6	150	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.5	7.5	
	8	200	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	7.0	7.5	
	10	250	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	7.5	8.0	
	12	300	2.0	3.0	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	7.5	8.0	
	14	350	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0	7.5	8.0	
	16	400	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	7.5	8.5	
	18	450	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.5	7.5	8.5	
	20	500	2.0	3.0	3.5	4.0	5.0	5.5	6.5	7.5	8.5	
22	550	2.0	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.5	8.5		
24	600	2.0	2.5	3.5	4.5	5.0	6.0	7.0	7.5	8.5		
26	650	2.0	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.5		
28	700	2.0	2.5	3.5	4.0	5.5	6.0	7.0	7.5	8.5		
30	750	1.5	3.0	3.5	4.5	5.5	6.0	6.5	7.5	8.5		

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Lana de roca preformado ASTM C547 tipo I

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-4
Fibra de vidrio colcha
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]									
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450
	½	15	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0
	¾	20	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	1	25	1.0	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5
	1 ½	40	1.5	1.5	2.5	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.5
	2	50	1.5	1.5	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0
	2 ½	65	1.5	1.5	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5
	3	80	1.5	2.0	2.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5
	4	100	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5
	5	125	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.0	4.5	5.0	5.0
	6	150	1.5	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5
	8	200	1.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
	10	250	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5	4.5	5.0	6.0	6.0
	12	300	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	14	350	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	16	400	1.5	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	18	450	1.5	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	20	500	1.5	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
	22	550	1.5	2.5	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.5	7.0
24	600	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0	6.5	7.0	
26	650	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
28	700	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
30	750	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
Superficies Planas			1.5	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.5	8.0

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Fibra de vidrio colcha ASTM C592 tipo I

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-5
Silicato de calcio preformado
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]													
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
	½	15	2.5	3.5	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.5
	¾	20	2.5	3.5	4.5	5.0	6.0	5.5	5.5	5.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.5
	1	25	2.5	3.0	4.5	4.5	5.0	6.0	5.5	5.5	5.5	6.0	5.5	6.5	7.0
	1 ½	40	2.5	3.0	4.5	5.5	6.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.0
	2	50	3.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	5.5	6.0	6.5	6.5	7.0	7.0	7.0
	2 ½	65	3.0	3.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	7.0	7.0	7.0
	3	80	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	6.0	5.5	6.5	7.0	6.5	6.5	7.5	8.0
	4	100	3.0	4.0	4.5	5.5	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	7.0	8.0
	5	125	2.5	4.0	4.5	5.5	6.5	6.5	7.0	7.0	7.5	7.0	8.0	8.0	8.5
	6	150	3.0	4.0	4.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	8.5	8.5	9.0
	8	200	3.0	4.0	4.5	5.5	6.5	7.0	7.0	8.0	8.0	8.5	8.5	8.5	8.5
	10	250	3.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.5	8.5	8.5	9.0	9.0	8.5
	12	300	3.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	9.0
	14	350	2.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	9.0
	16	400	2.5	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.0	9.5	9.0
	18	450	2.5	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.5	8.5	9.0	9.5	9.5	9.5
	20	500	3.0	4.0	5.0	5.5	6.5	7.5	8.0	8.5	8.5	9.0	9.5	9.5	9.5
	22	550	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.5	9.5	9.5
	24	600	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.5	10.0	9.5
26	650	2.5	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.5	10.0	9.5	
28	700	2.5	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.5	10.0	10.0	
30	750	2.5	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.5	10.0	10.0	
Superficies Planas		2.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.5	9.5	10.0	10.5	11.0	11.0	11.0	

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Preformado ASTM C533 Tipo I

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-6
Perlita expandida preformada
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]							
		333	373	423	473	523	573	623	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350
	½	15	4.0	5.0	7.0	8.5	8.5	8.5	8.5
	¾	20	3.5	5.5	7.5	8.5	9.5	9.0	9.0
	1	25	3.5	4.5	7.0	7.0	8.0	9.5	8.5
	1 ½	40	3.5	4.5	6.5	8.0	9.5	8.5	7.5
	2	50	4.0	4.5	6.0	7.5	8.5	8.5	8.5
	2 ½	65	4.0	4.0	6.0	7.5	8.0	8.5	8.5
	3	80	3.5	4.5	5.5	7.0	8.5	8.5	8.0
	4	100	3.5	5.0	5.5	7.5	8.5	8.0	8.5
	5	125	3.5	5.0	6.0	7.0	8.5	9.0	9.5
	6	150	3.5	5.0	6.0	7.0	8.5	9.0	9.5
	8	200	3.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.0
	10	250	3.5	5.0	6.5	7.5	8.5	9.0	9.5
	12	300	3.5	5.0	6.5	7.5	8.5	9.0	9.5
	14	350	3.0	5.0	6.5	7.5	8.0	9.0	9.5
	16	400	3.5	5.0	6.5	7.0	8.5	9.0	9.5
	18	450	3.5	5.0	6.5	7.0	8.5	9.0	10.0
	20	500	3.5	5.0	6.5	7.0	8.5	9.0	10.0
22	550	3.5	5.0	6.5	7.0	8.5	9.5	10.0	
24	600	3.5	5.0	6.0	7.0	8.5	9.5	10.0	
26	650	3.5	5.0	6.0	7.0	8.5	9.5	10.0	
28	700	3.0	5.0	6.0	7.0	8.5	9.5	10.0	
30	750	3.0	5.0	6.0	7.5	8.5	9.5	10.0	
Superficies Planas			3.0	4.5	6.0	7.0	8.0	9.5	10.0

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Preformado ASTM C610

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 05-7
Aerogel en manta
Espesores en cm

		Temperatura de operación [K / °C]														
		333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923		
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
	½	15	0.6	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	¾	20	0.6	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	1	25	0.6	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	1 ½	40	0.8	2.5	3.0	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	2	50	0.8	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	2 ½	65	1.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	3	80	1.0	3.0	3.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0
	4	100	1.0	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5
	5	125	1.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	5.5	6.0
	6	150	1.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
	8	200	1.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	6.5
	10	250	1.2	4.0	4.5	5.5	6.0	6.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.5	7.0
	12	300	1.2	4.0	5.0	5.5	6.5	6.5	7.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	14	350	1.0	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5	8.0	7.5	7.5	7.5	8.0
	16	400	1.2	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	18	450	1.2	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	20	500	1.2	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	22	550	1.2	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0
24	600	1.2	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.0	8.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
26	650	1.2	4.0	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
28	700	1.2	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	9.0	9.5	9.0	
30	750	1.0	4.0	5.5	6.0	7.0	8.0	8.0	8.5	9.0	9.0	9.5	9.5	9.5	9.5	
Superficies Planas			3.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.5	9.5	10.0	10.5	10.5	11.0	11.00	-	

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Fibra aerogel para superficie cilíndrica

Temperatura ambiente 298.15 K (+25°C)

Velocidad del viento 20 km/h

Humedad relativa 65%

Presión atmosférica

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

Superficie cilíndrica ASTM C335

Superficie plana ASTM C518

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Apéndice A.06 Tablas de los espesores de aislamientos térmicos que operan a baja temperatura.

Tabla A 06-1
Vidrio espumado preformado
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]									
		248.15	223.15	198.15	173.15	148.15	123.15	98.15	73.15		
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	-25	-50	-75	-100	-125	-150	-175	-200	
		½	15	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
		¾	20	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5
		1	25	1.0	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5
		1 ½	40	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0
		2	50	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5
		2 ½	65	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5
		3	80	1.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0
		4	100	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5
		5	125	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
		6	150	2.0	3.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
		8	200	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
		10	250	2.5	3.5	4.5	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5
		12	300	2.5	3.5	4.5	5.5	6.0	7.0	7.5	8.0
		14	350	3.0	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	7.5	8.5
		16	400	3.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.5	8.0	8.5
		18	450	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.5	9.0
	20	500	3.0	4.5	5.5	6.5	7.5	8.0	8.5	9.5	
	22	550	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.0	9.5	
	24	600	3.5	4.5	6.0	7.0	7.5	8.5	9.5	10.0	
	26	650	3.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5	10.0	
	28	700	3.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.5	
	30	750	3.5	5.0	6.0	7.5	8.5	9.0	10.0	10.5	
Superficies Planas			4.5	6.0	8.0	9.5	11.0	12.0	13.0	14.0	

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Preformado ASTM C552Gr 14

Temperatura ambiente 303.15 (+30°C)

Velocidad del viento 5 km/h

Humedad relativa 80%

Temperatura de condensación 299.09 (+25.94°C)

Presión atmosférica 760 mmHg

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

En los casos con humedades relativas mayor al 80%, deben determinarse los espesores de aislamiento térmico requerido.

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 06-2
Aerogel manta
Espesores en centímetros

		Temperatura de operación [K / °C]									
		248.15	223.15	198.15	173.15	148.15	123.15	98.15	73.15		
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	-25	-50	-75	-100	-125	-150	-175	-200	
		½	15	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5
		¾	20	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0
		1	25	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
		1 ½	40	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5
		2	50	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0
		2 ½	65	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
		3	80	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5
		4	100	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		5	125	1.5	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
		6	150	1.5	2.5	3.0	3.5	4.5	5.0	5.5	6.0
		8	200	2.0	2.5	3.5	4.0	4.5	5.5	6.0	6.5
		10	250	2.0	3.0	3.5	4.5	5.0	6.0	6.5	7.5
		12	300	2.0	3.0	4.0	4.5	5.5	6.0	7.0	7.5
		14	350	2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	6.5	7.0	8.0
		16	400	2.5	3.5	4.0	5.0	6.0	6.5	7.5	8.5
		18	450	2.5	3.5	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	8.5
	20	500	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.0	8.0	9.0	
	22	550	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	
	24	600	2.5	3.5	4.5	6.0	6.5	7.5	8.5	9.5	
	26	650	2.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
	28	700	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
	30	750	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.5	9.5	10.5	
Superficies Planas			3.5	5.0	6.0	7.5	9.0	10.5	11.5	13.0	

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Fibra aerogel ASTM C1728-12 Tipo III

Temperatura ambiente 303.15 (+30°C)

Velocidad del viento 5 km/h

Humedad relativa 80%

Temperatura de condensación 299.09 K (+25.94°C)

Presión 1 atmósfera

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

En los casos con humedades relativas mayor al 80%, deben determinarse los espesores de aislamiento térmico requerido.

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Tabla A 06-3
Lana de roca granular
Espesores en pulgadas

		Temperatura de operación [K / °C]					
		272.15	248.15	223.15	198.15	173.15	
Diámetro nominal NPS [pulgadas] / DN [mm]	NPS	DN	-1	-25	-50	-75	-100
	½	15	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
	¾	20	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0
	1	25	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0
	1 ½	40	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0
	2	50	1.0	1.0	1.5	2.0	2.5
	2 ½	65	1.0	1.0	1.5	2.0	2.5
	3	80	1.0	1.5	2.0	2.5	2.5
	4	100	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	5	125	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	6	150	1.5	1.5	2.5	3.0	3.5
	8	200	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
	10	250	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0
	12	300	1.5	2.0	3.0	3.5	4.5
	14	350	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5
	16	400	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5
	18	450	1.5	2.5	3.0	4.0	5.0
	20	500	1.5	2.5	3.5	4.0	5.0
	22	550	1.5	2.5	3.5	4.5	5.0
24	600	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	
26	650	1.5	2.5	4.0	4.5	5.5	
28	700	1.5	2.5	4.0	4.5	5.5	
30	750	1.5	2.5	4.0	5.0	6.0	
Superficies Planas			2	3.5	4.5	6.5	7.5

La tabla está calculada con las condiciones siguientes:

Placa de lana de roca ASTM C764

Temperatura ambiente 303.15 (+30°C)

Velocidad del viento 5 km/h

Humedad relativa 80%

Temperatura de condensación 299.09 K (+25.94°C)

Presión atmosférica 760 mmHg

Emisividad 0.1

Superficie cilíndrica horizontal

Superficie Plana en la vertical.

Método ASTM C680:2014

En los casos con humedades relativas mayor al 80%, deben determinarse los espesores de aislamiento térmico requerido.

Los espesores mostrados en las tablas, se deben verificar y en su caso corregir, con las conductividades térmicas de cada fabricante.

Apéndice B

Descripción general las características y propiedades de los aislamientos térmicos, usando sus nombres genéricos.

B.01 Fibras minerales, son materiales procesados a partir del estado de fusión de roca, escoria o vidrio, y convertidos a fibra. Las fibras están distribuidas de modo multidireccional y dividen finamente el espacio de aire. Pueden o no estar unidas entre sí.

Los aislamientos térmicos fibrosos más usados son lana de roca, lana de escoria y fibra de vidrio:

- a) Se usan desde temperatura ambiente hasta altas temperaturas. Los límites de temperatura varían dependiendo de la fibra específica y del aglutinante, siendo las fibras a base de roca las que tienen límites de temperatura más altos.
- b) La capacidad de los aislamientos térmicos fibrosos de repeler el agua depende del aglutinante utilizado.
- c) Se considera densidades bajas cuando son menor a 80 kg/m^3 .
- d) El máximo contenido de cloruros solubles es de 60 ppm, bajo el método ASTM C795
- e) El máximo contenido de material no convertido a fibra (shot) sobre malla No.100 US:25.0%
- f) El máximo contenido de aceite (pérdidas por ignición) es de 1.0%.
- g) La proporción mínima debe ser de 20 ppm de silicato de sodio por 1 ppm de cloruros solubles.
- h) Los materiales a base de lana de roca, son fabricadas en colchas con el estándar ASTM C592, en preformados para tuberías con el estándar ASTM C547 y en placas con el estándar ASTM C612 y ASTM C553.
- i) Los materiales a base de fibra de vidrio, son fabricadas en colchas con el estándar ASTM C592 y en preformados para tuberías con el estándar ASTM C547 y ASTM C553

B.02 Celulares, son compuestos por pequeñísimas celdas individuales separadas entre sí. El material celular puede ser vidrio o plástico espumado. Los aislamientos más usados son: vidrio espumado, poliestireno expandido, poliuretano, elastómeros, poliisocianurato y espuma fenólica.

La espuma de vidrio también conocido como vidrio celular:

- a) Es un material rígido que ha sido espumado para formar una estructura de celdas cerradas.
- b) Se usa generalmente en servicios fríos con temperaturas por debajo de la del ambiente.
- c) No es recomendable su uso a temperaturas superiores a 122°C , se craquea.
- d) Es resistente al paso de agua y al vapor, retiene solo pequeñas cantidades en su superficie. Sin embargo el agua puede penetrar en las juntas de las piezas de conforman el sistema del aislamiento térmico por lo que es indispensable usar los adhesivos y selladores recomendados por el fabricante del material.
- e) Resistencia a los ácidos, álcalis y sus derivados, excepto al ácido fluorhídrico.
- f) Capilaridad: 0.00
- g) Higroscopia: 0.00 a 90% de humedad relativa.
- h) Resistencia a la compresión: 7.04 kg/cm^2
- i) Los materiales a base de vidrio espumado, son fabricadas preformados y palcas se especifican con el estándar ASTM C552.

Las espumas orgánicas:

- a) Hay en diversas especificaciones para diferentes tipos y formas de espumas orgánicas, tienen limitaciones en su aplicación por las temperaturas de servicio. Absorben el vapor de agua en rangos de 0.15×10^{-12} a $7.3 \times 10^{-12} \text{ kg/Pa-s-m}$ (0.1 a 5 perm-in).
- b) Debe verificar que contengan aditivos para que no propaguen el fuego en caso de incendio.
- c) Deben instalarse solo en espacios abiertos por el riesgo de desprender vapores tóxicos por combustión.
- d) Estos materiales pueden contener cloruros, silicato e iones sodio lixiviados, y el pH oscilar entre 1.7 y 10, el valor recomendado no debe ser menor a 8.5, cuando es inferior a 6 se puede presentar corrosión acelerada.
- e) Densidad baja y uniforme
- f) Baja absorción de agua
- g) Contenido mínimo de celda cerrada: 90%
- h) Estabilidad dimensional en sus condiciones de operación, con una dilatación lineal menor a 2%.

Los más comúnmente utilizados son:

- a) Poliuretano, está de acuerdo al estándar ASTM C1029, es una espuma rígida de celdas cerradas, se forma por una reacción química al momento de su aplicación.
- b) Poliisocianurato, está de acuerdo al estándar ASTM C591, es un preformado formado a partir de una espuma rígida de celdas cerradas.
- c) Elastómero flexible, está de acuerdo al estándar ASTM C534, es un preformado de una espuma flexible de celdas cerradas.

- d) Fenólico, está de acuerdo al estándar ASTM C1126, es una espuma rígida de celdas cerradas.
- e) Poliestireno, está especificado de acuerdo al estándar ASTM C578, es una preformado de espuma rígida de celdas cerradas

B.03 Aislamientos térmicos granulares. Compuestos por nódulos que contienen espacios vacíos. No son considerados como celulares debido a que el gas (aire) puede transitar entre los espacios individuales. Son combinados con fibras de refuerzo con lo que consiguen rigidez, estructura y preforma. Los más comúnmente usados son vermiculita expandida, perlita expandida, tierra diatomácea y silicato de calcio.

El silicato de calcio

- a) El aislamiento térmico de tuberías y bloques de silicato de calcio se especifica en ASTM C533. Es un aislante rígido preformado para tuberías y en placas.
- b) Compuesto principalmente de silicato de calcio hidratado y generalmente incorpora un refuerzo fibroso.
- c) Es recomendable para altas temperaturas, a temperatura ambiente puede absorber hasta 400% su peso cuando se sumerge en agua. Es higroscópico y absorbe de 20 a 25% en peso de agua en presencia de la humedad presente en el aire.
- d) Cuando esta húmedo es alcalino, debe estar en un pH de 9 a 10.
- e) No es recomendable su uso en servicios donde la temperatura de operación pueda presentar por la entrada de humedad corrosión bajo el aislamiento. Tampoco es recomendable para servicios cíclicos en donde se trabaje debajo de la temperatura indicada o donde una parte importante del tiempo está fuera de operación.
- f) El material debe estar libre de asbesto
- g) La proporción mínima debe ser de 20 ppm de silicato de sodio por 1 ppm de cloruros solubles.

La perlita expandida

- a) Es un aislante expandido, preformado para tubería y en placas conforme al ASTM C610.
- b) Está compuesto de perlita expandida, aglutinantes de silicato inorgánico, refuerzo fibroso y silicona.
- c) Se utiliza en moderadas temperaturas. A 623.15 K (+350°C) los aditivos se queman y reducen su resistencia al agua.
- d) pH mínimo debe ser de 8.5 (con este valor se asegura que no provocará corrosión sobre acero inoxidable sujeto a esfuerzo).
- e) Debe estar libre de asbesto.
- f) El contenido máximo de cloruros (ASTM C750), es de 100 ppm.
- g) La proporción mínima debe ser de 200 ppm de silicato de sodio por 1 ppm de cloruros solubles.

B.04 Aerogeles.- son materiales formados por fibras amorfas,

- a) Presentan una gran resistencia al abuso mecánico
- b) Presentan gran resistencia al paso de calor con bajos espesores, por lo que pueden ser usados en espacios reducidos.
- c) Los materiales a base de aerogeles, son fabricadas en mantas.
- d) Pueden causar corrosión bajo el aislamiento, debido a la composición química, debe consultarse con el fabricante del material en caso de requerir protección anticorrosiva en la superficie donde se instalara.
- e) Estos materiales pueden, no mantener constante la conductividad térmica al ser sometidos a ciclos de calentamiento, por lo que deben consultar con los fabricantes que puedan garantizar se mantenga la conductividad durante el tiempo de vida garantizado.

B.05 Cementos monolítico, puede usarse como cemento aislante o como acabado:

- a) Como acabado. Es un recubrimiento monolítico ASTM C449 con una malla metálica galvanizada, plástica o de fibra de vidrio dispuesta alternadamente en una o varias capas, para proteger al aislamiento térmico contra intemperismo, ambientes corrosivos y abuso mecánico. Se aplican en película de 10 mm de espesor (seca).
- b) Cemento aislante. Misma descripción anterior, aunque en este caso sí debe considerarse su resistencia térmica. Se aplica normalmente en superficies irregulares. Los producidos con materiales fibrosos y granulares cementados con bentonita, que mezclados con agua generan una masa viscosa de gran adherencia.
- c) En la obra, durante el proceso de preparación del cemento monolítico de acabado, no deberá agregarse más de un 5% en peso de cemento de construcción para evitar condiciones alcalinas que puedan atacar al aluminio.

Apéndice C

Requisitos que se deben incluir en los procedimientos usados para la instalación de cualquier sistema de aislamiento térmico.

C.01 Listado de tuberías y equipos con sistema de aislamiento térmico para altas temperaturas, listado de tuberías y equipos para bajas temperaturas. Diagramas de tubería e instrumentación, isométricos, dibujos de equipos u otros documentos soporte que muestren detalles de instalación del sistema de aislamiento térmico, la información debe señalar los límites hasta donde se aplica dicho sistema. Como parte de los documentos soporte, debe estar la información de los materiales seleccionados y espesores especificados.

C.02 Los requerimientos de seguridad y medio ambiente, por lo que deben incluir medidas para protección del personal, de acuerdo con lo indicados en las hojas de seguridad de los materiales aislantes térmicos, de sello y barreras de vapor utilizados en el sistema de aislamiento térmico. Así como de la disposición de los materiales sobrantes, en los lugares designados para dicho fin.

C.03 Manejo del material durante el transporte, almacenamiento e instalación.

C.04 Prevea las condiciones climatológicas para la planeación y programación de la instalación y se establezcan las precauciones para evitar daños motivo del clima, como es la penetración de agua.

C.05 Mantener el material aislante seco en todo momento.

C.06 Mantener las superficies a aislar limpias y secas, no debe haber objetos metálicos soldados como varillas, puntos de soldadura, alambres, concreto u otros objetos. En caso de usar solventes no deben causar daños a la superficie, como el caso de compuestos clorados sobre el acero inoxidable.

C.07 Cuando sea especificado, aplicar protección anticorrosiva. Es recomendable la aplicación de protección anticorrosiva, si por la agresividad del medio ambiente, se puede generar corrosión durante el periodo de instalación del sistema de aislamiento térmico o si se trabaja en rangos de temperaturas donde por el riesgo de penetración de agua, se presentaría una corrosión acelerada o en caso de que por motivo del sistema de aislamiento térmico, este pueda causar corrosión.

C.08 Instalar el aislamiento térmico una vez que la tubería y/o equipo han sido probados neumática o hidrostáticamente.

C.09 Verificar e instalar el aislamiento térmico con el material y espesor especificado.

C.10 Indicar e instalar las juntas entre el material aislante escalonadas.

C.11 En sistemas de una capa, doble capa o más, las juntas longitudinales colocarlas alternadamente, de tramo a tramo y de capa a capa con un desfase de 50 mm (2 pulgadas) o más. Preferentemente deben quedar giradas a 90° entre una capa y otra, como se muestra en la figura C-1.

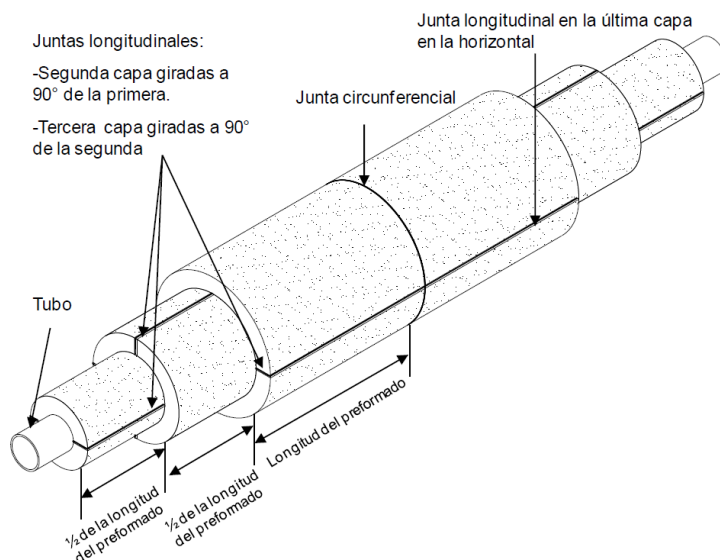


Figura C-1

C.12 Cuando el espesor sea mayor a 76 mm (3 pulgadas), se debe utilizar al menos doble capa, cuando sea posible, las capas serán del mismo espesor, si lo anterior no es posible, la capa de menor espesor se debe colocar primero.

C.13 Las juntas longitudinales y transversales de las piezas prefabricadas y colchas deben acoplarse perfectamente, no deben quedar separaciones y deben unirse firmemente con toda la superficie del contorno de las piezas.

C.14 Las colchas deben ser cosidas con alambre en las uniones de cierre de la colcha y con otras colchas tanto las juntas longitudinales como las juntas transversales, de manera que se ajuste la colcha a la superficie metálica y quede conformada como una sola pieza.

C.15 Para conformar codos en tuberías en diámetro nominal menores de 100 DN (4 NPS), se sigue el contorno de la tubería con cortes de 45° sobre los extremos coincidentes. Para codos en tuberías en diámetro nominal de 100 DN (4 NPS) y mayores, deben ser en sectores, considerando el diámetro y forma del accesorio en cuestión.

C.16 Para sistemas que requieran una barrera de vapor, asegúrese de instar adhesivos resistentes al paso de vapor entre las piezas.

C.17 No dañar la barrera de vapor con los elementos de sujeción del revestimiento.

C.18 Fijar el material del aislamiento térmico y acabado con los elementos de sujeción especificados.

C.19 Antes de instalar el acabado, se debe inspeccionar que la superficie del aislamiento no tenga huecos o superficie sin cubrir.

C.20 Los elementos de sujeción del material aislante térmico y del acabado, deben ser instaladas de manera que fijen a cada uno de los segmentos y su apriete, no debe causar aplastamiento o compresión de los materiales fibrosos ni roturas o agrietamientos en las materiales granulares u otros daños en dichos materiales. No se debe dejar ningún segmento del aislamiento térmico o acabado sin sujetar.

C.21 Los traslapes del material de acabado, deben permitir el escurrimiento de agua de manera que no penetre al material aislante.

C.22 Los traslapes en el caso donde se usen láminas de acabado, deben ser al menos de 5 cm en tuberías y 7.5 cm en equipos.

C.23 Todo saliente metálico de los equipos o tubería, se debe aislar hasta una distancia de 3 a 6 veces el espesor usado, como se muestra en la figura C-2

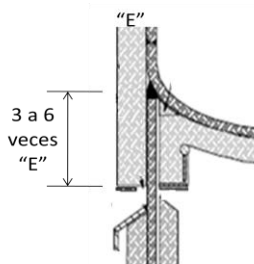


Figura C-2

C.24 Los ramales o salidas de boquillas de equipos, donde se ubique la frontera del sistema de aislamiento térmico debe ser a 0.35 m después de la última brida o soldadura de la válvula de bloqueo.

C.25 Cualquier abertura en el acabado, como vástagos de válvulas, tomas de instrumentos, soportes o cualquier saliente, El acabado debe ser lo más ajustada al contorno y se debe sellar todas las aberturas con la interface con material de acabado, para evitar la penetración de agua y si se trata de servicios a baja temperatura se debe aplicar la barrera de vapor. Es recomendable el uso de botaguas en las terminaciones en vertical del sistema de aislamiento térmico para evitar la penetración de agua, como se muestra en la figura C-3.

Botaguas en terminación del aislamiento térmico

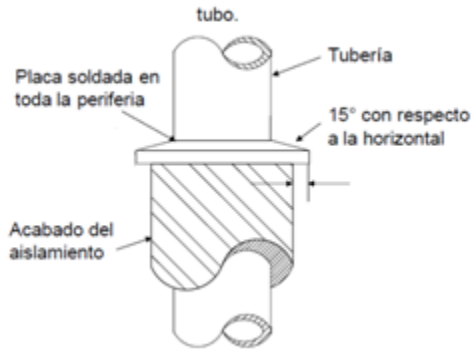


Figura C-3

C.26 Las válvulas deben aislarse hasta el bonete.

C.27 Las válvulas de bonete extendido para servicio frío, instaladas en la posición vertical o con una inclinación no menor a 45 con respecto a la vertical, deben aislarse aproximadamente a la mitad de la extensión (columna de gas), longitud que se puede incrementar hasta donde no se tenga formación de hielo o condensación de agua, debe mantenerse parte de la extensión del bonete sin aislar para la protección del material del prensaestopas. Ver figura C-4

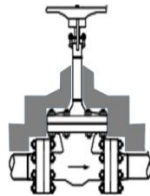


Figura C-4

C.28 Las tomas de instrumentos, se deben aislar y dejar visibles solamente las partes fundamentales

C.29 Las placas de datos e identificación sobre equipos o cualquier otra requerida visibles por autoridades, se deben dejar descubiertas. En servicios de bajas temperaturas donde se pueda presentar formación de hielo o condensación de agua, es recomendable fijarlas con soportes aislantes, de no disponer de estos, cubrirlas con el aislamiento térmico, indicando su ubicación y permitiendo remover solo la sección de la placa, sin afectar el resto del sistema de aislamiento térmico. Este resane será retirado y vuelto a colocar cada vez que se practique una inspección.

C.30 En los materiales rígidos granulares y celulares, se deben instalar juntas de expansión, para absorber el diferencial de crecimiento o contracción entre la superficie de la tubería o equipo y el material aislante. Deben instalarse entre dos puntos que fijen el aislamiento de un segmento recto de tubería o equipo. Por no instalar las juntas, en las superficies calientes por el mayor crecimiento del metal, pueden presentarse claros en las uniones circunferenciales con la consecuente fuga de calor y en superficies frías por la contracción del metal, ruptura del aislamiento con la consecuente formación de hielo o condensación de agua. Las juntas de expansión, deben ser compresibles, como los materiales fibrosos.

C.31 Los materiales a base de fibras minerales (fibra de vidrio y lana de roca), aerogeles y las espumas orgánicas no requieren de juntas de expansión

C.32 En superficies planas en la horizontal, se debe dejar la terminación del aislamiento térmico de forma cónica, con una pendiente de al menos 1 cm por metro para asegurar el libre escurrimiento del agua. Como es el caso de tapas planas y techos en equipos.

C.33 Cuando se usen láminas de acabado, estas, deben quedar ajustadas a la superficie del aislamiento térmico. No deben tener bolsas, deformaciones, sumida o forzadas por sus propios elementos de sujeción. Las láminas no deben entrar en contacto con la superficie caliente o fría.

C.34 El traslape en las láminas de acabado debe ser tal que permita el escurrimiento del agua, sin que esta penetre al material aislante, esto reduce riesgos de afectación y un deterioro prematuro del aislamiento térmico.

C.35 A las láminas lisas de acabado, se les debe hacer antes de su instalación un engargolado en toda su periferia, como se muestra en la figura C-5.

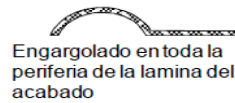


Figura C-5

C.36 La terminación de acabado en anillos atiesadores, y en juegos de bridas en la horizontal de válvulas o cualquier accesorio, se debe dejar una inclinación aproximada de 23 ° como se muestra en la figura C-6 para prevenir riesgo de penetración de agua.

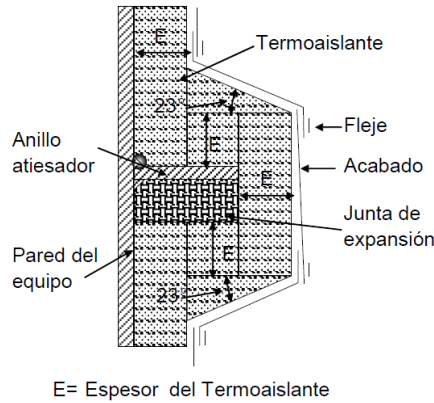


Figura C-6

C.37 En equipos y tuberías instalados en posición vertical, donde se instalen láminas de material de acabado, para evitar su deslizamiento, deben instalarse clips "S", que permiten fijar las láminas unas con otras, la separación máxima entre ellos debe ser de 30 cm. En los flejes para evitar su desplazamiento usar clips "J" con una separación máxima de 40 cm, un extremo fijarlo a la lámina y el otro soporta al fleje.

C.38 Instalar resortes en los elementos de fijación para absorber el incremento de diámetro en equipos que trabajen a altas temperaturas de operación. Para lo cual la fuerza del apriete no debe sobrepasar la elongación máxima permitida por los resortes. El uso de estos, debe ser especialmente considerada para materiales aislantes granulares y para superficies planas (equipos y tuberías con diámetros nominales mayores a 600 DN (24 NPS). Para efectos de referencia para valoración de su aplicación se anexa tabla C-1 del crecimiento del material en mm del metal por cada metro de longitud en función de la temperatura.

Tabla C-1
Crecimiento del material en mm por cada metro de longitud
Temperatura de referencia de 70°F (21.11°C)

Temperatura		Acero al Carbón C-Mo, bajo Cr hasta 3Cr-Mo		5Cr-Mo a 9Cr- Mo		Acero Inoxidable austenítico 18Cr-8Ni	
F	C	in/100 ft	mm/m	in/100 ft	mm/m	in/100 ft	mm/m
-325	-198.33	-2.37	-2.0	-2.22	-1.8	-3.85	-3.2
-275	-170.56	-2.11	-1.8	-1.98	-1.6	-3.41	-2.8
-225	-142.78	-1.85	-1.5	-1.74	-1.4	-2.96	-2.5
-175	-115.00	-1.58	-1.3	-1.50	-1.2	-2.50	-2.1
-125	-87.22	-1.30	-1.1	-1.23	-1.0	-2.01	-1.7
-75	-59.44	-1.00	-0.8	-0.94	-0.8	-1.50	-1.2
-25	-31.67	-0.68	-0.6	-0.63	-0.5	-0.98	-0.8
+25	-3.89	-0.32	-0.3	-0.30	-0.2	-0.46	-0.4
+70	+21.11	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
+125	+51.67	0.42	0.3	0.40	0.3	0.62	0.5

+175	+79.44	0.80	0.7	0.76	0.6	1.18	1.0
+225	+107.22	1.21	1.0	1.13	0.9	1.75	1.5
+275	135.00	1.61	1.3	1.52	1.3	2.32	1.9
+325	162.78	2.04	1.7	1.90	1.6	2.90	2.4
+375	190.56	2.48	2.1	2.30	1.9	3.50	2.9
+425	218.33	2.93	2.4	2.72	2.3	4.10	3.4
+475	+246.11	3.39	2.8	3.14	2.6	4.71	3.9
+525	+273.89	3.86	3.2	3.58	3.0	5.31	4.4
+575	+301.67	4.35	3.6	4.02	3.3	5.93	4.9
+625	+329.44	4.86	4.0	4.47	3.7	6.55	5.5
+675	+357.22	5.37	4.5	4.92	4.1	7.18	6.0
+725	+385.00	5.90	4.9	5.38	4.5	7.82	6.5
+775	+412.78	6.43	5.4	5.86	4.9	8.47	7.1
+825	+440.56	6.97	5.8	6.34	5.3	9.13	7.6
+875	+468.33	7.53	6.3	6.83	5.7	9.79	8.2
+925	+496.11	8.08	6.7	7.31	6.1	10.46	8.7
+975	+523.89	8.62	7.2	7.81	6.5	11.14	9.3
+1025	+551.67	9.17	7.6	8.30	6.9	11.82	9.8
+1075	+579.44	9.75	8.1	8.80	7.3	12.50	10.4
+1125	+607.22	10.31	8.6	9.28	7.7	13.18	11.0
+1175	+635.00	10.83	9.0	9.76	8.1	13.86	11.5

Referencia ASME B31.3

C.39 En caso de requerir soportes o accesorios soldados a la superficie a aislar, para fijar el sistema de aislamiento térmico, estos no deben alterar la integridad mecánica del equipo y deben tener la aprobación escrita del usuario.

C.40 En las láminas de acabado de tuberías y recipientes, se debe aplicar material de sello en todas las juntas circunferenciales, longitudinales o las que formen segmentos.

C.41 Cuando la superficie sea tan irregular que no admita aislamientos preformados o pre-cortados, con autorización del usuario, se podrá aislar con cemento monolítico, colocándolo en capas sucesivas de 10 mm y refuerzos intermedios de malla hexagonal hasta alcanzar el espesor deseado con acabado de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes. Para su selección deben consultarse las tablas de resistencia a los agentes químicos contenidas en su información.

C.42 Los puertos de inspección, solo son permitidos en servicios de alta temperatura y deben instalarse por requerimiento expreso del usuario. Estos lugares, tienen potencial de fuga de calor y penetración de agua. Solo deben ser abiertos para realizar la inspección y cerrarlos al concluir la actividad. Se debe verificar la instalación del aislamiento térmico y sello en las uniones para evitar el paso de agua.

C.43 Los aislamientos removibles, se debe usar:

- a) En sistemas a altas temperaturas. En sistemas de baja temperatura no son permitidos, el sistema debe tener barrera de vapor.
- b) Solo cuando se disponga de material de sello cuyo rango de servicio sea igual o menor de la temperatura de operación donde se instalara, lo anterior para sellar las caras donde concluye el aislamiento fijo e inicia el aislamiento removible.
- c) En los lugares de mantenimiento o inspecciones frecuentes, como juegos de bridas de juntas ciegas, de válvulas, registros hombre, tapas de cambiadores o de equipos con superficies irregulares como bombas (ve figura C-7), turbinas, compresores, indicadores de nivel y juntas de expansión.

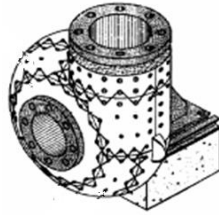


Figura C-7

C.44 Los aislamientos removibles, deben tener un espesor igual o mayor al del material del aislamiento térmico especificado en la tubería adyacente con mayor espesor de aislamiento y se deben proporcionar los dibujos suficientes para su instalación, cuando esté compuesto por múltiples piezas, cada una de ellas debe contar con su propia etiqueta.

C.45 El aislamiento removible debe tener y conservar una etiqueta de identificación que corresponda a la identificación del equipo válvula o accesorio donde se instalara. Cuando se trate de piezas múltiples, ninguna de ellas debe pesar más de 25 kg, no debe haber deslizamiento o asentamiento del aislamiento térmico dentro del forro contenedor. El material aislante debe ser cubierto en su totalidad por una lona de material ignífugo y ser impermeable, de manera que no sea combustible y mantenga seca la superficie metálica para evitar la corrosión.

C.46 En los aislamientos removibles, debe cubrir el espacio para la instalación y/o retiro de elementos sujetadores como espárragos, tornillos o birlos en juegos de bridas.

C.47 Protección al personal, se debe proteger por riesgo de quemaduras a las superficies a menos de 2.15 m arriba del nivel de piso o distantes 0.60 m o menos de extremos u orillas de andadores, pasillos o plataformas y cuya temperatura de superficie sea igual o mayor a 333 K (60°C). Cuando dos secciones estén separadas por una distancia menor a 2.5 m, el aislamiento deberá hacerse continuo. Barreras de protección personal podrán ser usadas en sustitución de aislamientos.

C.48 En los soportes en tuberías el aislamiento, debe quedar instalado de manera continua. Los traslapes del material de acabado del soporte, deben estar en posición que eviten la penetración de agua

C.49 Cuando se instalen trazas o venas de vapor o eléctricas, estas deben estar fijas antes de la colocación del sistema de aislamiento térmico. Es conveniente instalar láminas o cementos transmisores. No debe rellenarse el hueco traza o vena con la tubería.

Apéndice D

Criterio para elaborar un censo de tuberías y equipos con aislamiento térmico para servicios para alta y baja temperatura.

D.01 El censo debe contener al menos:

- a) Datos de la instalación
- b) Número progresivo
- c) Números de identificación y nombre de los diagramas de tubería e instrumentación de la instalación, tanto de proceso como de servicios auxiliares, donde se indique tuberías (líneas) y equipos con aislamiento térmico para conservación de calor en servicios para alta y baja temperatura.
- d) Número de línea y de identificación de equipos, registrados en los diagramas de tubería e instrumentación, con aislamiento térmico para conservación de calor en servicios para alta y baja temperatura
- e) Las temperaturas de diseño para cada una de las líneas y equipos.

D.02 El censo debe incluir la totalidad de las tuberías y equipo que forman parte de las instalaciones, independientemente que estas estén seccionadas o divididas.

D.03 Cuando la instalación este dividida en varias unidades o plantas, cada una debe disponer de su censo. En el caso de corredores de tuberías que interconectan a las unidades o plantas, estos deben tomarse como una unidad.

D.04 Elaborar isométricos de las líneas (tuberías) con aislamiento térmico, registradas en el censo.

D.05 Los isométricos deben ser identificados, con la designación del número de línea (tubería) mostrada en el diagrama de tubería e instrumentación.

D.06 En caso de incluir dos líneas (tuberías) en un mismo isométrico, se debe tener las dos designaciones de los números de línea mostrada en el diagrama de tubería e instrumentación.

D.07 Cuando se represente una misma línea (tubería) en dos o más isométricos, después de la designación del número de línea mostrada en el diagrama de tubería e instrumentación, indicar hoja "número" de "número total de hojas".

D.08 Los isométricos adicionalmente a la trayectoria mostrada y al número de identificación, deben contener al menos la siguiente información:

- a) Nombre de la instalación y de la unidad en caso de estar formada por varias unidades
- b) Diagrama(as) de tubería e instrumentación donde se hace referencia a la tubería.
- c) Diámetro nominal de la tubería
- d) Material de la tubería de manera genérica (acero al carbón, acero de media/baja aleación, acero inoxidable u otro material especificó).
- e) Temperatura de diseño
- f) Temperatura de operación
- g) Temperatura ambiente (usada para el diseño)
- h) Temperatura de superficie estimada en el cálculo.
- i) Velocidad del viento con que se diseñó el aislamiento.
- j) Humedad relativa con que se diseñó el aislamiento.
- k) Emisividad del material de acabado (usada en el diseño)
- l) Conductividades térmicas en función de temperaturas, manifestada por el fabricante.
- m) Espesor del aislamiento térmico.
- n) Pérdida de calor estimada por metro lineal de tubería hasta diámetros de 30 pulgadas y por metro cuadrado para tuberías en diámetro mayor a 30 pulgadas y para superficies planas. Lo anterior bajo el método ASTM C680:2014
- o) Nombre genérico del aislamiento térmico.
- p) Nombre del fabricante del aislamiento térmico.
- q) Fecha de instalación.

D.09 Los isométricos deben ser elaborados en hoja en la horizontal y con el norte hacia la esquina superior derecha de la hoja o llevados de manera electrónica y con un listado donde se haga referencia al número de línea, donde se anexe la información indicada.

D.10 Cada equipo registrado en el censo, debe tener su dibujo del arreglo general, con la designación del número de identificación mostrada en el diagrama de tubería e instrumentación.

D.11 Los dibujos del arreglo general de cada equipo, deben contener al menos la siguiente información:

- a) Nombre de la instalación y de la unidad en caso de estar formada por varias unidades

- b) Diagrama(as) de tubería e instrumentación donde se hace referencia al equipo.
- c) Material del equipo de manera genérica (acero al carbón, acero de media/baja aleación, acero inoxidable u otro material específico).
- d) Temperatura de diseño
- e) Temperatura de operación
- f) Temperatura ambiente (usada para el diseño)
- g) Temperatura de superficie estimada en el cálculo.
- h) Velocidad del viento con que se diseñó el aislamiento.
- i) Humedad relativa con que se diseñó el aislamiento.
- j) Emisividad del material de acabado (usada en el diseño)
- k) Conductividades térmicas en función de temperaturas, manifestada por el fabricante.
- l) Espesor del aislamiento térmico.
- m) Pérdida de calor estimado por metro cuadrado. Lo anterior bajo el método ASTM C680:2014
- n) Nombre genérico del aislamiento térmico.
- o) Nombre del fabricante del aislamiento térmico.
- p) Fecha de instalación.

D.12 Los dibujos del equipo pueden estar en electrónico y con un listado donde se referencie con el número de identificación, donde se anexe la información indicada.

Apéndice E

Criterios para la medición de temperatura de superficie del sistema de aislamiento térmico.

E.01 Para las mediciones de temperaturas de superficie, es importante que se considere la influencia de las condiciones que prevalecen en el medio ambiente, al realizar las mediciones de temperatura en la superficie del sistema de aislamiento térmico, como es el efecto de la radiación solar o la lluvia, que tienen efectos que no son considerados en el método de evaluación.

E.02 Debido a que la temperatura de superficie puede verse afectada por la influencia de la radiación solar, antes de realizar las mediciones de temperatura, debe cubrirse el área de medición con cualquier objeto que evite que el rayo del sol incida directamente sobre la superficie.

E.03 Las mediciones de temperatura, deben realizarse con termómetros o pirómetros de contacto. Pueden usarse cámaras termográficas como ayuda para detección de puntos calientes, sin embargo para efecto de registro, solo serán válidas las temperaturas registradas por contacto.

E.04 Deben usarse equipos de medición de temperatura debidamente calibrados.

E.05 Las zonas donde se realizaron las mediciones deben quedar identificadas en los isométricos de las tuberías y dibujos de arreglo general de los equipos para que sirvan de referencia y en futuras mediciones se tomen las temperaturas en la misma área.

E.06 Las mediciones realizadas deben estar acompañadas de fotografías, que servirán de evidencias para soportar la información registrada.

E.07 Las mediciones de temperatura deben realizarse, sobre segmentos en tuberías.

E.08 Para efecto de esta NOM, se considera un segmento de tubería, un tramo de tubería no mayor a 50 metros de longitud con un mismo número de línea, cuando se ubiquen dentro de unidades de proceso y de 100 m metros de longitud con un mismo número de línea, cuando se ubiquen en áreas de integración.

E.09 Se deben registrar cuando menos una mediciones de temperatura por segmento.

E.10 En caso en que la línea tenga trayectorias en la horizontal y en la vertical, deben tomarse por segmento una lectura en la horizontal y otra en la sección vertical.

E.11 En el caso de las tuberías en la vertical debe indicarse la coordenada donde se toma (norte, sur, este y oeste).

E.12 Para las tuberías en la horizontal en servicio de alta temperatura, debe tomarse en la parte superior o del lomo del tubo, donde se puede presentar reducción de espesor por deterioro del aislamiento térmico.

E.13 Cuando a una misma tubería, se instalen aislamientos térmicos diferentes o de fabricantes diferentes, se deben considerar como dos segmentos independientes y deben evaluarse de manera independiente. Ver figura E-2

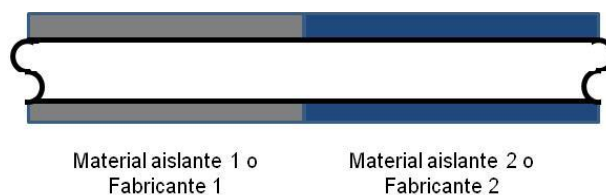


Figura E-2

E.14 En los equipos, se debe analizar y definir los puntos a revisión de manera que se seleccione, las zonas con mayor o menor temperatura, lo anterior cuando se tengan diferentes perfiles de temperaturas en superficies calientes o frías.

E.15 Las mediciones de las temperaturas de superficie, deben ser lo más cercano a donde se tengan instalados instrumentos de medición de la temperatura.

E.16 Para el caso de los equipos en la vertical (recipientes), deben tomarse las temperaturas en el domo y fondo. En puntos intermedios, cuando se tenga instalado en el equipo instrumentos para medir la temperatura de operación.

E.17 Para el caso de equipos en la horizontal, deben tomarse en el lomo y fondo.

E.18 En reactores o cambiadores de calor, debe evaluarse la zona donde se maneje el fluido con mayor temperatura o menor de acuerdo al servicio.

E.19 En el caso de tanques, deben tomarse mediciones en el cuerpo y cúpula, las mediciones en el cuerpo deben ser en la parte baja para tomar la fase líquida.

E.20 Adicional a la medición de las temperaturas superficies, se deben medir y registrar las temperaturas de operación, la temperatura del medio ambiente, la velocidad del viento y la emisividad de la superficie de cada punto donde se realiza la medición. La humedad relativa podrá ser la reportada en el servicio meteorológico el día de la medición.

Apéndice F

Inspecciones oculares a los sistemas de aislamientos térmicos

F.01 Realizar inspecciones oculares a los sistemas de aislamientos térmicos al menos una vez por año, donde se verifique su buen estado y se corrijan las observaciones que puedan afectar el desempeño térmico. Deben registrarse las anomalías observadas como: secciones faltantes de aislar o sin el material de acabado, deformaciones por el abuso mecánico, partes desprendidas, falta o deterior del sello en el material de acabado para evitar la penetración de agua, escurrimientos de agua, áreas lamosas, vegetación, formaciones de hielo, entre otras. Se deben registrar en los isométricos o planos del equipo, los lugares donde se identificaron las observaciones y la fecha en que se identificaron, darles seguimiento hasta su corrección y registrar la fecha de atención.

F.02 En caso de identificarse zonas sin aislamiento como: venteos, secciones de tubería, válvulas, juegos de bridas, bombas u cualquier otro accesorio o equipo, debe estimarse el área sin aislamiento y evaluarse la pérdida de energía y el costo que representa a la instalación. Así mismo se deben establecer acciones para la reinstalación del aislamiento y para erradicar las malas prácticas. Estas desviaciones deben quedar registradas en los isométricos o planos del equipo, incluyéndose la fecha en que se identificó y dio atención.

F.03 Registro que evidencie, se dio atención oportuna a las observaciones detectadas en la inspección ocular del sistema de aislamiento térmico.

F.04 Antes de realizar las mediciones de temperatura de superficie del sistema de aislamiento térmico, debe inspeccionarse la tubería e identificar zonas con aislamiento faltante, deformaciones en el acabado, escurrimientos de agua, o alguna otra causa que puede mermar la eficiencia del sistema. Zonas que adicionalmente deben incluirse en las mediciones de temperatura.

F.05 Cuando sea retirado el sistema de aislamiento térmico motivo de una fuga, una vez reparadas debe restituirse el aislamiento. En los casos donde al momento de la visita de una autoridad se tenga presente la fuga y no se tenga instalado el aislamiento. El usuario debe mostrar las acciones que está tomando para su corrección, las cuales deben incluir un programa de atención con un periodo de tiempo definido. Una vez concluida la reparación y restituido el aislamiento, debe notificar con un periodo no mayor a 30 días a la unidad verificadora, para que cierre la observación.

Apéndice G

Selección de tuberías a revisión de temperatura de superficie.

Datos de la instalación o planta				
Rango de temperatura	Número consecutivo	Número de la línea registrada en el censo	Temperatura de operación en °C	Número de la línea seleccionada para medir temperatura de superficie
De +650°C Hasta +550°C	1			
	2			
	N			
Menor de +550°C Hasta +450°C	1			
	2			
	N			
Menor de +540°C Hasta +350°C	1			
	2			
	N			
Menor de +350°C Hasta +250°C				
Menor de +250°C Hasta +150°C	1			
	2			
	N			
Menor de +150°C Hasta +25°C	1			
	2			
	N			
Menor de +25°C Hasta -50°C	1			
	2			
	N			
Menor de -50°C Hasta -100°C	1			
	2			
	N			
Menor de -100°C Hasta -150°C	1			
	2			
	N			
Menor de -150°C Hasta -200°C	1			
	2			
	N			