

<p>N° de documento: PROY-NRF-034-PEMEX-2002</p>	 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>
<p>Rev.: 0</p>	
<p>Fecha: 20 de Marzo de 2002</p>	<p>SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX- EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN</p>
<p>PÁGINA 1 DE 47</p>	

**AISLAMIENTOS TERMICOS PARA ALTAS
TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y
TUBERIA SUPERFICIAL**

PROYECTO NO AUTORIZADO PARA APLICACIÓN

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 2 DE 48

HOJA DE APROBACIÓN.

ELABORA:

ING. MANUEL PACHECO PACHECO
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:

ING. LUIS RAMÍREZ CORZO
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX-EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:

ING. RAFAEL FERNÁNDEZ DE LA GARZA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

PROYECTO NO AUTORIZADO PARA APLICACIÓN

CONTENIDO

CAPITULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE.....	4
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
4. ACTUALIZACIÓN.....	5
5. REFERENCIAS.....	5
6. DEFINICIONES.....	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	6
8. DESARROLLO.....	7
8.1 Generalidades.....	7
8.2 Materiales.....	7
8.3 Diseño.....	12
8.4 Máxima transferencia de calor.....	13
8.5 Especificaciones de montaje.....	13
8.6 Selección y colocación de acabados.....	26
8.7 Requisiciones de material.....	29
8.8 Termoaislantes removibles.....	30
8.9 Termoaislantes para anticongelación.....	30
8.10 Inspección, seguridad y protección ambiental.....	31
8.11 Inspección final.....	32
8.12 Criterios de mantenimiento.....	33
8.13 Suministro, transportación manejo y almacenaje.....	35
9. RESPONSABILIDADES.....	36
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....	38
11. BIBLIOGRAFÍA.....	38
12. ANEXOS.....	38
12.A Ejemplo de calculo.....	
12.3 Tablas de espesores de máxima transferencia de calor.....	

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 4 DE 48

0. INTRODUCCIÓN.

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios, existe la necesidad de aislar térmicamente equipos y tubería superficial que manejan fluidos con altas temperaturas.

Por lo tanto, dentro de esta norma de referencia se definen las características que debe cumplir el material termoaislante respecto al diseño, instalación y mantenimiento, seguridad y protección ambiental, a fin de seleccionar y contar con un sistema de aislamiento térmico eficiente y duradero, de acuerdo a las características de las instalaciones a las que se destinen.

Lista de participantes:

Pemex Exploración y Producción

Petróleos Mexicanos

Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex.Petroquímica

Pemex Refinación

Instituto Mexicano del Petróleo

Aistermi S.A. de C.V.

Aislantes Minerales S.A. de C.V.

Aislamientos Comerciales e Industriales S.A. de C.V.

1. OBJETIVO.

Esta norma tiene como propósito abatir, con el uso de aislamiento térmico, las pérdidas de energía por disipación al ambiente en instalaciones industriales que operen con altas temperaturas. Así mismo, establece los requisitos mínimos generales para la selección, diseño, montaje, inspección y mantenimiento de un sistema termoaislante.

2. ALCANCE.

Esta norma de referencia establece los requisitos mínimos para la aplicación de aislamientos térmicos de alta temperatura con rango de 310 K (37°C) a 1088 K (815°C). Evitar riesgos en la salud de los trabajadores y minimizar el riesgo de impacto ambiental que éstos representan para las instalaciones donde se aplican estos materiales.

Limitaciones.

No se cubren sistemas termoaislantes a base de materiales reflectivos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 5 DE 48

No se contemplan en el contenido de esta norma:

?? Protección contra fuego.

?? Aislamiento térmico para edificios, refrigeradores, aire acondicionado y equipos de ventilación.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición y contratación de los bienes y servicios, que se lleven a cabo en los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, con el propósito, de utilizar en sus instalaciones termoaislantes para altas temperaturas. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PEP, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, procederá a inscribirla en el programa anual de Normalización de Pemex. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, al menos cada 5 años o antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Pemex Exploración y Producción.

Subcomité Técnico de Normalización.

Bahía de Ballenas # 5, Edificio "D", 9° Piso.

Col. Verónica Anzures.

11311 México, D.F.

Teléfono directo: 55-45-20-35.

Conmutador: 57-22-25-00, extensión: 3-26-90.

5. REFERENCIAS.

NOM-009-ENER-1995 Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales editada en el Diario Oficial el 08 de Noviembre de 1995.

NOM-008-SCFI-1993 Sistema general de unidades de medida.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 6 DE 48

6. DEFINICIONES.

Para los efectos de esta norma de referencia, aplican las definiciones de la NOM-009-ENER-1995, además de las siguientes:

6.1 Código equivalente.

Se refiere a un documento que exija el cumplimiento de las características propias del material, en nivel cuantitativo igual o superior, al propuesto en esta NRF.

6.2 Difusividad térmica.

Es la velocidad con que un termoaislante gana o pierde calor y su temperatura se modifica a través de él.

6.3 pH

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en gramos equivalentes por litro. Se mide en una escala de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro. Las sustancias ácidas reportan valores por abajo de 7 y las alcalinas por arriba de 7.

6.4 Temperatura ambiente. (Ta).

Es la temperatura del aire en el medio circundante al lugar donde se encuentra situado el sistema termoaislante.

De acuerdo con los datos meteorológicos de la zona de referencia, la temperatura ambiente para diseño se toma de la siguiente manera:

- Para control de temperatura de operación se toma la mínima anual.
- Para definir espesor económico se toma la mínima promedio anual.
- Para control de temperatura de superficie por seguridad industrial se toma la máxima anual.
- Para conservación de energía se toma la mínima promedio anual.

6.5 NOM-009

Se refiere a la Norma Oficial Mexicana "Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales".

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)
CFC's	Compuestos de fluoruro - carburado
SENER	Secretaría de Energía
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (National Fire Protection Association)
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
pH	Potencial hidrógeno

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 7 DE 48

ppm	Partes por millón
PEP	Pemex Exploración y Producción
NRF	Norma de referencia

Para los efectos de esta norma con relación a: simbología y valores de unidades de medida, referirse a la NOM-008 SCFI-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".

8. DESARROLLO.

8.1 Generalidades.

Para los efectos de esta norma con relación a: Control de la temperatura de proceso (CTP), Espesor económico. (EE), Protección al personal. (PP) y Conservación de energía (CE), aplican los conceptos contenidos en la NOM-009-ENER-1995.

8.2 Materiales.

8.2.1 Materiales termoaislantes.

Los tipos de termoaislantes que deben aplicarse son:

8.2.1.1 Para equipo: Colcha termoaislante de lana de roca con armado metálico en ambas caras. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Densidad promedio 144 kg/m³. Conductividad térmica 0.054 kCal-m/h-m²-°C a una temperatura promedio de 523 K (250 °C). Presentación: Colchas de 0.61 x 2.44 m. Referencias: ASTM C 592 Clase II (o un código equivalente) y NOM 009 Código NC 8.

Placa termoaislante aglutinada semirígida de fibra mineral de lana de roca. Temperatura máxima de servicio 923 K (650° C). Densidad promedio 128 kg/m³. Conductividad térmica 0.066 kCal-m/h-m²-° C a una temperatura promedio de 573 K (300 °C). Presentación: placas de 0.61 x 1.22 m. Referencias: ASTM C 612 Clase II y IV (o un código equivalente) y. NOM 009 Código NC 7.

Cemento termoaislante de lana de roca. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Rendimiento 6.6 kg/m² en película seca de 10 mm de espesor. Conductividad térmica 0.1288 kCal-m/h-m²-° C a una temperatura promedio o de 589 K (316 °C). Presentación: bolsas de 25 kg. Referencias: ASTM C 449 88, (o un código equivalente) Norma NOM 009 Código M A 2.

Placa rígida de fibra mineral de lana de roca. Temperatura máxima de servicio 1308 K (1035 °C). Densidad promedio 280 kg/m³. Conductividad térmica 0.09801 kcal-m/h-m²- °C a una temperatura promedio de 755 K (482 °C). Presentación placas de 0.305 x 0.914 m. Referencias: ASTM C 612 Clase V, (o un código equivalente) y Norma NOM 009 Código NC 7 Clase V.

Placa rígida de perlita expandida. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Densidad promedio 192 - 224 kg/m³. Conductividad térmica 0.06556 kcal-m/h-m²-° C a una temperatura promedio de 523 K (250 °C). Absorción e humedad: 0.00%. Encogimiento lineal: <2.0% a 923 K (650 °C) y 24 horas. Resistencia a la compresión: 414 kpa (60 lb/in²). Resistencia a la flexión: 310 kpa (45 lb/in²) Presentación: placas de 0.152, 0.305 y 0.457 de ancho por 0.914 m de largo. Referencias: ASTM C 610, (o un código equivalente) Norma NOM 009 Código NC 9.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 8 DE 48

8.2.1.2 Para tuberías: Preformado de lana de roca. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Densidad promedio 128 kg/m³. Conductividad térmica 0.04954 kcal-m/h-m²-° C a una temperatura promedio de 477 K (204 °C). Presentación: medias cañas de 0.914 m de largo. Referencias: ASTM C 547 Clase 3, (o un código equivalente) Norma NOM 009 Código NC 6 Clase III.

Preformado de perlita expandida. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Densidad promedio 192 - 224 kg/m³. Conductividad térmica 0.06556 kcal-m/h-m²-° C a una temperatura promedio de 523 K (250 °C). Relación silicato de sodio/cloruros solubles: Mucho mayor que 20. Absorción de humedad: 0.00%. Encogimiento lineal: <2.0% a 923 K (650 °C) y 24 horas. Resistencia a la compresión: 414 kpa (60 lb/in²). Resistencia a la flexión: 310 kpa (45 lb/in²). Presentación: medias cañas de 0.914 m de largo. Referencias: ASTM C 610, (o un código equivalente) Norma NOM 009 Código NC 9.

Colcha termoaislante de lana de roca con armado metálico en una cara. Temperatura máxima de servicio 923 K (650 °C). Densidad promedio 144 kg/m³. Conductividad térmica 0.054 kcal-m/h-m²-°C a una temperatura promedio de 523 K (250 °C). Presentación: Colchas de 0.61 y 0.914m de ancho y longitud equivalente al perímetro de la tubería aislada. Referencias: ASTM C 592 Clase II, (o un código equivalente) Norma NOM 009 Código NC 8.

Para tuberías sometidas a fuerte vibración y elevada temperatura 673 K (400 °C), deben utilizarse termoaislantes prefabricados de lana de roca o perlita expandida en lugar de colchas fibrosas, por su mayor resistencia mecánica

Adicionalmente a las especificaciones básicas mencionadas, los termoaislantes de lana de roca deben reunir las siguientes características.

- I.- Contenido de cloruros solubles máximo 60 ppm
- II.- Contenido máximo de material no convertido a fibra (shot) sobre malla No.100 US 25.0 %
- III.- Contenido máximo de aceite. (Pérdidas por ignición) 1.0 %
- IV.- Azufre máximo 1.5 %
- V.- Mezcla de fibras minerales de escoria de fundición y de origen basáltico con predominio de estas últimas.

Adicionalmente a las especificaciones básicas mencionadas, los termoaislantes de perlita expandida deben reunir las siguientes características.

- I.- Mínimo 20 ppm de silicato de sodio/1.0 ppm de cloruros solubles
- II.- pH mínimo: 8.5
- III.- Contenido de cloruros solubles máximo 800 ppm.

Con estos puntos se asegura que no provocará corrosión bajo esfuerzo, picadura (pitting) en el acero inoxidable.

- IV.- Contenido de fibras de asbesto: 0 %.
- V.- Impermeabilidad total.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 9 DE 48

8.2.2 Propiedades de los Termoaislantes.

Propiedades que deben tener un termoaislante de forma que pueda satisfacer los requisitos específicos de un proyecto determinado. Debe considerarse que el comportamiento de los termoaislantes en el campo no es el mismo que en el laboratorio.

8.2.2.1 Límites de temperatura. Deben usarse termoaislantes con amplio rango de temperatura de aplicación que cubran los requerimientos de proceso, servicios auxiliares e integración de plantas típicas de Pemex. Los termoaislantes deben mantener sus propiedades, aún sometidos a temperaturas extremas. Después de 96 horas operando en ésta condición, no debe presentar grietas, roturas, combamientos, alabeos o disminución de espesor.

8.2.2.2 Conductividad térmica. Necesaria para calcular la transferencia de calor y con base en ello determinar la calidad o eficiencia del termoaislante. Debe ser constante a través de la vida útil del mismo.

8.2.2.3 pH. Se requiere que los termoaislantes y materiales complementarios sean, en seco, ligeramente alcalinos. Se debe evitar el uso de materiales que al humedecerse adquieran condiciones de acidez para evitar corrosión.

8.2.2.4 Inspección visual. Debe efectuarse a la entrega del trabajo, pues es común que un sistema termoaislante maltratado y de mala apariencia, opere de forma deficiente con excesiva transferencia de calor. Ocurre cuando el termoaislante es de baja densidad.

8.2.2.5 Capilaridad. En los casos que pueda hacer contacto con líquidos peligrosos o inflamables, o en áreas de lavado frecuente. Debe prevenirse hermetizando el sistema termoaislante.

8.2.2.6 Combustibilidad. Los termoaislantes no deben contribuir a la propagación del fuego.

8.2.2.7 Resistencia a la compresión. Es importante cuando el termoaislante pueda verse sometido a cargas o abuso mecánico que lo deformen. En estos casos debe evitarse el uso de termoaislantes fibrosos de baja densidad. Por otra parte debe considerarse que la resistencia a la compresión varía con la temperatura.

8.2.2.8 Densidad. Es importante por su efecto sobre las propiedades del termoaislante. La resistencia a la compresión y flexión y la conductividad térmica son características varían con la densidad. Aunque debe ser considerada para diseño de tuberías y recipientes como un peso muerto adicional, los termoaislantes no deben ser de baja densidad.

8.2.2.9 Estabilidad dimensional. Es la propiedad que indica la habilidad del termoaislante para conservar su forma y tamaño frente al envejecimiento, o cuando esta sujeto a temperatura constante o cambiante, por lo que debe considerarse en el diseño. Se distingue de la expansión/contracción por temperatura, porque es permanente. Produce efectos adversos en el Sistema Termoaislante y reduce su vida útil.

8.2.2.10 Procreación de hongos y bacterias. Sobre el sistema termoaislante no deben generarse microorganismos.

8.2.2.11 Transmisión de sonido. A mayor densidad del termoaislante, menor será su coeficiente de transmisión de ruido. Debe considerarse en el tratamiento de tuberías con manejo de fluidos a muy alta presión y velocidad, en expansiones y contracciones de tubería. En estos casos deben utilizarse termoaislantes de alta densidad.

8.2.2.12 Toxicidad. Puede presentarse por la emisión de gases venenosos durante la combustión, y por contacto, o ingestión. Así mismo se presenta riesgo de silicosis en el manejo y corte de termoaislantes granulares

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 10 DE 48

e incrustaciones carcinógenas con fibrosos de fibra muy delgada por lo que debe tomarse en cuenta los requerimientos de la LGEEPA.

8.2.2.13 Higroscopía. Es la tendencia de un material a absorber vapor de agua de la humedad ambiental.

Debe evitarse el uso de materiales higroscópicos, ya que la presencia de agua genera soluciones de sustancias arrastradas por el vapor ambiental como cloruros, nitratos y sulfatos, provocando corrosión sobre acero al carbón y por su capacidad ionizante, la provoca sobre acero inoxidable.

8.2.2.14 Expansión. Propiedad que define el cambio dimensional de un material, termoaislante, tubería o equipo, cuando su temperatura cambia. Este cambio es reversible. El coeficiente debe ser tomado como base para definir separación en juntas de expansión.

Al poner un equipo en operación a alta temperatura la expansión puede hacer que la distancia entre dos boquillas aumente drásticamente y dañe al Sistema Termoaislante.

Esto hace indispensables las juntas de expansión cuya dimensión y distanciamiento deben ser definidos con base en el coeficiente de expansión respectivo.

8.2.2.15 Resiliencia. Propiedad típica de los termoaislantes fibrosos por la cual recuperan su forma y dimensión cuando desaparece la fuerza deformante. Debe considerarse en el relleno de juntas de expansión.

8.2.2.16 Resistencia a la vibración. Los termoaislantes fibrosos de baja densidad como la fibra de vidrio son proclives a sufrir desgaste y asentamiento al estar sujetos a la natural vibración de la tubería o equipo en operación. Esta resistencia aumenta al incrementarse la densidad. Los termoaislantes granulares, en cambio, tienden a sufrir desgaste por erosión. Disminuye en tanto mejor aglutinado esté el termoaislante granular y cuanto más ajustado quede a la superficie metálica.

8.2.2.17 Calor específico. Característica que implica intercambio térmico entre la masa termoaislante y el sustrato metálico. La cantidad de calor transferida depende de la densidad del termoaislante, por lo que debe ser considerado en el diseño.

8.2.3 Materiales complementarios de sujeción y acabado.

Para los efectos de esta norma, aplican los materiales de la NOM-009 que no están incluidos en este documento.

8.2.3.1 Sujeción. Para sujetar el aislamiento térmico deben utilizarse los materiales indicados en esta norma, los cuales deben contar con la codificación del tubo o equipo y complementarse con la soportería.

- ?? MS-1 Perno autosoldable de acero al carbono cobrizado de doble punta. Calibre 3.17 mm. Longitud por lo menos 13 mm más que el espesor termoaislante Tipo P-2P. Para temperaturas de 673 K (400°C) y mayores, los pernos serán de acero inoxidable. Se colocan 8 a 10 piezas/m²
- ?? MS-2 Clip sujetador de acero galvanizado. Rectangular de 25 x 31.8 mm o circular de tamaño equivalente. Calibre 22 con barrena de 3.17 mm. 8 a 10 piezas/m². Para temperaturas de 673 K (400°C) y mayores, serán de acero inoxidable. Se colocan 8 a 10 piezas/m².
- ?? MS-7 Fleje de acero inoxidable AISI 304, ASTM A-240 (o un código equivalente). Calibre 0.51 mm y ancho 19 mm. Uno cada 30 cm. Para sujetar termoaislante. Peso aproximado 0.077 kg/m.
- ?? MS-10 Resortes tensores de acero inoxidable Aleación T 302. Longitud 122 mm. Diámetro 18 mm. Calibre del alambre del resorte 2.6 mm. Elongación máxima 235 mm con 100 kg de carga. Tipo RPR INSULMATE/ES-7 o equivalente.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 11 DE 48

8.2.3.2 Acabado. Se utiliza para proteger el termoaislante del clima y el abuso mecánico. Debe utilizarse con la codificación correspondiente.

- MA-3 Emulsión asfáltico-acuosa tipo mastic. Reforzado. Permeable al vapor de agua. Rendimiento aproximado 2.5litros/m². Tiempo de secado medio de 1 a 8 horas y total de 36 horas. Cubetas de 19 litros o tambores de 200 litros. Tipo H.I. Mastic 90 07 o Mastic AMG - AT.
- MA-4 Malla de poliéster tratada. 10 hilos de pie y 10 hilos de trama. (100 cuadros/in²). Rollos de 0.89 x 91.5 m. MAST-A-FAB (Foster). O equivalente.
- MA-5 Lámina de aluminio lisa. Aleación 3105. Dureza H 14 . ASTM B 209. Espesor 0.61. Ancho 914 mm. Peso aproximado 1.647 kg/m². Con recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico integrado a base de papel kraft con película de polietileno. Para protección contra intemperie. Tipo RPR. INSULMATE o equivalente.
- MA-6 Lámina lisa de acero inoxidable AISI 304(o un código equivalente). ASTM A 167(o un código equivalente). Calibre 0.38 mm para equipo y 0.33 mm para tubería. Peso aproximado 3.11 y 2.70 kg/m².
- MA-7 Fleje de aluminio. Aleación 3105. Dureza H 14. Espesor 0.635 mm. Ancho 19 mm. ASTM B 209(o un código equivalente). Peso aproximado 0.0335 kg/m.
- MA-8 Fleje de acero inoxidable AISI 304(o un código equivalente), ASTM A-240(o un código equivalente). Calibre 0.51 mm y ancho 19 mm. Tipo RPR INSULMATE o equivalente. Uno cada 30 cm. Para sujetar el encaquetado de aluminio en tuberías o equipo.
- MA-9 Pija de acero inoxidable AISI 304 18-8 austenítico (o un código equivalente). Cabeza plana hexagonal ranurada. Diámetro 3.0 mm. Largo 19 mm. Con roldana metálica de ajuste y arandela de hule butilo. Colocar una cada 15 cm.
- MA-10 Sello para fleje de acero inoxidable. Aleación AISI 304 (o un código equivalente). ASTM A 167(o un código equivalente). Ancho 19 mm.
- MA-11 Sello para fleje de aluminio. Aleación 3105. Dureza H 14. Ancho 19 mm.
- MA-12 Malla de alambre de acero galvanizado por inmersión en caliente. Trama hexagonal con diamante de 13 mm en alambre calibre 23. Rollos de 0.914 x 45 m. Para anclar el repellado de cemento monolítico en accesorios.
- MA-13 Barrera contra el clima a base de polímeros. Color blanco. Permeancia 0.08 perm. Resistente al fuego. Tiempo de secado de 3 a 48 horas. Contenido de sólidos 32% en volumen. Rendimiento aproximado 2.3 litros/m².
- Nota: La aplicación de este recubrimiento en alta temperatura exige que el termoaislante esté totalmente seco, ya que es relativamente, barrera retardante al paso de vapor.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 12 DE 48

- MA-14 Emulsión polimérica resistente al fuego. Reforzado y permeable al vapor de agua. Rendimiento aproximado 0.6 litros/m². Tiempo de secado de 1 a 4 horas. Cubetas de 19 l o tambos de 200 l. Las emulsiones acrílicas o poliméricas serán preferidas sobre las asfálticas en los casos en los que la instalación presente riesgo de incendio.

8.2.3.3 Otros materiales. Se deben usar materiales tales como: OM-2. Lana de roca suelta para relleno de juntas de expansión. Densidad 64 kg/m³. Temperatura límite de servicio 913 K (640°C). ASTM C 592167(o un código equivalente). Bolsas de 14 kg.

8.3 Diseño.

8.3.1 Cálculo de transferencia de calor.

El procedimiento de cálculo para predecir la pérdida de calor y las temperaturas de superficie en equipos o tuberías aisladas, se basa en que el sistema aislante es "homogéneo"; entendiéndose por sistema homogéneo al espesor total en una o más capas, de un mismo tipo de termoaislante. Un ejemplo de cálculo se ubica en 12.1,

Superficies planas. Equipos.

Ecuación general de cálculo.

$$Q = \frac{T_{op} - T_a}{E/k + 1/f} \quad (1)$$

Donde:

Q: Transferencia de calor [W/m²] [kCal/h-m²]

T_{op}: Temperatura de operación [K] [°C]

T_a: Temperatura ambiente [K] [°C]

E: Espesor termoaislante [m]

k: Conductividad térmica [W/m-K] [kCal-m/h-m²-°C]

1/f: Resistencia térmica de la película de aire. [m²-K/W] [h-m²-°C/kCal]

$$f = h_r + h_c$$

h_r: Coeficiente de disipación de calor por radiación. [m²-K/W] [h-m²-°C/kCal]

h_c: Coeficiente de disipación de calor por convección. [m²-K/W] [h-m²-°C/kCal]

La resistencia térmica de la película de aire al exterior se considera de modo promedio con un valor de 0.08813 m²-K/W (0.1025 h-°C- m²/kCal), o bien calcularse con las siguientes ecuaciones:

Para superficies planas (equipos):

$$h_c = 3.0075 C [1.11/(T_s+T_a-510.44)]^{0.181} [1.8(T_s-T_a)]^{0.266} [1+(7.9366 \times 10^{-4} V)]^{0.5}$$

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 13 DE 48

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \cdot [(T_a^4 - T_s^4)/(T_a - T_s)]$$

ϵ = Emisividad

C = Coeficiente de forma, 1.79 para superficies planas y 1.016 para tuberías, adimensional.

V = Velocidad del aire m/h

Tuberías.

Ecuación general de cálculo.

$$Q = \frac{T_{op} - T_a}{E_{eq}/k + 1/f} \quad (2)$$

Donde: E_{eq} Espesor equivalente [m]

$$E_{eq} = r_2 \ln(r_2/r_1)$$

r_1 : Radio interno del sistema termoaislante [m]

r_2 : Radio externo del sistema termoaislante [m]

La resistencia térmica de la película de aire al exterior se considera de modo promedio, con un valor de 0.08813 m²-K/W (0.1025 h-°C- m²/kCal), o bien calcularse con las siguientes ecuaciones:

Para superficies cilíndricas (tuberías):

$$h_c = 2.7241C Da^{-0.2} [1.11/(T_s + T_a - 510.44)]^{0.181} [1.8(T_s - T_a)^{0.266} [1 + (7.9366 \times 10^{-4} V)]^{0.5}]$$

$$h_r = 0.9824 \times 10^{-8} \cdot [(T_a^4 - T_s^4)/(T_a - T_s)]$$

ϵ = Emisividad

8.4. Máxima transferencia de calor.

Este parámetro sirve de referencia para calcular el espesor de un termoaislante cualquiera, de acuerdo a la Tabla 1 presentada en 12.2 anexo B, la cual se ha calculado con el procedimiento mostrado en el capítulo 8.3 Una vez establecida la máxima transferencia de calor permisible por pérdida al ambiente, de acuerdo a la superficie por aislar y la temperatura máxima de operación, se podrá calcular el espesor adecuado para un termoaislante dado.

8.5. Especificaciones de montaje.

8.5.1 Limpieza.

Antes de colocar el termoaislante la superficie por aislar, debe limpiarse perfectamente y a satisfacción del supervisor de Pemex, eliminando óxidos, grasas o escoria, usando medios mecánicos como fibra, cepillo de alambre o cualquier procedimiento aceptado por la LGEEPA. Para la utilización de solventes se debe contar con la anuencia por escrito de Petróleos Mexicanos. No se deben usar solventes clorados para limpiar superficies de acero inoxidable.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 14 DE 48

8.5.2 Preparación.

Inmediatamente después de la limpieza, se aplicará pintura primaria OM-1 (NOM-009) para evitar la formación de nuevas capas de óxido u otras formas de contaminación. Cuando se enfrenten condiciones corrosivas especialmente agresivas, se debe colocar, además, pintura anticorrosiva siguiendo las recomendaciones del fabricante.

8.5.3 Condiciones generales para la aplicación.

Solo se procede a la colocación del aislamiento, una vez que la tubería o equipo ha sido probado neumática o hidrostáticamente.

Debe verificarse el espesor y tipo de aislamiento en función de la temperatura de operación de la tubería o equipo, de acuerdo a los criterios marcados en 8.3 y 8.4, con las tablas de espesores recomendados.

Cuando el espesor sea mayor que 76 mm, se debe utilizar doble capa, para lo cual se consideran los siguientes lineamientos:

- Las dos capas deben ser del mismo espesor.
- Si no es posible, se coloca primero la capa de mayor espesor.
- Las juntas de las piezas de aislamiento no deben coincidir en ningún sentido. Se colocan alternadamente de tramo a tramo y de capa a capa con un desfase ≥ 50 mm.
- La colchóneta debe usarse respunteada para evitar los puentes térmicos que provoca el doble armado metálico.

No se permite el uso de termoaislantes mojados o rotos, si las puntas están dañadas, se deben recortar a escuadra.

Las placas de datos, sobre equipos o tubería deben quedar visibles, haciendo los cortes necesarios sobre el aislamiento, resanando con cemento MA-2(NOM-009). y sellando con mastique MA-3 y OM-3(NOM-009).

En cambiadores de calor, bridas o válvulas, las tuercas deben quedar accesibles; para ello, se corta el termoaislante a una distancia de 51 ó 76 mm, rematando después con un chaflán de cemento MA-2 y sellando con mastique MA-3 y OM-3(NOM-009).

Para juntas bridadas, el termoaislante se instala hasta que el sistema haya alcanzado sus condiciones de operación y todas las fugas hayan sido eliminadas.

En todo caso, se colocan detectores de fugas.

Todo saliente metálico de los recipientes, tubería o equipo, se aísla hasta una distancia de 4 a 6 veces su espesor, rematando con cemento MA-2(NOM-009) y sellando con masticos MA-3 y OM-3(NOM-009).

Para proceder a soldar pernos, grapas o cualquier tipo de soporte para aislamiento sobre tubería, equipo o recipientes en el campo, será necesaria la autorización expresa y por escrito de Petróleos Mexicanos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 15 DE 48

Después de colocar el termoaislante, se instala su acabado el mismo día para prevenirlo de daños o efectos del clima. De no ser posible, el contratista debe tomar las precauciones necesarias para que quede provisionalmente protegido de la intemperie, sobre todo para materiales fibrosos.

Para bridas y válvulas se debe determinar el tipo de aislamiento de acuerdo con las condiciones del proceso, el cual es:

- Sin aislamiento térmico. Con o sin guarda para protección al personal.
- Con sistema termoaislante fijo.
- Con sistema termoaislante removible.

Los materiales que componen el sistema termoaislante deben ser químicamente compatibles, para evitar corrosión y degradación prematura. Los procedimientos para prevenir la corrosión sobre superficies metálicas cobran mayor importancia cuando éstas quedan bajo el sistema termoaislante, ya que en éste caso ocurre de manera inadvertida. Para llevarla a un mínimo posible, deben tomarse precauciones como:

- Evitar la penetración de agua, ya que la corrosión ocurre si se presenta la combinación agua/metal/oxígeno o agua/acero inoxidable/cloruros solubles (que liberan iones cloro).
- Verificar que los termoaislantes y materiales complementarios cumplan con los estándares ASTM C 692, C 795 y C 871 (o código equivalente).
- Usar recubrimientos anticorrosivos antes de la colocación del Sistema Termoaislante.
- Revisar periódicamente el Sistema Termoaislante en operación y darle adecuado y oportuno mantenimiento.

Se debe elaborar una lista de los sistemas que requieren termoaislante a fin de especificar adecuadamente su tratamiento de forma individual o general. El diseñador debe considerar la separación de las tuberías y anexos de los equipos como: escaleras, plataformas o boquillas, soportería, etc. en función de los espesores termoaislantes.

En la obra, durante el proceso de preparación del cemento monolítico de acabado, no debe agregarse más de un 5% en peso de cemento de construcción para evitar condiciones alcalinas que ataquen el aluminio. Esta acción se previene si la lámina de aluminio tiene protección anticorrosiva-dieléctrica integrada.

8.5.4 Aislamiento por protección al personal.

Deben aislarse las superficies de equipos y tuberías que se localicen a menos de 2.15 m arriba del nivel de piso o distantes 60 cm 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).

El aislamiento de carcazas, bombas, boquillas, entradas de hombre, registros, solo se debe hacer con cemento MA-2(NOM-009) y protegido con mastique asfáltico MA-3 y sellador OM-3(NOM-009), de modo que se remueva con facilidad, ó bien optar por el aislamiento removible.

Cuando dos secciones aisladas por protección al personal estén separadas por una distancia menor a 2.5 m, el aislamiento debe hacerse continuo.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 16 DE 48

En los casos en que la instalación presente riesgo de incendio, se deben usar las emulsiones acrílicas o poliméricas.

8.5.5 Aislamiento innecesario.

Cuando en un proceso a alta temperatura se requiera disipación de calor, en ningún caso debe usarse termoaislante; sin embargo, debe procederse de acuerdo a estos dos criterios.

8.5.5.1 Las superficies a alta temperatura son marginadas físicamente mediante barreras o mamparas, de tal forma que se elimine totalmente el riesgo de que el personal pueda hacer contacto con ellas de forma accidental. Las mamparas protectoras deberán cumplir las siguientes especificaciones:

- I.- Deben ser de metal desplegado de acero inoxidable tipo 304 con abertura no mayor a 25 mm.
- II.- Deben ser removibles a conveniencia del personal de mantenimiento.
- III.- Su estructura y soporte no debe hacer contacto con la superficie caliente.
- IV.- La concha protectora debe estar a una distancia de la superficie caliente de 75 a 300 mm en un rango de temperatura de operación de 333 a 923 K (60 a 650°C).
- V.- Cuando el peso de una concha protectora sea mayor a 20 kg, debe ser fabricada en secciones con un peso máximo de 20 kg cada una.

8.5.5.2 El diseño de planta debe prevenir sistemas que permitan el aprovechamiento de esa energía remanente. Tuberías, equipos, drenajes o escapes de doble pared para calentar agua de servicio o precalentar aire de combustión.

Deben utilizarse materiales no combustibles.

Cuando se trate de equipos de tapa plana se debe proporcionar pendiente suficiente para permitir el rápido drenado de líquidos, además de colocar los botaguas adecuadamente.

Las aristas de los termoaislantes sobre todo granulares se redondearán para evitar erosión, fracturas o maltrato por abuso mecánico.

Cuando se trate de equipos o tuberías de acero inoxidable, solo se deben emplear termoaislantes que no provoquen corrosión por tensión superficial. Para esto, los termoaislantes o materiales accesorios, no deben tener iones, cloro o deben contener un mínimo de 20 ppm de silicato de sodio por cada ppm de cloruro soluble. Cualquier termoaislante que contenga 800 ppm o más de cloruros no es aceptable.

No debe permitirse que mallas o refuerzos de acero galvanizado tengan contacto en superficies con temperatura de 453 K (180 °C) o mayores.

Cuando la superficie sea tan irregular que no admita termoaislantes preformados o precortados, se debe aislar con cemento MA-2(NOM-009), colocándolo en capas sucesivas de 10 mm y refuerzos intermedios de malla hexagonal MA-12 hasta alcanzar el espesor deseado.

Cualquier abertura en el acabado para salientes, debe ser lo más ajustada posible. Debe sellarse debidamente contra intemperie con cemento monolítico MA-2(NOM-009), sellando con mastique MA-3 y OM-4.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 17 DE 48

El diámetro interno del termoaislante preformado debe ajustarse correctamente al diámetro externo de la tubería sobre la que se ha de aplicar. Esta dimensión, la longitud y el espesor tendrán una tolerancia de acuerdo a ASTM C 585 (o código equivalente).

Ramales menores conectados a la tubería o equipo principal, deben ser aislados hasta 50 cm después de la primera válvula de bloqueo. Las líneas de desfogue se deben aislar por protección al personal.

Cuando las condiciones del proyecto lo determinen, se combinan los sistemas de acabado metálico y no metálico. En cualquier caso, el primero debe traslapar por lo menos 75 mm sobre el segundo y se debe usar OM-3(NOM-009) para sellar y evitar entrada de agua.

Todos los termoaislantes y recubrimientos usados deben ser libres de asbesto.

Tanques de almacenamiento. En áreas geográficas donde la temperatura ambiente es por tiempos prolongados, menor que la temperatura de almacenamiento y por tanto usen serpentines de calentamiento, los tanques deben ser termoaislados cumpliendo los criterios del capítulo 8.

Los tanques de almacenamiento deben ser termoaislados de diferentes formas, ya sea utilizando placa semirrígida, colcha de termoaislante fibroso, bloques de termoaislante granular ó bloques de vidrio espumado y deben sujetarse con pernos, anillos, flejes y adhesivos, entre otros.

El acabado debe ser metálico sujeto a los anillos de soporte o no metálico repellido sobre el mismo termoaislante.

Para el sellado de juntas, traslapes, remates, registros, aberturas y roturas, entre otros, deben usarse selladores del tipo OM-3(NOM-009) que sean permanentemente plásticos y flexibles. Todos los materiales utilizados deben soportar la temperatura de la superficie sobre la cual se han de aplicar.

En áreas donde se presuma salpicadura de aceites o derrames de fluidos inflamables o tóxicos, deben hacerse pruebas de absorción del termoaislante. Si absorbe, protegerlo con "foil" de aluminio de 0.18mm. (0.007 pulgadas) de espesor al menos en las puntas o remates. Debe verificarse su operación para ver si hace falta protección adicional. En estos casos se deben colocar detectores de fugas.

El contratista debe prever la cantidad y ubicación de "puertos de inspección ultrasónica" para medir espesor de pared en tubería y equipos. Estos puertos son claros que deben dejarse en el sistema termoaislante desde su montaje. Estos claros y el corte que se tenga que hacer deben sellarse perfectamente con cemento MA-2(NOM-009), mastique MA-3 y sellador OM-3(NOM-009) dándole forma achaflanada. y deben cubrirse con un tapón removible hecho de los mismos materiales que el sistema termoaislante.

En tuberías de 0.914 m de diámetro y mayores, se deben aplicar los criterios definidos para equipo (ver 8.5.9.1)

Las válvulas deben aislarse hasta la brida del bonete.

Se considera tubería vertical cualquiera que tenga una inclinación de 45° a 90° con respecto a la horizontal.

En equipos como bombas y compresores se deben emplear sistemas termoaislantes removibles o alojados en cajas desmontables o cemento monolítico aplicado en capas de no más de 3.0 cm de espesor y colocando entre ellas refuerzo de malla de gallinero.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 18 DE 48

No debe permitirse que el personal utilice tuberías termoaisladas como paso peatonal. Los Sistemas Termoaislantes ubicados en áreas de excesivo tráfico o abuso mecánico deben ser protegidos con mamparas, puentes o plataformas.

Cuando la separación entre dos líneas no sea suficiente para alojar el espesor termoaislante se aislaran termicamente juntas, siempre que sus temperaturas de operación no sean muy diferentes.

Equipos especiales como turbinas y compresores deben ser termoaislados siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante, a fin de conservar la correspondiente garantía.

En tuberías con temperaturas de 673 K (400°C) y mayores y para cualquier diámetro, deben usarse preformados de lana de roca o perlita expandida, ya que estos soportan mejor las vibraciones propias de la operación de la tubería sin adelgazamiento por decantación o asentamiento.

Cuando se usan termoaislantes granulares rígidos de perlita expandida y a fin de evitar grietas o roturas en ellos durante el arranque de la planta, la temperatura debe incrementarse paulatinamente. Si por el contrario el incremento de temperatura es grande y repentino, entonces el termoaislante debe usarse en capas múltiples para evitar daños en su espesor total.

8.5.6 Aislamiento de precipitadores y grandes ductos.

Dada su forma de construcción, estructurado con vigas externas, se practican diversas formas para colocar el Sistema Termoaislante.

- I.- Directo sobre la placa usando pernos. El enchaquetado metálico (revestimiento) se aplica de forma separada para evitar que tenga que seguir el contorno marcado por las vigas.
- II.- Logrando una superficie plana con lámina o metal desplegado colocados sobre las vigas y sobre ella situar el termoaislante. El enchaquetado se sostiene con pernos roscados y tuercas. En éste caso se deben usar sellos entre la superficie metálica y la cara caliente del termoaislante para evitar el "efecto chimenea".
- III. Una combinación de ambos sistemas.
- IV.- En cualquier caso, debe prevenirse el tráfico de personas sobre las superficies superiores y la penetración de agua por escurrimientos o lluvia.

Las pijas y pernos que se utilicen deben ser de acero inoxidable serie 400, hasta 533 K (260°C) y serie 300 para mayores temperaturas.

En este tipo de aplicaciones se debe usar como enchaquetado lámina acanalada.

En el sistema termoaislante total de la planta, no deben quedar expuestas superficies con temperatura de 60°C o mayor. Todas las superficies metálicas, como boquillas, entradas de hombre y salientes, entre otros, deben ser termoaisladas.

Servicio a temperatura dual.

Esto ocurre cuando la tubería o equipo opera durante un tiempo en cierta temperatura (alta o baja) y de forma inmediata, cambia a operar a una temperatura contrastante (baja o alta).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 19 DE 48

El termoaislante a usar es vidrio espumado (foamglas) que opera en ambas temperaturas. Debe ser instalado de acuerdo a la norma de referencia NRF-025, "Aislamientos térmicos para bajas temperaturas".

El espesor total debe satisfacer los requerimientos de los dos servicios, (alta y baja temperatura) y debe ser diseñado para la condición cuyo cálculo arroje el mayor espesor.

Para prevenir el probable desgaste por erosión del vidrio espumado (foamglas) en su parte interna a causa del movimiento por dilatación y contracción de la tubería o equipo, debe colocarse, precisamente en esa parte interna, una capa de antiabrasivo asfáltico MA-3 con un rendimiento mínimo de 1.0 litros/m². La pieza de vidrio espumado (foamglas) se colocará en su lugar hasta que ésta capa asfáltica esté seca, a fin de que no se pegue y permita el deslizamiento libre.

Dado que el cambio de temperatura es drástico, deben considerarse los siguientes aspectos.

- I.- Para absorber el choque térmico y evitar roturas en el vidrio espumado, se debe usar múltiple capa. Las diferentes capas no deben estar pegadas a fin de que el sistema deslice adecuadamente.
- II.- Las juntas de expansión deben ser tratadas con especial atención de acuerdo con los criterios respectivos.
- III.- En el análisis térmico debe considerarse el calor específico del termoaislante y su difusividad térmica.

8.5.7 Juntas de expansión.

Las juntas de expansión se hacen necesarias dada la diferencia de expansión/contracción, que hay entre el termoaislante y el sustrato metálico.

La distancia entre las juntas de expansión se definirá de acuerdo a los coeficientes de expansión/contracción de los termoaislantes. Las tablas siguientes nos indican las distancias a utilizar en temperaturas de operación usuales.

Tuberías.

Distancias

Temperatura de Operación	Termoaislante Granular	Termoaislante Fibroso
533 K (260°C)	9.0 m	12.0 m
644 K (371°C)	5.5 m	6.4 m
1088 K (815°C)	2.7 m	3.7 m

Equipos.

Distancias	Elementos
1.80 m	Para bloques granulares o espumados
3.00 m	Para colchonetas cuando se usen pernos además de anillos de sujeción.
-	No son necesarias para colchonetas, cuando se sujetan solo con pernos.
3.70 m	Para placa fibrosa semirrígida cuando se usen pernos además de anillos de sujeción.
-	No son necesarias para placa fibrosas cuando se sujeta solo con pernos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 20 DE 48

Quando las juntas de expansión coincidan con los anillos de soporte, deben ubicarse debajo de ellos.

Las juntas de expansión deben dejar una separación mínima de 5 cm guardando la distancia definida por la tabla anterior. Este hueco se rellena con fibra suelta OM-2 para alta temperatura.

Sobre las juntas de expansión no debe colocarse cemento monolítico ni cualquier otro elemento atiesador o no deslizante.

Quando se use doble capa, las juntas de expansión de una y otra capa, deben desfasarse o traslaparse por lo menos 15 cm.

Las juntas de expansión tienen particular importancia alrededor de boquillas salientes. Deben ser formadas de materiales resilientes (fibrosos) y selladas contra intemperie con sellador OM-3.

8.5.8 Soportes.

Cualquier sistema de apoyo y sujeción podrá ser aceptable, siempre que cumpla con las siguientes condiciones:

8.5.8.1 Que en ningún caso establezca contacto entre la superficie caliente y el ambiente.

8.5.8.2 Que en todo caso se recubra con el mismo espesor de termoaislante. Los soportes deben dimensionarse de la siguiente forma:

- I.- Capa sencilla. El ancho del patín debe ser de la mitad del espesor termoaislante.
- II.- Capa múltiple. El ancho del patín debe ser equivalente al espesor de la primera capa más la mitad del espesor de la segunda capa.
- III.- Para espesores de 76 mm y menores, debe usarse solera o ángulo metálico para el anillo de soporte, y en espesores mayores; un soporte estructurado a base de ménsulas y anillos de solera discontinuos. Para tuberías que descansen sobre traveses, el soporte debe estar conforme a las especificaciones de cada organismo subsidiario.

Hasta temperaturas de 45 K (180°C), cualquier inserto de apoyo, pernos, anillos de soporte, tuercas, soldables o no, deben ser compatibles con el metal de construcción de la tubería o equipo; arriba de esta temperatura los pernos y tuercas deberán ser de acero inoxidable.

La soldadura en los pernos debe ser tal, que pueda soportar que el perno se pueda doblar desde su posición vertical, 90° hacia los dos lados sucesivamente y recuperar su posición original sin daño. Después de esta prueba debe poder soportar una tensión equivalente a tirar de él con un peso de 25 kg.

El patín de los anillos de soporte deben dimensionarse de manera que queden inmersos en el termoaislante.

Los soportes no deben hacer contacto con la cubierta metálica exterior, para evitar puentes térmicos y la transferencia de calor correspondiente. La cubierta metálica se soporta con sistemas flotantes, auxiliándose de pijas y flejes. Solo en alta temperatura y casos extremos, equipos muy grandes (como generadores de vapor, ó torres de destilación), se justifica apoyar la cubierta metálica en soportes que estén en contacto con la superficie caliente. En estos casos se debe colocar un separador térmico entre el soporte y la cubierta metálica y debe prevenirse que el soporte no sea continuo.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 21 DE 48

En equipos, tanques de almacenamiento y en tuberías verticales, se sueldan o sobreponen con sistemas de tornillos pasados, anillos de soporte para el termoaislante, espaciados de la siguiente manera:

Equipos	3.70 m	placa semirígida o bloques granulares
	1.80 m	colchonetas (sí no se usan pernos)
	3.70 m	colchonetas (sí además se usan pernos)
Tuberías verticales	9.00 m	de 294 K (21°C) a 533 K (260°C)
	5.50 m	de 534 K (261°C) a 644 K (371°C)
	2.70 m	de 645 K (372°C) a 1088 K (815°C)

Este distanciamiento se mide a partir del anillo de soporte inferior el cual se coloca justo encima de la línea tangencial del fondo del equipo soportado en patas o del cambio de dirección si es tubería. Si el equipo está soportado en faldón, el primer anillo (botaguas), se debe colocar a una distancia de 4 a 6 veces el espesor del termoaislante, medido a partir de la soldadura de unión del equipo.

Los anillos deben estar divididos en partes a fin de que puedan absorber la dilatación por calentamiento. Los recipientes horizontales de 1.50 m y mayores, deben estar provistos de, por lo menos, dos soportes angulares longitudinales soldados al casco.

Los soportes deben diseñarse de acuerdo al tipo, densidad, forma y espesor, del termoaislante a utilizar.

Todos los faldones de las torres se deben aislar al interior y exterior de la misma forma y con el mismo espesor que las paredes de los equipos y hasta una distancia marcada por los anillos de soporte, rematando con cemento monolítico MA-2(NOM-009) y sellando con mastiques MA-3 y OM-3(NOM-009).

En caso de necesitarse soportes adicionales que no hayan sido especificados o que no se muestren en los dibujos para construcción, éstos deben ser diseñados y suministrados por el contratista y con la autorización de Pemex, para el montaje del termoaislante.

Los dibujos para costeo de aislamiento térmico, tanto en equipo como en tubería, deben mostrar con claridad la localización y el dimensionamiento de los soportes.

Los soportes deben proveer los claros suficientes para alojar las venas de calentamiento, cuando éstas estén especificadas.

Los soportes para el sistema termoaislante deben ser proporcionados en su totalidad por el contratista de construcción del equipo o tubería, quien debe apegarse a esta norma para su diseño, dimensionamiento y colocación. Con este propósito, el ingeniero de proceso o diseño de tuberías debe definir el tipo y forma del sistema termoaislante, dentro del periodo de inicio del proyecto y reafirmarlos posteriormente, en los dibujos para construcción.

8.5.9 Colocación del termoaislante.

El termoaislante debe quedar bien ajustado a la pared metálica de equipo o tubería. No debe presentar huecos, arrugas, bolsas, roturas, colapsos y demás deformaciones.

8.5.9.1 Equipo

8.5.9.1.1 Colchoneta fibrosa.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 22 DE 48

I.- Debe colocarse bien ajustada al cuerpo y tapas del equipo, con las juntas alternadas en forma de petatillo, cosiendo en forma perimetral con alambre MS-4(NOM-009). Para las tapas de los recipientes, el termoaislante se traza y corta siguiendo el contorno,. las colchonetas se apoyan en los anillos de soporte y la sujeción del termoaislante se hace de diversas formas:

a).- Para recipientes de 2.5m de diámetro y menores

En el cuerpo, se usan cinchos de flejes MS-5(NOM-009) espaciados 30 cm, tensados de tal forma que sujetando firmemente al termoaislante no lo corte, deforme o altere su espesor. En las tapas se usan pernos o tuercas distribuyendo de 8 a 11 piezas/m².

b).- En recipientes de diámetro mayor a 2.50 m.

En el cuerpo, se sujeta con flejes y pernos autosoldantes MS-1 distribuyendo de 8 a 11 piezas/m², los que deben colocarse en la etapa de construcción del equipo. La placa o colcha de termoaislante se inserta en los pernos y se sujeta con el clip rápido MS-2. El perno debe tener una longitud original de 6 mm más que el espesor del termoaislante, para que una vez colocado el clip la punta sobrante se corte de modo que la longitud del perno sea un poco menor que el espesor del termoaislante.

c).- Con tuercas soldadas en hileras paralelas al eje del cuerpo del recipiente.

Estas hileras deben tener una separación de 0.61 m. Las tuercas se aprovechan para anclar en ellas un alambrado entrecruzado y en zig-zag forma de "s" que sujete firmemente al termoaislante. La distancia entre tuercas será de 0.61 m. El tamaño de las tuercas debe ser de 19 mm o mayor, pero al menos 6 mm menor que el espesor del termoaislante. Los huecos originados por las hileras de tuercas se rellenan convenientemente con fibra suelta OM-2 y luego se resanan con cemento monolítico MA-2(NOM-009). Este procedimiento no debe aplicarse para el caso de que se usen dos o más capas de termoaislante.

II. Cuando los soportes descritos no hayan sido colocados en la etapa de construcción del equipo, y debido a un tratamiento térmico especificado, no sea posible soldar sobre la pared del recipiente, se debe usar un sistema de sujeción flotante siempre que las dimensiones del equipo lo permitan.

Este sistema de sujeción flotante es a base de anillos de alambón de 6 mm. La combinación adecuada de estos anillos, fleje y alambre proporcionan la tensión suficiente para conseguir una firme sujeción del termoaislante. Los anillos deben colocarse sobre el termoaislante, en el centro de las tapas y sin tocar boquillas u otros salientes. Un extremo de los flejes radiales se sujeta del anillo y el otro extremo se sujeta del segundo fleje circunferencial sobre el cuerpo. Los flejes se espacian 0.30m lo mismo que en el cuerpo del equipo. El primer fleje circunferencial aprisiona los flejes radiales.

El segundo fleje circunferencial superior debe estar tensionado con el segundo fleje circunferencial inferior. Todo el sistema de flejes debe estar en equilibrio.

Este sistema suele sobresalir de la superficie del termoaislante y marcarse en la superficie externa de la cubierta de aluminio. Para evitar esto, se debe colocar antes del aluminio, un recubrimiento de cemento monolítico MA-2(NOM-009) en 10 ó 15 mm de espesor, anclado en una malla hexagonal MA-12. Si se hace necesario se coloca una segunda capa de cemento monolítico previo refuerzo de malla galvanizada. Para prevenir el efecto corrosivo se debe aplicar una capa de mastique MA-3, o definir el uso de lámina de aluminio MA-5.

Una alternativa para el sistema flotante consiste en curvar tramos de solera metálica, soldar sobre ella pernos o tuercas para el anclaje y/o sujeción, en sus extremos hacerles un doblé a 90°, en este doblé hacer un barreno y

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 23 DE 48

posteriormente acoplarlas a la pared del equipo aprovechando su curvatura. Los tramos de solera se añaden con tornillos pasados en los barrenos dando la tensión suficiente. De esta manera, colocando tantos anillos de solera como haga falta, el cuerpo del equipo dispondrá de pernos o tuercas, sin necesidad de soldadura en campo. Se deben tomar en cuenta separaciones que permitan absorber la dilatación del equipo. En las tapas se usan pernos o tuercas distribuyendo 8 a 11 piezas/m².

Si el enchaquetado de aluminio no tiene recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico integrado, se debe usar cartón asfaltado MA-1(NOM-009), como separador entre la colchoneta y la lámina de aluminio, con un traslape de 5 cm en ambos sentidos y en forma de botaguas. Las irregularidades que provoca el anclaje en la superficie del termoaislante, se resanan con cemento MA-2(NOM-009), y a criterio de Pemex, aplicar una capa continua.

8.5.9.1.2 Bloque granular.

- I. Los bloques de 0.1524 o 0.305 m de ancho se colocan de forma vertical en el cuerpo del equipo y trazados y cortados en las tapas, con las juntas alternadas en forma de petatillo buscando el junteo a hueso para evitar ranuras, si éstas son menores a 6 mm, se resanan con cemento monolítico; si son mayores se acomodan los bloques. Para la sujeción se usan los sistemas con flejes, pernos, tuercas o flotantes descritos para colchoneta fibrosa. Debe tenerse cuidado al insertar los bloques en los pernos, ya que su propia rigidez puede hacer que se fracturen. En la colocación de los flejes o alambre de sujeción, debe prevverse una tensión que sujete el bloque granular a la pared del equipo, considerando su dilatación por calentamiento una vez que éste entra en operación. Para evitar que ésta presión puede fracturar al bloque granular se usan resortes de expansión que absorban esta dilatación.
- II.- Las irregularidades que provoca el anclaje en la superficie del termoaislante, se deben resanar con cemento monolítico MA-2(NOM-009).
- III.- Considerando que los bloques granulares suelen tener condición alcalina y por esto pueden interactuar químicamente con la lámina de acabado de aluminio, se debe colocar aluminio con recubrimiento interno anticorrosivo-dieléctrico, integrado a base de papel Kraft y polietileno o de resinas plásticas resistentes en su defecto un recubrimiento de cartón asfaltado MA-1(NOM-009).
- IV.- Para asentar el termoaislante, sea placa semirrígida, colchoneta o bloque, se debe tomar en cuenta la presencia de los anillos de soporte.

8.5.9.1.3 Placa fibrosa semirrígida .Debe colocarse bien ajustada al cuerpo y tapas del equipo con las juntas alternadas en forma de petatillo. Para las tapas de los recipientes, el termoaislante se traza y corta siguiendo el contorno. La sujeción adicional a los anillos de soporte se debe hacer cumpliendo con lo indicado en el numeral 8.5.9.1.

8.5.9.2 Tubería

8.5.9.2.1 Con colchoneta fibrosa.

- I.- Se debe usar colchoneta precortada y respunteada a la medida del desarrollo perimetral de la tubería aislada (Da). Cuando en campo no se disponga de colchoneta precortada y previa autorización de Pemex, podrá emplearse colchoneta de tamaño estándar.
- II.- La colchoneta precortada se coloca en tramos de 0.61 m de ancho con el armado metálico hacia el exterior. Se unen a tope y se acoplan firmemente a la superficie metálica procediendo luego a coser transversal y longitudinalmente con alambre MS-4(NOM-009). Enseguida a cada 0.30 m, se colocan cinchos de fleje MS-5(NOM-009). Tanto la costura como los cinchos deben tener una tensión suficiente

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 24 DE 48

para asegurar una buena sujeción, pero en ningún caso deben alterar el espesor y por ende, la densidad de la colchoneta termoaislante.

- III.- Las juntas longitudinales se ubican en sentido diagonal y se alternan en “zig-zag” sobre la misma línea.
- IV.- Cuando se presenten irregularidades excesivas en el contorno exterior de la colchoneta colocada, deben ser remodeladas con cemento MA-2(NOM-009), para obtener una superficie uniforme o a criterio de Pemex, se debe colocar una capa continua.
- V.- Solo el enchaquetado de aluminio MA-5 se debe instalar directamente sobre la colchoneta. Si la lámina de aluminio no cuenta con recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico integrado, es necesario usar cartón asfaltado separador. Esto resulta necesario en instalaciones donde la corrosividad ambiental provoque la reducción de la vida útil del aluminio.

8.5.9.2.2 Preformado (fibroso o granular).

- I.- Las diferentes secciones que componen al termoaislante deben acoplarse buscando un ajuste perfecto con la superficie del tubo. Cuando entre las secciones (medias cañas o sectores curvos), se presenten separaciones, estas deben ser resanadas con cemento monolítico MA-2(NOM-009) pero si la separación es mayor que 6 mm, debe eliminarse mediante el reacomodo o sustitución de las piezas.
 - II.- Sobre la misma línea, y de tramo en tramo, las juntas longitudinales del preformado deben alternarse en zig-zag para evitar su propia continuidad. Estas juntas deben ubicarse de forma diagonal y no vertical u horizontalmente.
 - III.- Los preformados se pueden también colocar traslapados, es decir, la punta de una media caña coincide con la mitad de la otra. Esto permite absorber los movimientos de dilatación por temperatura.
 - IV.- Por cada tramo de 0.914 m se colocan tres flejes MS-5(NOM-009) para la sujeción de las secciones preformadas.
- Estos cinchos deben asegurar al termoaislante pero sin deformarlo, agrietarlo o cortarlo.
- V.- Cuando en preformado granular se use cubierta de aluminio, esta debe cortar con recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico, integrado a base de papel Kraft y polietileno o de resinas plásticas resistentes

8.5.9.3 Venas de calentamiento. Deben ser usadas en manejo de aceites y combustibles, para mantener la viscosidad en términos de bombeo. Por otra parte, en lugares en donde se presentan periodos de tiempo, en los que la temperatura ambiente registra valores menores a 0°C, deben instalarse venas de calentamiento y termoaislante, sobre la tubería o equipo para evitar congelación. Los lineamientos generales para la colocación de venas de calentamiento son los siguientes:

8.5.9.3.1 Venas de vapor

- I.- Antes de la colocación del termoaislante, las venas de calentamiento de vapor deben estar totalmente instaladas. Se deben colocar láminas envolventes o cementos transmisores entre la vena y el tubo ó equipo.
- II.- Cuando se trate de una o dos venas paralelas, se usa el preformado del mismo diámetro del tubo principal. Se acopla haciendo una ranura en “V” en el interior del preformado, para acoplarlo a la deformación provocada por la vena. Si la ranura no es factible o poco funcional, el preformado se coloca con una separación longitudinal de las medias cañas, que se rellena con fibra OM-2 y se resana con

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 25 DE 48

cemento monolítico MA-2(NOM-009). Si la vena es múltiple o helicoidal, se usa el preformado en la medida comercial inmediata superior y su acoplamiento se logra, practicando los cortes longitudinales que hagan falta para ajustarse al diámetro total que representan el tubo más la vena.

III.-Cuando el termoaislante sea colchoneta, el acoplamiento se consigue cortando la pieza en una longitud igual al desarrollo perimetral que incluya el aumento de diámetro provocado por la vena.

IV.-El hueco que queda entre la superficie interna del termoaislante y la superficie metálica de la tubería, separación provocada por la vena, en ningún caso puede rellenarse con fibra suelta.

8.5.9.3.2 Venas de calentamiento eléctrico.

I.- Para la instalación del trazado eléctrico deben seguirse las instrucciones del fabricante.

II.- Si se utiliza termoaislante fibroso debe aplicarse en el mismo diámetro de la tubería y usar cemento transmisor de calor para aumentar la eficiencia de la traza eléctrica. Debe evitarse el ingreso de agua.

III.- Por su impermeabilidad, debe usarse material del tipo de la perlita expandida. En éste caso, el diámetro interno de las medias cañas debe ser un poco mayor que el diámetro externo de la tubería. El termoaislante de perlita expandida seleccionada, debe garantizar impermeabilidad ante la lluvia, de esa manera basta sellar las juntas para que éste sistema sea impermeable.

IV.- En tubería vertical donde se usen termoaislantes granulares y para evitar un posible efecto chimenea por el hueco que queda entre el tubo y el termoaislante, debe bloquearse dicho hueco con un tapón de cemento transmisor de calor de 2 cm de ancho, a cada 2.0 m.

V.-Todas las conexiones de la traza eléctrica se deben ubicar fuera del Sistema Termoaislante.

VI.- Las conexiones, curvas de expansión o tubings localizados fuera del Sistema Termoaislante deben ser tratados con cinta termoaislante por protección al personal y/o conservación de energía. Debe aplicársele protección contra el clima.

VII.-Si el espesor termoaislante es 38 mm o menor, no deben usarse pijas para sujetar el enchaquetado metálico. Se usan pijas solo para 51 mm y mayores.

8.5.9.4 Accesorios de tubería.

8.5.9.4.1 Preformado (fibroso ó granular).

Para accesorios se utilizan termoaislantes prefabricados, o en su defecto y previa autorización de Pemex, debe procederse de la siguiente forma:

I.- Para diámetros de tubería de 76 mm (3") y menores, en aislamiento de codos, se aceptan dos alternativas:

a).- Seguir el contorno con segmentos del preformado.

b).- Hacer cortes de 45° sobre los extremos coincidentes, sellando cualquier separación menor a 6 mm con cemento monolítico. Cualquier separación mayor requiere reacomodo o un nuevo trazo y corte.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 26 DE 48

II.- Para diámetros de tubería de 102 mm (4") y mayores, en codos, el termoaislante se aplica en sectores curvos cortados y trazados, considerando el diámetro y forma del codo.

En general para cualquier tipo de accesorio y para cualquier diámetro el termoaislante se traza y se hacen los cortes suficientes y necesarios, de acuerdo a las prácticas comunes al respecto, a fin de que el acoplamiento entre el termoaislante y la superficie metálica no admitan huecos mayores a 3 mm. Si por cualquier razón se presentan huecos mayores, estos deben ser rellenados con fibra OM-2. Para medidas de accesorios, cortes y acoplamiento de sectores de termoaislante, se debe adoptar el procedimiento del estándar ASTM C-450 (o un código equivalente).

III.- Todos los sectores así cortados deben unirse firmemente sujetándolos con cinchos de alambre MS-3(NOM-009), cuya tensión no deforme, ranure o corte al termoaislante. No se usan flejes.

IV.- Sobre el termoaislante cuando sea necesario, se coloca malla hexagonal MA-12 para admitir el adecuado resane con cemento monolítico MA-2(NOM-009), con un espesor mínimo de 10 mm película seca a fin de obtener una forma regular y una superficie uniforme. Esto actúa también como preparación para recibir el acabado.

V.- El enchaquetado de aluminio se instala directamente cuando cuente con recubrimiento interno anticorrosivo-dieléctrico, a base de papel Kraft y polietileno o de resinas plásticas resistentes. Cuando esto no ocurra, se debe usar una capa de mastique MA-3 como separador entre el cemento monolítico y la lámina de aluminio.

8.5.9.4.2 Colchoneta. Se traza y corta el termoaislante considerando el diámetro y la forma del accesorio. Debe prevenirse la existencia de huecos mayores a 3 mm, para lo cual se utiliza colchoneta respunzada con metal desplegado al exterior. Se aplica el procedimiento similar al del preformado.

En diámetros de 51 mm o menores se utiliza cemento monolítico, siempre que el espesor termoaislante no sea mayor a 38 mm.

8.6 Selección y colocación de acabados.

Antes de colocar el acabado el Supervisor de Pemex debe inspeccionar la superficie del termoaislante instalado y asegurar que esté libre de roturas, abolsamientos, huecos o irregularidades excesivas.

El acabado puede ser metálico o no metálico.

8.6.1 Acabado metálico.

8.6.1.1 Lámina de aluminio MA-5. Se usa en todas las áreas en donde no existan ambientes, derrames o goteos alcalinos o clorados que puedan afectarla. En tanques grandes y para efectos de presentación se utiliza lámina con dibujos grabados que permitan absorber deformaciones. Debe tomarse en cuenta que el aluminio ofrece baja resistencia mecánica, baja protección contra el fuego, bajos valores de emisividad, lo que contribuye a elevar la temperatura de superficie y tiene un punto de fusión de 866 K (593° C).

8.6.1.2 Lámina de acero inoxidable. Mayor resistencia mecánica, alta protección contra fuego, punto de fusión de 1700 K (1427° C), mayor resistencia a la corrosión, con bajos valores de emisividad y reusabilidad. Es más difícil de trabajar que el aluminio.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 27 DE 48

8.6.1.3 Lámina galvanizada en caliente con aleación zinc aluminio ASTM 792 (o código equivalente). Buena resistencia mecánica. No se debe usar en ambientes ácidos o cerca del mar y debe protegerse de escurrimientos de soluciones de cobre. Sus valores de emisividad pueden variar al aplicarle pintura.

Para prevenir los efectos corrosivos de condensaciones indeseables en la superficie de contacto entre el termoaislante y el enchaquetado metálico, la lámina debe poseer un recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico integrado en su lado interno.

8.6.1.4 Colocación. Tubería (tramos rectos), accesorios y equipos. En tuberías y cuerpo de equipos de diámetro menor a 2.50 m debe hacerse un rolado previo sobre la pieza de lámina para mejorar su adaptación a la superficie cilíndrica.

Las bandas de 0.914 m de ancho u otro se colocan en posición perpendicular al eje principal del recipiente o la tubería dejando traslapes botaguas de 5.0 a 8.0 cm en los dos sentidos.

Sobre los traslapes de equipo y tuberías se colocan pijas autorroscentes MA-9 guardando entre ellas una distancia de 0.15 m longitudinal y transversalmente. En accesorios de tubería el distanciamiento debe ser de 0.10 m.

Adicionalmente a los remaches o pijas se deben usar flejes MA-8 separadas cada 0.30 m. Flejes con una longitud mayor a 3.0 m deben dividirse en dos o más sectores uniendo éstos con tornillos sin fin o resortes para mejorar la tensión del fleje alrededor del equipo. Estos tornillos o resortes, en su colocación, no deben romper o deformar la cubierta metálica. De forma adicional estos elementos sirven para ajustar la tensión de los flejes cuando el equipo entra en operación. Es factible usar resortes dobles o sencillos. Los flejes se colocan justo encima o debajo de la línea tangencial en los extremos del cuerpo del equipo.

8.6.1.4.1 En zonas con presencia, aún ocasional, de vientos huracanados, se debe prevenir el esfuerzo de levante excesivo del enchaquetado de aluminio en equipos y tuberías aisladas, con diámetro externo de 203 mm (8") y mayores, tomando las siguientes medidas:

- I.- Deben usarse flejes de 19 mm o más, espaciados 230 mm o menos.
- II.- Los resortes de expansión deben estar bien ajustados.
- III.- En caso de usar lámina de aluminio corrugada, los traslapes deben de tener un mínimo de 2.5 corrugaciones y la orilla de la lámina debe asentar en "valle".
- IV.- La separación entre pijas será de 100 mm o menos.
- V.- En tuberías de 914 mm o más de diámetro aislado y en equipos, las juntas circunferenciales deben tener un traslape mínimo de 150 mm con dos flejes en cada traslape.
- VI.- En instalaciones con altura igual o mayor a 10 m o donde existan corrientes constantes de aire de 15 km/h o mayores, se debe usar pijas de acero inoxidable o remaches de alta resistencia.
- VII.- Los traslapes longitudinales en equipos y tuberías deben colocarse fuera del impacto de los vientos dominantes.
- VIII.- El calibre de la lamina de construcción para los botaguas debe incrementarse. El incremento queda a criterio del contratista de montaje del sistema termoaislante.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 28 DE 48

IX.- Las áreas que operen sometidas a fuertes vientos deben ser objeto de mayor frecuencia en cuanto a inspección y revisión, con el propósito de prevenir prolongación de daños.

Los equipos de 1.5 m de diámetro o mayor deben dejarse sin pijas, es decir, sujetos solo con flejes, un traslape vertical de la lámina metálica a cada 1.80 m ó 120°, a fin de que pueda deslizarse y absorber la dilatación o contracción del equipo sin esfuerzos cortantes.

En las cabezas de los recipientes o en los accesorios de tubería, la lámina metálica debe trazarse y cortarse en segmentos, siguiendo la forma geométrica a fin de lograr el mejor acoplamiento contra el contorno del termoaislante instalado. Cuando la cubierta metálica no esta apoyada en soportes, estos segmentos se anclan a un anillo flotante colocado sobre el aislamiento de las boquillas de las cabezas. Este anillo flotante debe ser de alambón de acero inoxidable o bien ser un collar de aluminio.

En ningún caso se permite que el enchaquetado quede separado de la superficie del termoaislante, que forme bolsas o que quede sumido, forzado o deformado por sus propios elementos de sujeción.

Los traslapes deben ser:

- I.- Lisos o bordoneados en tramos rectos de tubería y en el cuerpo del equipo, cuando la cubierta metálica esté apoyada en anillos de soporte fijos o flotantes.
- II.- Engargolados en cabezas y cuerpo, cuando esos soportes no existan o no sean adecuados.
- III.- Engargolados en aristas de válvulas, bridas y tapones.
- IV.- Bordoneados en las cabezas de equipos, con o sin soportes y en accesorios de tubería.
- V.- Estas formas de trabajar los traslapes mejoran la hermeticidad del acabado metálico. En caso de que sean lisos, en tuberías de 0.914 m de diámetro exterior y mayores o equipos, deben usarse clips en forma de "s" cada 0.30 m. Siempre que sea posible, sobre el clip "s" se coloca un fleje.
- VI.- En equipos, se deben usar también clips "J" para direccionar y asegurar los flejes.

El sistema de clips permite absorber la dilatación o contracción de la cubierta metálica una vez que el equipo entra en operación.

En las cabezas de los recipientes o accesorios de tubería no se deben usar flejes. Solamente pijas autorroscantes.

Todos los traslapes, tanto en tubería como en accesorios y recipientes, deben sellarse con OM-3(NOM-009).

El enchaquetado de las cabezas se debe traslapar al menos 0.15 m sobre el del cuerpo del equipo, de forma de botaguas.

En los lugares donde es necesario (boquillas, soportes, colgantes, aristas, bridas, válvulas, patas y faldones), se deben instalar láminas botaguas, diseñadas y construidas con el fin de evitar la entrada de agua por escurrimiento. De forma adicional se debe usar sellador OM-3(NOM-009).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 29 DE 48

8.6.2 Acabado no metálico.

Deben usarse materiales no metálicos que proporcionen al termoaislante protección contra climas, ambientes o escurrimientos químicamente agresivos contra el aluminio y como alternativa del acero inoxidable por su alto costo. Debe usarse de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Para su selección deben consultarse las tablas de resistencia a los agentes químicos contenidas en su información.

8.6.2.1 Guía de colocación para mastic MA-3 tubería (tramos rectos), accesorios y equipos. Sobre la superficie del termoaislante se coloca el cemento monolítico y sobre el se repella una primera capa de mastique MA-3. Esta capa tiene un rendimiento aproximado de 2.5 litros/m² y debe cubrir al 100%.

A esta primera capa se le da un tiempo de secado de dos a tres horas.

Posteriormente se coloca un recubrimiento de refuerzo consistente en malla de fibra de vidrio MA-4. Debe cuidarse que, en su colocación, la malla se adhiera fácilmente a la base de mastique pero

sin embeberse, arrugarse, desgarrarse o abolsarse. La malla debe traslaparse 5.0 cm en los dos sentidos.

Después se aplica una nueva capa repellada de mastique MA-3 con un rendimiento probable de 1.5 l/m². Debe distribuirse uniformemente para cubrir y tapar completamente la malla de refuerzo.

Si la instalación es en una zona de alta precipitación pluvial o hay excesivo abuso mecánico, el procedimiento descrito en los puntos anteriores debe repetirse por lo menos una vez más a satisfacción de Pemex para lograr una protección suficiente.

Para prevenir el intemperismo de este tipo de acabado, se coloca, finalmente, una capa protectora de emulsión polimérica tipo MA-13 ó 14 siguiendo las recomendaciones del fabricante. Para la colocación de esta capa final, debe esperarse a que el mastique aplicado anteriormente esté completamente seco.

Todos los remates sobre boquillas, soportes, colgantes, aristas, bridas, válvulas, patas y faldones, deben hacerse en forma achaflanada (punta de lápiz) con cemento monolítico MA-2(NOM-009), mastique MA-3 y sellador OM-3(NOM-009).

Cuando se use acabado no metálico debe programarse un mantenimiento preventivo periódico, ya que al ser materiales orgánicos, tienden a degradarse por la influencia de los factores del clima y el ambiente. (Oxidación y radiaciones infrarroja y ultravioleta).

Los mastiques en base agua no deben aplicarse en superficies planas como tapas de equipos. Deben protegerse durante su almacenaje de condiciones de congelamiento y no deben colocarse si durante las 24 horas siguientes se esperan temperaturas ambiente menores de 273 K (0° C). Para la aplicación de mastiques base solvente,

debe considerarse su combustibilidad

Una alternativa como acabado no metálico es a base de lámina o extruidos de PVC los cuales son rápidos de cortar, colocar y sellar, aunque su punto de ablandamiento es bajo y su combustibilidad alta, son lavables y se cuenta con piezas moldeadas para accesorios de tubería.

Se acepta también el uso de resinas termofijas (poliester), con refuerzo de fibra de vidrio.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 30 DE 48

8.7 Requisiciones de material.

8.7.1 En el diseño y construcción de un sistema termoaislante son aceptados otros materiales, criterios o procedimientos actuales o futuros, que muestren ser de igual o mayor calidad y reportar a Petróleos Mexicanos, mayores beneficios que aquellos indicados en este documento. La requisición de materiales debe contener:

8.7.1.1 La descripción correcta actualizada incluyendo referencias, de cada uno de los materiales que han de integrar al Sistema Termoaislante.

8.7.1.2 Las cantidades suficientes incluyendo un porcentaje de desperdicio, para cubrir las tuberías, accesorios y equipos por aislar.

8.7.1.3 Relación de materiales contenida en cada dibujo para la elaboración de requisiciones.

8.7.1.4 Para describir correctamente los materiales solicitados y así facilitar su adquisición, deben tomarse en cuenta las descripciones hechas en 8.2.3, en caso de que esto no sea suficiente los ingenieros de diseño deben consultar con los proveedores.

8.8 Termoaislantes removibles.

El espesor debe ser el mismo que el del termoaislante fijo adyacente y debe usarse entre otras, en las siguientes áreas:

Válvulas en tubería trazada.

Bridas en tubería trazada.

Registros de hombre y puertos de inspección.

Canales removibles

Cambiadores de calor.

Bombas, turbinas y compresores.

Se requiere que sean prefabricados. Pemex debe proporcionar los dibujos suficientes para que el proveedor pueda desarrollar el forro a la medida. Normalmente este forro está compuesto de múltiples piezas; por tanto, el proveedor debe entregar junto con el forro un dibujo de identificación. Cada pieza debe estar etiquetada de acuerdo al dibujo. Este procedimiento debe utilizarse cuando se trate de áreas complicadas.

Estos contenedores, hechos de tela de fibra de vidrio tratada para soportar temperaturas de hasta 813 K (540°C), deben contar con una cubierta de malla de acero inoxidable AISI 304 ó código equivalente, de densidad 60 hecha de alambre de 0.28 mm de diámetro, contar con elementos de cierre rápido y costura adicional de alambre de acero inoxidable calibre 18, en válvulas y bridas, ésta costura debe colocarse en el fondo.

Cuando se trate de piezas múltiples, ninguna de ellas debe pesar mas de 25 Kg.

El termoaislante a usar es lana de roca.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 31 DE 48

Cuando el forro tiene un diámetro interno menor al diámetro externo del termoaislante fijo se coloca a presión para evitar su propio movimiento. Cuando el forro tiene un diámetro interno mayor al diámetro externo del termoaislante fijo, se coloca traslapado 76 mm sobre éste.

El proveedor debe prever un sistema adecuado para impedir el deslizamiento o asentamiento del termoaislante dentro del forro contenedor.

Todas las uniones deben juntarse a tope.

Cada pieza debe conservar siempre su etiqueta de identificación.

8.9 Termoaislante para anticongelación.

En zonas de climas extremos en los que se produzcan durante periodos de cinco días o más, temperaturas ambiente menores a 0°C, se debe tomar en cuenta que el agua estancada en las partes aéreas de las tuberías del sistema contra incendio, se congela y evita la libre circulación del agua en un momento crítico, por tanto, deben ser tratadas con venas de calentamiento y/o térmicamente aisladas.

La tubería, incluyendo accesorios debe ser tratada con traza eléctrica de acuerdo con las especificaciones y recomendaciones del fabricante o proveedor.

La tubería, tratada con traza eléctrica, debe aislarse térmicamente con un material termoaislante (perlita expandida) y/o sistema termoaislante que garantice impermeabilidad ante la lluvia.

Sólo se permite como máximo 25% de agua estancada congelada. Cuando las condiciones climatológicas y su duración generen este por ciento de agua congelada, debe activarse el sistema de calentamiento y en caso de no contar con este se procede a drenar.

El espesor puede determinarse de cualquiera de las siguientes formas:

Tomar el indicado en las tablas de referencia para el termoaislante seleccionado, para lo cual sirve de base la temperatura de operación de la traza eléctrica. A este espesor se le debe aumentar 13 mm, ya que el costo de la energía térmica aprovechable derivada de la energía eléctrica, es notablemente mayor que el costo de la energía térmica que proporciona el vapor.

Calcular el espesor económico considerando la temperatura de operación de la traza y el costo de la energía eléctrica siguiendo el criterio general establecido al respecto.

Los criterios para la sujeción y acabado en éste sistema termoaislante son los mismos que los especificados en párrafos anteriores.

El ingeniero de proceso, de acuerdo con la severidad y duración de las condiciones climatológicas, debe establecer los tiempos en que la tubería de acuerdo al diámetro debe llegar al 25% de agua congelada, a fin de determinar cuando activar la traza eléctrica.

8.10 Inspección, seguridad y protección ambiental.

8.10.1 Propósito.

Que la buena calidad de los procedimientos y materiales que forman el sistema termoaislante, sean completamente identificados por el contraste y realizarse con antelación a la ejecución del suministro y montaje.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 32 DE 48

8.10.2 Inspección de materiales.

Pemex debe solicitar muestras de los materiales termoaislantes u obtenerlas directamente en la línea de producción del fabricante. Además, debe obtener muestras de los principales materiales complementarios como lámina metálica, pijas, flejes y barreras de vapor. La inspección se debe realizar ajustándose a los requerimientos establecidos en esta norma y realizarse en campo a la recepción de materiales.

El contratista o proveedor debe proporcionar a Pemex, certificados de calidad otorgados por un organismo acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación. Estos certificados deben extenderse por cada uno de los materiales objeto del suministro, para que avalen que sus características están de acuerdo a los códigos o estándares de referencia.

La aprobación o rechazo de materiales debe ser invariablemente, por escrito y con la debida oportunidad.

8.10.3 Inspección antes del montaje.

La inspección debe ser documentada. Pemex debe verificar lo siguiente:

- I.- Que todas las superficies estén secas, limpias y libres de impurezas.
- II.- Los apoyos y soportes deben estar adecuadamente localizados y correctamente dimensionados de acuerdo a las especificaciones. Todos los soportes, anclas, guías o apoyos en equipos y tuberías, deben estar libres de obstrucciones y proporcionar suficiente espacio para alojar el termoaislante y los sistemas normales de expansión y contracción.
- III.- Que exista suficiente espacio tanto para el sistema termoaislante como para el movimiento del personal durante la ejecución de los trabajos.
- IV.- Los procedimientos de instalación, los tipos de y espesores de termoaislantes usados, los materiales y forma de colocación de los acabados, estén de acuerdo a las especificaciones y sus modificaciones y que las obligaciones contractuales hayan sido consideradas.
- V.- Todas las venas de calentamiento de vapor o eléctricas, deben estar debidamente instaladas, probadas y aceptadas por escrito.

La inspección final la deben realizar las partes involucradas en el momento en que se considere que los trabajos han sido terminados. Debe recibirse la garantía por parte del contratista y la responsabilidad de proteger la instalación de posibles daños posteriores a que sea transferida a Pemex. Todo debidamente documentado.

8.10.4 Protección ambiental

El proveedor debe comprobar, que opera de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, debe manifestar que:

- I.- Cumple con los límites permitidos de contaminación en su proceso de fabricación e instalación y con los procedimientos que aplica para eliminar contaminantes.
- II.- Que su personal cuenta con un procedimiento escrito y validado, que indique como manejar situaciones emergentes derivadas de derrame, contacto, ingestión, incendio, explosión, degradación de sus productos, durante su transporte, almacenamiento manejo e instalación.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 33 DE 48

III.- Que su personal cuenta con un procedimiento escrito y validado que indique como manejar sus materiales como desechos industriales, cuando el sistema termoaislante llegue al término de su vida útil y tenga que ser removido.

8.11 Inspección final.

La instalación debe ser inspeccionada para corroborar los tipos y espesores de termoaislantes usados y que los materiales y formas de colocación de los acabados estén de acuerdo a las especificaciones y sus modificaciones y que las obligaciones contractuales hayan sido consideradas.

Cualquier detalle de diseño para selección, adquisición, manejo, almacenaje o montaje, de cualquier material o procedimiento que intervenga en el sistema termoaislante y que no sea contemplado en los procedimientos, debe ser recomendado por el proveedor de acuerdo con su propia experiencia, y acordado con Pemex para su aplicación.

8.12 Criterios de mantenimiento.

8.12.1 Con el propósito de proteger adecuadamente las instalaciones que cuentan con los sistemas termoaislantes establecidos en esta norma, el área encargada del sistema debe establecer, implantar y cumplir un programa para la inspección y mantenimiento de los componentes del sistema, solicitando los recursos necesarios para éste fin, en los tiempos y formas indicados por la normatividad vigente.

8.12.2 Cuando una porción de equipo, tubería o ducto es sometida a reparación, debe ser removida una parte del sistema termoaislante. La renovación del mismo se hace de manera similar a la instalación original. Se deben remover los materiales existentes a fin de poder reusarlos. Las partes adyacentes deben ser protegidas durante el tiempo que demore la reinstalación.

8.12.3 Inspección para mantenimiento. Para evitar la destrucción del sistema termoaislante, es necesario localizar las pequeñas fallas que puedan presentarse durante la operación de tuberías y equipos, se requiere efectuar una inspección ocular periódica.

8.12.4 Termoaislante no repuesto. Cuando la ejecución del punto 8.12.2 no es llevada a cabo con la oportunidad debida, esto deja áreas expuestas que deben ser reparadas.

8.12.5 Termoaislante mojado. El aislamiento mojado debe ser removido y repuesto tomando las medidas convenientes (botaguas o selladores), para evitar que vuelva a mojarse o considerar el uso de materiales no absorbentes, particularmente importante cuando se manejan líquidos inflamables o tóxicos.

8.12.6 Roturas en la protección contra el clima. Cualquiera de estas debe ser reparadas inmediatamente. Las fallas que se presentan, son las siguientes:

8.12.6.1 Corrosión sobre el aluminio. Esta se debe a una o más de las siguientes razones:

- I.- Cuando en la instalación original el aluminio queda en contacto con superficies de acero al carbón u otros metales y presenta corrosión, se debe reponer el material dañado y colocar un separador eléctrico.
- II.- La instalación de enchaquetado de aluminio en zonas de atmósfera alcalina. Cuando las condiciones del clima provoquen corrosión, el tipo de acabado debe cambiarse y optar por acero inoxidable o un acabado no metálico.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 34 DE 48

III.- Evitar la intromisión del agua al sistema termoaislante al través de los traslapes.

8.12.6.2 Aflojamiento, separación y levantamiento del enchaquetado de aluminio. Debido a:

I.- Las pijas se aflojan ya que la perforación, con el tiempo se abocarda. Esto ocurre por la vibración causada por el viento y la operación de la línea o por interacción química entre el metal de la pija y el aluminio. La falla en la fijación mecánica de la pija, se combina con el efecto aerodinámico del aire (fuerza de levante) y esto hace que la pija, finalmente, se bote y la lámina acabe por separarse del termoaislante. En este caso deben retirarse las pijas dañadas y reponerlas usando combinación de arandelas metálicas y de hule butilo o neopreno.

II.- Originalmente no se usaron flejes. Debe fijarse con flejes o pijas.

III.- Cuando los flejes usados son de acero al carbón galvanizado y para evitar corrosión en ambos metales, se debe cambiar el fleje por uno de acero inoxidable.

8.12.6.3 Arrugas o deformaciones sobre la superficie del sistema. Se deben usar juntas de expansión.

8.12.6.4 Proyecciones sin aislamiento fuera de los equipos o tuberías. Deben ser aisladas y selladas.

8.12.6.5 Sellos sobre remates del sistema termoaislante que han rigidizado y permiten el ingreso de agua. Deben ser tratados con selladores apropiados para la temperatura de operación y/o botaguas metálicos.

8.12.6.6 Areas de abuso mecánico. El sistema termoaislante puede sufrir daños por tráfico de personal o maquinaria. En este caso debe reinstalarse con un termoaislante más resistente, o utilizando protección mecánica con mamparas metálicas, pasarelas y puentes entre otros, así como la prohibición de usar las tuberías como corredores, pasadizos, puentes o pasillos.

8.12.6.7 Cuando se colocan puertos de inspección, se debe corregir el aislamiento inmediatamente después de dicha inspección.

8.12.6.8 Fallas en el acabado no metálico. Es necesario efectuar inspecciones periódicas programadas y documentadas.

8.12.6.9 Agrietamiento por intemperización, localizado por inspección ocular. Requiere mantenimiento preventivo realizado cada año antes de la temporada de lluvias.

8.12.6.10 Espesor termoaislante insuficiente. Superficie con temperatura mayor a 60 C que además de causar daño físico degrada al mastic. Se debe agregar termoaislante para incrementar el espesor bajo un diseño conforme a lo indicado en esta norma.

8.12.6.11 Inspección del comportamiento térmico del Sistema Termoaislante.

A fin de percatarse cual es el comportamiento de Sistema Termoaislante en operación, se debe determinar la temperatura de superficie más probable y con ella aplicar el procedimiento de cálculo mencionado en el anexo A. Se debe seguir un procedimiento como el siguiente:

8.12.6.11.1 Obtener los siguientes datos de la línea: Diámetro nominal, espesor termoaislante actual, posición (horizontal o vertical), tipo de termoaislante, marca, clase de acabado y temperatura de operación real.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 35 DE 48

8.12.6.11.2 Determinar la temperatura ambiente. Debe ser tomada con un termómetro de mercurio a una distancia de 10 a 50 cm de la superficie del objeto termoaislado, cada 6 horas y durante 15 días.

8.12.6.11.3 Determinación de la temperatura de superficie. El centro de trabajo debe establecer las condiciones para que la medición sea representativa, por lo que debe:

- I.- Usar termómetro de superficie o de radiación infrarroja.
- II.- Tomar la medición en por lo menos en cuatro puntos de la tubería. Estos puntos se localizan a los 45°, 135°, 225° y 315°.
- III.- Tomar las mediciones cada 6 horas durante 15 días.
- IV.- Determinación de la Transferencia de Calor, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Q = (T_{op} - T_s)/(E_{eq}/k)$$

Donde:

Q Transferencia de calor [W/m²].

T_{op} Temperatura de operación [K].

T_s Temperatura de superficie [K].

E_{eq} Espesor equivalente.

$$E_{eq} = r_2 \ln(r_2/r_1) [m].$$

r₁ Radio interno del sistema termoaislante [m].

r₂ Radio externo del sistema termoaislante [m].

k Conductividad térmica del termoaislante [W/m-K]

Para determinar "k" se consulta el catalogo del fabricante. Su valor se lee en función de la temperatura media T_m = (T_{op} + T_s)/2.

La transferencia de calor resultante debe ajustarse a los límites mencionados en esta norma, de no ser así debe buscarse la manera de incrementar el espesor termoaislante.

8.13 Suministro, transportación, manejo y almacenaje.

El contratista o proveedor debe presentar para la aprobación de Pemex los procedimientos de empaque, identificación, embalaje, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje y montaje de los materiales que conforman el sistema termoaislante.

Pemex debe hacerle saber al proveedor el tiempo que se propone tener los materiales en almacén con el fin de que el proveedor lo autorice de acuerdo a las características propias de esos materiales.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 36 DE 48

El contratista o proveedor debe informar por escrito acerca de las mínimas condiciones de protección y almacenaje a fin de prevenir situaciones emergentes.

El contratista o proveedor debe proporcionar, oportunamente, una lista completa de materiales, unitarios y totales, con su peso, dimensiones y volumen para prevenir espacios de almacenamiento.

El contratista o proveedor debe informar oportunamente por escrito, si algún material requiere de manejo o almacenamiento especial.

Pemex y proveedor, deben acordar un programa de suministro y/o montaje de los materiales con el propósito de evitar excesivos costos de almacenaje o tiempos muertos.

8.13.1 Aislamiento para tuberías en tierra.

Cuando sea necesario el aislamiento de tuberías se debe proceder de alguna de estas dos maneras:

8.13.1.1 Trinchera sin relleno. En un canal de forma rectangular, abierto en el suelo y tratada con muros de contención y con las dimensiones suficientes, para alojar a la o las tuberías con la separación adecuada para dar lugar al espesor termoaislante, se coloca el sistema termoaislante de la misma manera como se haya especificado para tuberías aéreas. Deben utilizarse para este caso termoaislantes impermeables al agua como la espuma de vidrio o la perlita expandida y acabados a base de mastic asfáltico reforzado herméticos y continuos.

8.13.1.2 Trinchera con relleno. Esta debe ser una canal, también rectangular, abierta en el suelo con las dimensiones suficientes para alojar a la o las tuberías objetos del aislamiento. Esta trinchera es rellena con materiales a granel. Aunque cada fabricante aporta sus propias especificaciones, para este procedimiento se deben cuidar los siguientes aspectos.

- Condiciones mecánicas del suelo.
- Corrientes friáticas.
- Dimensiones de la trinchera.
- Ubicación de la tubería dentro de la trinchera.
- Si son dos o más tubos, como ubicarlos y separarlos entre tuberías.
- Facilidad de acceso a la trinchera.
- Para manejo del material de relleno que normalmente es empacado en bultos de 20 ó 25 Kg.
- El relleno se maneja manual o mecánicamente.
- Las características del relleno terminado. Densidad, factor de conductividad térmica, resistividad eléctrica, resistencia a la penetración de agua, resistencia a la carga [Kg/cm²] y temperatura de fluidez o solidificación.
- Temperatura de operación de la tubería o tuberías que contenga la trinchera.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 37 DE 48

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Vigilar la aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma, en las actividades de: selección, cálculo de espesor, instalación y mantenimiento del material del termoaislante en servicio de alta temperatura para recipientes, equipo y tubería.

9.2 Area usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

9.2.1 Verificar el cumplimiento de esta norma, en la contratación de servicios que tengan por objeto instalar o dar mantenimiento a los sistemas termoaislantes en alta temperatura.

9.2.2 Los encargados de realizar la adquisición, deben indicar en las bases de licitación, el tipo de termoaislante requerido de acuerdo a sus necesidades.

9.2.3 Verificar que los licitantes cuente con personal técnico especializado y con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

9.3 Prestadores de servicio. Cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en esta norma, para la selección, cálculo de espesor, instalación y mantenimiento del material termoaislante en alta temperatura para recipientes, equipo y tuberías. El proveedor debe responder plenamente ante la ocurrencia de fallas en la operación del sistema termoaislante, que se originen por no aplicar lo indicado en esta norma.

9.3.1 Considerar dentro del personal especialista, a un responsable o gerente técnico con experiencia previa en trabajos similares, que se comprometa a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final la aplicación de esta norma, con la finalidad de garantizar la correcta ejecución de los mismos.

9.3.2 Llevar al campo herramientas suficientes y equipo de montaje para el desarrollo de los trabajos.

9.3.3 Presentar para aprobación y conocimiento de Petróleos Mexicanos los procedimientos de empaque, identificación, embalaje, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje y montaje, de los materiales que conforman el sistema termoaislante en alta temperatura.

9.3.4 En el caso de materiales que impliquen riesgo, debe informar a Petróleos Mexicanos las mínimas condiciones de protección y almacenaje, a fin de prevenir situaciones emergentes.

9.3.5 Proporcionar oportunamente a Petróleos Mexicanos una lista completa de materiales, unitarios y totales, con su peso, dimensiones y volumen para prevenir espacios de almacenamiento.

9.3.6 Contar en el lugar de trabajo con dibujos aprobados para construcción, especificaciones y normas para su uso en la ejecución de la obra. En caso de necesitarse soportes adicionales que no hayan sido especificados o que no se muestren en los dibujos para construcción, éstos serán diseñados y suministrados por el contratista para el montaje del termoaislante. Los dibujos para costeo de aislamiento térmico, tanto en equipo como en tubería, deben mostrar con claridad la localización y el dimensionamiento de los soportes.

9.3.7 Presentar sus procedimientos y programas de seguridad del personal, disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar; debiendo observar las normas de seguridad de Petróleos Mexicanos.

9.3.8 La obra no podrá darse por concluida hasta dejar el área en las condiciones que establezca Petróleos Mexicanos. Disponer de los desperdicios conforme a la LGEEPA.

9.3.9 Proporcionar información que certifique el cumplimiento de la LGEEPA y sus reglamentos aplicables en los materiales que emplea, el tipo de actividad que se realiza y los residuos que se generan.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 38 DE 48

9.3.10 Informar a Petróleos Mexicanos el tiempo máximo de almacenamiento de los materiales sin degradación de los mismos. Enlistar, recibir, inspeccionar, almacenar y manejar los materiales termoaislantes y accesorios, con el cuidado suficiente para asegurar su totalidad y prevenirlos de daños ó efectos del clima.

9.3.11 Estar bien familiarizado con el tipo y alcance de la obra a realizarse.

9.3.12 Contar con personal especialista y capacitado para la realización del montaje; y del mismo modo, para la supervisión, control y administración de la obra. El responsable de la obra debe ser capaz de realizar el trabajo en coordinación con la supervisión de Pemex y con otros contratistas que simultáneamente puedan estar trabajando en el proyecto.

9.3.13 Poseer los últimos dibujos aprobados para construcción, especificaciones y normas que apliquen, en la ejecución de la obra.

9.3.14 Desarrollar y poner en práctica procedimientos y programas de seguridad del personal, además de disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar

9.3.15 Remover todo tipo basura y materiales sobrantes del trabajo de montaje. La obra no debe darse por concluida hasta no haber dejado el área en buen estado de limpieza. y disponer de estos desperdicios sin afectar ambiente y equilibrio ecológico.

9.3.16 Garantizar los materiales y el montaje contra defectos y/o mala operación por un periodo de 18 meses a partir de la puesta en marcha o 24 meses después de la entrega de materiales u obra. Lo que ocurra primero.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS Ó INTERNACIONALES.

Esta norma concuerda parcialmente con la NOM-009-ENER1995 "Eficiencia energética en aislamiento térmicos industriales y difiere parcialmente de las características de los materiales mencionados en el numeral 5.5 de la NOM".

11. BIBLIOGRAFÍA.

Estándares ASTM:

ASTM C 195, Mineral Fiber Thermal Insulation Cement.

ASTM C 547, Mineral Fiber Preformed Pipe Insulation.

ASTM C 592, Mineral Fiber Blanket Insulation and Blanketed – type Insulation (Metal – mesh covered)

ASTM C 610 Expanded Perlite Block and Pipe Thermal Insulation.

ASTM C 165, Standard Method For Measuring Compressive Properties of Thermal Insulations

ASTM C 168, Standard Terminology Relating to Thermal Insulating Materials

ASTM C 177, Test Method for Steady - State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded - Hot Plate Apparatus referred to as the Guarded – Hot - Plate

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 39 DE 48

ASTM C 302, Test Method for Density and Dimensions of Preformed Pipe – Covering - Type Thermal Insulation

ASTM C 303, Test Methods for Density of Preformed Block -Type Thermal Insulation

ASTM C 450, Standard Practice for Prefabrication and Field Fabrication of Thermal Insulating Fitting Covers for NPS Piping, Vessel Lagging, and Dished Head Segments

ASTM C 518, Test Method for Steady - State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus referred to as the Heat Flow Meter

ASTM C 692, Evaluating the Influence of Thermal Insulation on the External Stress Corrosion Cracking Tendency of Austenitic Stainless Steel

ASTM C 795, Wicking – Type Thermal Insulation For Use Over Austenitic Stainless Steel.

API 521 Guide for Pressure - Relieving and Depressuring Systems (fireproofing)

NFPA 49, Hazardous Chemicals Data

12. ANEXOS.

12.1 Anexo “A” Ejemplo de cálculo.

Se tiene una línea de 0.3556 m diam (14" diam) con una temperatura de operación de 633 K (360°C). La temperatura ambiente es 305 K (32°C). Se usa como termoaislante colcha de lana de roca de 144 Kg/m³ de densidad con enchaquetado metálico de aluminio. El espesor termoaislante es 0.1016 m (4").

El siguiente procedimiento se aplica para definir el comportamiento del sistema termoaislante.

Resumen de datos:

$$T_{op} = 633 \text{ K (360°C)} \quad T_a = 305 \text{ K (32°C)}$$

$$E_{eq} = r_2 \ln(r_2/r_1)$$

$$r_2 = 0.2794 \text{ m (11")}$$

$$r_1 = 0.1778 \text{ m (7")}$$

entonces:

$$E_{eq} = 0.2794 \ln(0.2794/0.1778) = 0.1263 \text{ m}$$

Ahora bien, la conductividad térmica se determina en función de la temperatura media. Esta, se calcula de manera aritmética, así:

$$T_m = \frac{T_{op} + T_s}{2} \quad [\text{K}] \quad [^\circ\text{C}] \quad (3)$$

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 40 DE 48

Sin embargo, T_s (temperatura de la superficie exterior) es desconocida, ya que es una consecuencia de la transferencia de calor que aún no conocemos, de modo que en este momento tenemos una ecuación de dos incógnitas que debemos resolver por tanteo y error. Para empezar, suponemos una temperatura superficial que cumpla la siguiente condición:

$$T_{op} \gg T_s > T_a$$

T_{ss} : Temperatura de superficie supuesta [K] [°C]

$$T_{ss} = 313 \text{ K (40°C)}$$

entonces,

$$T_m = \frac{633 + 313}{2} = 473 \text{ K (200°C)}$$

por otra parte, la ecuación de la conductividad aproximada de la lana de roca de 144 Kg/m³ es:

$$k = 0.06711 - 2.2641 \times 10^{-4} T_m \text{ [K]} + 4.196 \times 10^{-7} T_m^2 \text{ W/m-K}$$

$$k = 0.05389 \text{ W/m-K (0.04634 kCal-m/h-m}^2\text{-°C)}$$

este valor lo aplicamos en la ecuación (2)

$$Q = \frac{633 - 305}{0.1263/0.05389 + 0.08813} = 134.88$$

$$Q = 134.88 \text{ W/m}^2 \text{ (108.89 KCal/h-m}^2\text{)}$$

Con el resultado de este primer tanteo procedemos a calcular la temperatura de superficie que se deriva de esta transferencia de calor empleando la ecuación.

T_{sc} : Temperatura de superficie calculada [K] [°C]

$$T_{sc} = Q \cdot 1/f + T_a \quad (4)$$

$$T_{sc} = 134.88 \times 0.08813 + 305 = 316.88 \text{ K (43.31°C)}$$

Entonces:

$$T_{sc} - T_{ss} = 316.88 - 313 = 3.88 \text{ K (°C)}$$

Como podemos observar, la diferencia entre la temperatura de superficie calculada y la supuesta es mayor que 1.0, por tanto, siendo este valor el máximo aceptable, hacemos un nuevo tanteo. La secuencia es la siguiente:

$$1) T_{ss} = 317 \text{ K}$$

$$2) T_m = (633 + 317)/2 = 475 \text{ K (202°C)}$$

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERIA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 41 DE 48

$$3) k = 0.05423 \text{ W/m} \cdot \text{K} \text{ (} 0.04663 \text{ k/Cal} \cdot \text{m/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°K)}$$

$$4) Q = (633 - 305) / [(0.1263 / 0.05423) + 0.08813]$$

$$= 135.7 \text{ W/m}^2 \text{ (} 116.67 \text{ kCal/h} \cdot \text{m}^2)$$

$$5) T_{sc} = 135.7 \times 0.08813 + 305 = 316.96 \text{ K (} 43.96 \text{°C)}$$

$$6) T_{sc} - T_{ss} = 316.96 - 317 = - 0.04$$

para este segundo tanteo, T_{ss} es prácticamente igual a T_{sc} , de manera que podemos considerar que el cálculo de la transferencia de calor es correcto. Así, el comportamiento del sistema termoaislante queda definido por los siguientes valores.

$$Q = 135.7 \text{ W/m}^2 \text{ (} 116.67 \text{ KCal/h} \cdot \text{m}^2)$$

$$k = 0.05423 \text{ W/m} \cdot \text{K} \text{ (} 0.04663 \text{ kCal} \cdot \text{m/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$T_s = 317 \text{ K (} 44 \text{°C)}$$

Para sistemas heterogéneos se empleará la siguiente ecuación

$$Q = \frac{T_a - T_{op}}{E_1/k_1 + E_2/k_2 + 1/f}$$

Donde:

E_1 = Espesor de la primera capa de termoaislante.

k_1 = Conductividad térmica de la primera capa de termoaislante.

E_2 = Espesor de la segunda capa de termoaislante.

k_2 = Conductividad térmica de la segunda capa de termoaislante.

12.2 Anexo B

Tabla No. 1													
MÁXIMA TRANSFERENCIA DE CALOR PERMISIBLE A TRAVÉS DEL SISTEMA TERMOAISLANTE													
[W/m] para tubería y [W/m²] para superficies planas.													
DIÁM. NOM. [in/mm]	Temperatura de Operación [K] [°C]												
	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta	Hasta
	333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923
	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
½ / 13	4.80	10.17	15.83	23.58	30.83	40.83	57.39	65.22	76.52	88.18	100.91	115.74	130.56
¾ / 19	5.60	11.02	17.50	26.02	34.17	41.67	59.13	71.30	83.48	95.45	110.00	125.93	141.67
1 / 25	6.40	12.71	20.00	29.27	38.33	46.67	65.22	78.26	87.83	105.45	120.91	131.48	148.15
1½ / 38	8.00	15.25	24.17	32.52	41.67	55.83	73.91	87.83	103.48	118.18	134.55	155.56	174.07
2 / 51	9.60	17.80	27.50	36.59	47.50	58.33	82.61	98.26	103.48	125.45	142.73	164.81	185.19
2½ / 64	10.40	20.34	30.83	40.65	52.50	64.17	90.43	100.87	113.04	136.36	156.36	179.63	201.85
3 / 76	12.80	22.03	35.83	46.34	60.00	72.50	94.78	113.91	126.09	152.73	174.55	191.67	214.81
4 / 102	15.20	23.73	36.67	48.78	64.17	85.00	103.48	124.35	145.22	176.36	190.91	220.37	247.22
5 / 127	13.60	25.42	45.00	56.91	70.00	84.17	109.57	133.04	147.83	183.64	196.27	234.26	261.00
6 / 152	16.00	28.81	48.33	64.23	79.17	95.00	116.52	140.87	151.30	191.82	217.64	246.30	288.85
8 / 203	26.40	36.44	54.17	76.42	86.67	115.00	140.00	155.77	180.87	212.73	245.07	291.67	325.54
10 / 254	32.00	43.22	64.17	81.30	102.50	123.33	151.30	173.91	211.30	250.91	283.31	321.30	375.46
12 / 305	37.60	50.00	74.17	93.50	117.50	140.83	172.17	197.39	240.00	266.36	319.09	362.04	403.42
14 / 358	40.80	54.24	80.00	101.63	126.67	151.67	185.22	212.17	253.04	285.45	322.73	387.96	430.45
16 / 406	46.40	61.02	90.00	113.82	140.83	169.17	206.09	235.65	266.09	315.45	356.36	405.56	473.15
18 / 457	45.60	67.80	100.00	125.20	155.83	186.67	226.09	259.13	292.17	345.45	390.00	443.52	493.21
20 / 508	50.40	74.58	110.00	137.40	170.83	204.17	246.96	281.74	317.39	352.73	422.73	480.56	533.10
22 / 559	55.20	82.20	119.17	149.59	185.00	220.83	256.88	273.91	343.48	380.49	456.36	517.59	572.77
24 / 610	60.00	88.98	129.17	161.79	200.00	209.17	267.86	294.78	368.70	408.18	462.24	521.62	612.04
26 / 660	65.60	95.76	139.17	173.98	185.83	225.00	282.61	325.22	394.78	435.45	492.29	555.17	651.71
28 / 711	70.40	102.54	149.17	186.18	198.33	246.67	300.87	346.09	380.87	463.64	522.73	594.44	660.52
30 / 762	75.20	109.32	158.33	197.56	217.50	261.67	320.00	366.96	405.22	490.91	553.64	628.70	697.64
S. PI	29.60	41.53	58.33	71.54	75.83	89.17	106.96	109.57	133.04	142.73	159.09	177.78	207.41

Notas:

- 1.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
- 2.- Temperatura ambiente = 298 K (25°C)
- 3.- Velocidad de aire = 10000 m/h
- 4.- Emisividad = 0.4

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA ALTAS TEMPERATURAS EN EQUIPOS, RECIPIENTES Y TUBERÍA SUPERFICIAL	No. de Documento PROY-NRF-034-PEMEX-2002
		Rev.: 0 PÁGINA 43 DE 48

Tablas de espesores.

Los espesores de las tablas que se muestran a continuación se ajustan a éste criterio de máxima transferencia de calor.

Espesores Económicos. Tabla No 2													
Preformado de lana de roca (128 Kg/m ³)													
Código NC-6 Clase III.													
Dn	Temperatura de Operación [K] [°C]												
	333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923
in/mm	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
½ / 13	38	51	64	76	76	76	76	76	89	102	102	114	127
¾ / 19	38	51	64	76	76	89	89	89	89	102	102	114	127
1 / 25	38	51	64	76	76	89	89	89	102	102	102	127	140
1½ / 38	38	51	64	76	89	89	89	89	102	114	114	127	140
2 / 51	38	51	64	76	89	102	102	102	127	127	127	140	152
2½ / 64	38	51	64	76	89	102	102	102	127	127	127	140	152
3 / 76	38	51	64	76	89	102	102	102	127	127	140	152	165
4 / 102	38	64	76	89	102	102	114	114	127	127	152	152	165
5 / 127	38	64	76	89	114	127	127	127	152	152	165	178	178
6 / 152	38	64	76	89	114	127	127	140	152	152	165	178	178
8 / 203	38	64	89	102	127	127	127	140	165	165	178	191	191
10 / 254	38	64	89	102	127	140	140	165	165	165	178	191	191
12 / 305	38	64	89	102	127	140	140	165	165	178	191	191	203
14 / 358	38	64	89	102	127	140	140	165	165	178	191	191	203
16 / 406	38	64	89	102	127	140	140	165	178	178	191	203	203
18 / 457	38	64	89	102	127	140	140	165	178	178	191	203	216
20 / 508	38	64	89	102	127	140	140	165	178	191	191	203	216
22 / 559	38	64	89	102	127	140	152	170	170	191	203	203	216
24 / 610	38	64	89	102	127	152	152	178	178	191	203	216	216
26 / 660	38	64	89	102	140	152	152	178	178	191	203	216	216
28 / 711	38	64	89	102	140	152	152	178	191	191	203	216	229
30 / 762	38	64	89	102	140	152	152	178	191	191	203	216	229

Notas:

- 1.- Espesor termoaislante en mm
- 2.- El espesor del acabado no se incluye.
- 3.- Temperatura ambiente = 298 K (25°C)
- 4.- Velocidad de aire = 10000 m/h
- 5.- Emisividad = 0.4



Espesores Económicos. Tabla No 3													
Colcha de lana de roca (144 Kg/m ³)													
Código NC-8													
Dn	RANGOS DE TEMPERATURA (°K/°C)												
	333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923
in/mm	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
½ / 13													
¾ / 19													
1 / 25													
1½ / 38													
2 / 51													
2½ / 64													
3 / 76													
4 / 102													
5 / 127													
6 / 152													
8 / 203	38	64	89	89	114	127	127	152	165	165	178	178	191
10 / 254	38	64	89	102	114	140	140	165	165	165	178	191	191
12 / 305	38	64	89	102	114	140	140	165	165	178	178	191	203
14 / 358	38	64	89	102	114	140	140	165	165	178	191	191	203
16 / 406	38	64	89	102	114	140	140	165	178	178	191	203	203
18 / 457	38	64	89	102	114	140	140	165	178	178	191	203	216
20 / 508	38	64	89	102	114	140	140	165	178	191	191	203	216
22 / 559	38	64	89	102	114	140	152	178	178	191	191	203	216
24 / 610	38	64	89	102	114	152	152	178	178	191	203	216	216
26 / 660	38	64	89	102	140	152	152	178	178	191	203	216	216
28 / 711	38	64	89	102	140	152	152	178	191	191	203	216	229
30 / 762	38	64	89	102	140	152	152	178	191	191	203	216	229
S.P.	38	76	89	102	140	152	152	191	191	216	229	241	254

Notas:

- 1.- Espesor termoaislante en mm
- 2.- El espesor del acabado no se incluye.
- 3.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
- 4.- Temperatura ambiente = 298 K (25°C)
- 5.- Velocidad de aire = 10000 m/h
- 6.- Emisividad = 0.4



Espesores Económicos. Tabla No 4													
Perlita expandida (192 - 224 Kg/m ³)													
Código NC-9													
Dn	Rangos de temperatura (K/°C)												
	333	373	423	473	523	573	623	673	723	773	823	873	923
in/mm	60	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
½ / 13	64	76	102	114	127	127	127	140	152	165	165	165	178
¾ / 19	64	76	102	114	140	127	140	140	152	165	165	165	178
1 / 25	64	76	102	114	140	127	140	152	165	165	165	165	178
1½ / 38	64	76	102	127	140	127	140	152	165	178	178	178	178
2 / 51	64	76	102	127	140	140	140	152	165	178	178	178	191
2½ / 64	64	76	102	127	140	140	140	152	165	178	178	178	191
3 / 76	64	89	114	127	152	140	140	152	165	178	178	191	203
4 / 102	64	89	114	127	152	140	152	165	165	178	191	191	203
5 / 127	64	89	114	127	165	152	165	165	178	191	191	216	216
6 / 152	64	89	114	127	165	152	165	178	191	203	203	216	216
8 / 203	64	102	114	127	165	165	165	178	191	203	216	216	229
10 / 254	64	102	127	140	165	165	178	203	203	216	216	216	229
12 / 305	64	102	127	140	165	165	178	203	203	216	216	216	229
14 / 358	64	102	127	140	165	178	178	203	203	216	216	216	229
16 / 406	64	102	127	140	165	178	178	203	203	216	216	229	229
18 / 457	64	102	127	140	165	178	178	203	203	216	229	229	241
20 / 508	64	102	127	140	165	178	178	203	203	216	229	229	241
22 / 559	64	102	127	140	178	178	191	203	216	229	229	229	241
24 / 610	64	102	127	140	178	191	191	203	216	229	229	241	241
26 / 660	64	102	127	140	178	191	191	203	216	229	229	241	241
28 / 711	64	102	127	140	178	191	191	203	216	229	229	241	254
30 / 762	64	102	127	140	178	191	191	203	216	229	229	241	254
S.P.	64	114	140	152	191	191	203	216	229	241	254	254	254

Notas:

- 1.- Espesor termoaislante en mm
- 2.- El espesor del acabado no se incluye.
- 3.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
- 3.- Temperatura ambiente = 298 K (25°C)
- 4.- Velocidad de aire = 10000 m/h
- 5.- Emisividad = 0.4



Tablas de espesores.

Los espesores de las tablas que se muestran a continuación se ajustan al criterio de protección al personal.

Tabla No 5 Espesores para Protección al Personal										
Preformado de lana de roca (128 Kg/m³)										
Código NC-6 Clase III.										
Dn in/mm	Rangos de temperatura(K/°C)									
	473 200	523 250	573 300	623 350	673 400	723 450	773 500	823 550	873 600	923 650
½ / 13	25	25	38	38	38	51	51	64	64	76
¾ / 19	25	25	38	38	38	51	51	64	64	76
1 / 25	25	38	38	38	51	51	64	64	76	89
1½ / 38	25	38	38	38	51	64	64	76	89	89
2 / 51	25	38	38	51	51	64	76	76	89	102
2½ / 64	25	38	38	51	51	64	76	89	102	102
3 / 76	25	38	38	51	64	64	76	89	102	114
4 / 102	25	38	38	51	64	64	89	89	102	114
5 / 127	25	38	38	51	64	76	89	102	114	127
6 / 152	25	38	38	51	64	76	89	102	114	127
8 / 203	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
10 / 254	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
12 / 305	25	38	51	51	64	76	89	114	127	140
14 / 358	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
16 / 406	25	38	51	51	64	76	102	127	127	152
18 / 457	38	38	51	51	64	76	102	127	140	152
20 / 508	38	38	51	64	76	89	102	127	140	152
22 / 559	38	51	51	64	76	89	102	127	140	152
24 / 610	38	51	51	64	76	89	114	127	140	152
26 / 660	38	51	51	64	76	89	114	127	140	152
28 / 711	38	51	51	64	76	89	114	127	140	152
30 / 762	38	51	51	64	76	89	114	127	140	152

Notas:
1.- Espesor termoaislante en mm
2.- El espesor del acabado no se incluye.
3.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
4.- Temperatura ambiente = 305 K (32°C)



Tabla No 6 Espesores para Protección al Personal										
Colcha de lana de roca.(144 Kg/m3). Código NC-8										
	Rangos de temperatura (K°C)									
Dn in/mm	473 200	523 250	573 300	623 350	673 400	723 450	773 500	823 550	873 600	923 650
½ / 13										
¾ / 19										
1 / 25										
1½ / 38										
2 / 51										
2½ / 64										
3 / 76										
4 / 102										
5 / 127										
6 / 152										
8 / 203	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
10 / 254	25	38	51	51	64	76	89	102	127	140
12 / 305	25	38	51	51	64	76	89	114	127	140
14 / 358	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
16 / 406	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
18 / 457	25	38	51	51	64	76	102	114	127	152
20 / 508	25	38	51	64	64	76	102	114	127	152
22 / 559	25	38	51	64	76	76	102	114	140	152
24 / 610	38	38	51	64	76	89	102	127	140	152
26 / 660	38	51	51	64	76	89	102	127	140	152
28 / 711	38	51	64	64	76	89	114	127	140	152
30 / 762	38	51	64	64	76	89	114	127	140	152
S.P.	38	51	64	64	76	89	114	127	140	165

Notas:

- 1.- Espesor termoaislante en mm
- 2.- El espesor del acabado no se incluye.
- 3.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
- 4.- Temperatura ambiente = 305 K (32°C)



Tabla No 7 Espesores para Protección al Personal										
Perlita expandida (192 Kg/m ³)										
Código NC-9										
Dn in/mm	Rangos de temperatura (K/°C)									
	473 200	523 250	573 300	623 350	673 400	723 450	773 500	823 550	873 600	923 650
½ / 13	25	25	38	38	51	64	64	76	76	76
¾ / 19	25	38	38	51	51	64	64	76	89	89
1 / 25	25	38	38	51	51	64	76	76	89	89
1½ / 38	25	38	38	51	64	64	76	89	89	102
2 / 51	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102
2½ / 64	25	38	51	51	64	76	89	89	102	102
3 / 76	25	38	51	51	64	76	89	102	102	114
4 / 102	38	38	51	64	64	76	89	102	102	114
5 / 127	38	38	51	64	76	89	89	102	114	114
6 / 152	38	38	51	64	76	89	102	102	114	127
8 / 203	38	38	51	64	76	89	102	102	127	127
10 / 254	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140
12 / 305	38	38	51	64	76	89	102	114	127	140
14 / 358	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140
16 / 406	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140
18 / 457	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140
20 / 508	38	51	51	64	76	89	102	114	127	140
22 / 559	38	51	51	64	89	89	102	114	127	152
24 / 610	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152
26 / 660	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152
28 / 711	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152
30 / 762	38	51	64	76	89	102	114	127	140	152
S.P.	38	64	76	89	102	102	114	127	140	152

Notas:

- 1.- Espesor termoaislante en mm
- 2.- El espesor del acabado no se incluye.
- 3.- SP = superficies planas o diámetros mayores a 30 in (762 mm)
- 4.- Temperatura ambiente = 305 K (32°C)