



conalep

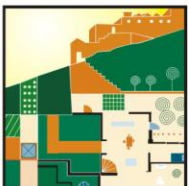
Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica

SEP



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes



PT y PTB
en Construcción

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Programa Energía Sustentable
Componente Edificación**

**Actualización
de los documentos curriculares y
materiales didácticos/técnicos
de la Carrera PT/PTB en Construcción en temas
de Eficiencia Energética**

**Parte 1,
Marzo de 2012**

**Preparado por:
Arq. Elvira Schwane para GOPA – INTEGRATION**

GOPA Consultants
Hindenburgring 18
61348 Bad Homburg
Teléfono: +49-6172-930 215
Fax: +49-6172-930 200
E-mail: gopa-en@gopa.de

INTEGRATION
Bahnhofstraße 9
91322 Gräfenberg
Teléfono: +49-9192-9959-0
Fax: +49-9192-9959-10
E-mail: int-ee@integration.org

Material Didáctico 2

Actualización

de los documentos curriculares y materiales didácticos/técnicos de la Carrera PT/PTB en Construcción en temas de Eficiencia Energética

Parte 1,

Marzo de 2012

Se diseñaron los siguientes tres Materiales Didácticos para completar el material didáctico y los Manuales Técnicos de los módulos de los semestres pares (2, 4, 6):

1 Introducción al tema de Eficiencia Energética en la construcción
para el módulo *Levantamientos topográficos*

2 Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes
para el módulo *Supervisión de los trabajos de albañilería*

3 Eficiencia Energética en Instalaciones para los módulos

Supervisión de los trabajos de instalaciones eléctricas

Supervisión de los trabajos de instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas

Supervisión de la instalación de equipos de Aire Acondicionado

El nuevo Material Didáctico corresponde a los módulos actualizados en sus Programas de Estudio y Guías Pedagógicas de los semestres pares a partir de febrero de 2012.

En la Biblioteca Digital de Conalep encuentran información adicional a los Materiales Didácticos en forma de normas, guías, fichas técnicas, películas descripciones de productos u otras lecturas sobre los temas principales que se tratan en el nuevo material didáctico.

Preámbulo

La disminución en las reservas probadas de petróleo, el incremento en los precios internacionales de los combustibles fósiles y el impacto ambiental que genera su combustión, han originado que en México se incentiven nuevas modalidades de generación de energía.

En la actualidad, en la agenda política nacional cada vez cobra mayor relevancia el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía como una opción viable para diversificar la matriz energética y, con ello, reducir la dependencia hacia los combustibles fósiles. Prueba de ello son la aprobación por parte del congreso de la “Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética” en noviembre del 2008 y la publicación del “Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012” en noviembre de 2009.

Asimismo, para el gobierno el uso eficiente de la energía es de alta importancia y por lo tanto la Eficiencia Energética en la edificación representa un área de ahorro. De conformidad con el Artículo 6 de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, la SENER publicó a finales de 2009 el “Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012”, el cual es el instrumento mediante el cual se establecen estrategias, objetivos, acciones y metas que permiten alcanzar un uso óptimo de la energía. En este programa la estrategia cinco da el marco para la implementación de las medidas de Eficiencia Energética en la edificación.

Por todo ello, es de suma importancia establecer una oferta de formación, capacitación y cooperación para profesionales técnicos en construcción. Dentro de las instituciones educativas resultó el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica CONALEP y la formación del supervisor en la obra que ofrece la Carrera PT/PT-B en construcción como una buena plataforma y multiplicador para la implementación de nuevos temas de uso eficiente de la energía.

El objetivo es que los maestros y los futuros supervisores de obras estén capacitados en temas de Eficiencia Energética y que puedan integrar en la enseñanza y su trabajo diario las mejores prácticas sobre Eficiencia Energética en la construcción (de edificaciones). De esta forma, también se integrará el tema de la gestión consciente y adecuada de recursos y de energía a nivel global y regional, tanto en el sistema educativo como en el campo de construcción.

Antecedentes

En septiembre de 2009, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH —con base en los resultados de una licitación—, contrató a GOPA Consultores con el objetivo de asesorar el componente Edificación. Dicho componente es parte del programa “Energía sustentable en México” y se encarga, entre otros, de apoyar a CONALEP en la complementación con temas específicos de Eficiencia Energética (EE) en la carrera PT/PT-B de construcción.

El proyecto incluye la revisión del plan y programa de estudio vigente (Fase I), la elaboración de complementaciones para los núcleos de la Formación Profesional (Actualización de los documentos curriculares y materiales didácticos/técnicos de Planes de Estudio de la Carrera PT/PTB en Construcción en temas de Eficiencia Energética – Fase II), así como la creación de una Capacitación de los maestros de la Carrera PT/PT-B en Construcción de CONALEP) en temas específicos de Eficiencia Energética en la construcción en el contexto de la actualización de los documentos curriculares y materiales didácticos/técnicos del plan de estudio vigente (FASE III).

Fase I

Entre marzo y junio de 2011, en el contexto de la colaboración de Conalep con el Componente de Edificación, se elaboró un estudio con enfoque al análisis del plan actual y del programa de estudios de la carrera PT/PT-B en Construcción de profesionales a nivel técnico medio superior. En dicha fase se analizaron las formaciones teórica y práctica, los contenidos curriculares vigentes y los materiales de capacitación. Así también, se evaluó la competencia laboral de las carreras y de sus egresados en el desempeño laboral.

El Informe Final que se publicó al fin de la Fase I analiza la situación de la enseñanza en tres planteles de Conalep donde se ofrece la carrera Construcción.



Para dar una visión general de la importancia que tiene el tema de la eficiencia energética (EE), se realizaron entrevistas tanto a maestros y personal administrativo, como a empresas que trabajan con egresados.

En un aspecto más interdisciplinario, se revisaron el plan curricular y el material didáctico ofrecido por Conalep (en su Biblioteca Digital) con respeto a contenidos de temas y ofertas didácticas relacionadas con el tema de eficiencia energética. Se discutió con los maestros el material docente con que imparten sus clases, así como la importancia y el potencial que consideran para el tema de eficiencia energética y su integración en el plan curricular en las capacitaciones a los maestros y para los futuros egresados. Con base en los resultados deducidos de la evaluación a tres diferentes colegios de Conalep, en la revisión de todos los Programas de Estudios y del Material Didáctico de Conalep, así como en el material docente de los maestros, se desarrollaron tres propuestas para integrar y complementar temas específicos de eficiencia energética en el currículum existente de la Carrera Construcción del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep).

Se ofrece como primera propuesta “Formar a los Formadores”, la capacitación del personal académico en temas de eficiencia energética y de esta forma se generaría un efecto multiplicador. Mientras tanto, la segunda propuesta está previendo agregar en el contexto de la Actualización Curricular de Conalep diferentes tipos de material en forma de una complementación de nuevo Material Didáctico (Fase II) al material existente. La tercer propuesta “Proyecto Piloto” desarrolla un esquema que incentiva a elegir la especialización en temas de EE dentro de la Carrera Construcción, en combinación con ofertas para Prácticas Profesionales (PP) y la creación de empleo en el sector de eficiencia energética en la construcción.

Fase II

El objetivo de la proporción de los Materiales Didácticos para los maestros y alumnos de la carrera PT/PT-B en construcción es que estén capacitados en temas de Eficiencia Energética y que puedan integrar en la enseñanza (y su trabajo diario) las mejores prácticas al respecto en la construcción (de edificaciones). En noviembre de 2011, CONALEP terminó la actualización de los Programas de Estudio y las Guías Pedagógicas de la carrera PT/PT-B en Construcción de los semestres pares (2, 4 y 6), incluyendo los nuevos temas de Eficiencia Energética en los módulos que contienen potencial para incluir este tema.

En este proceso, la Componente de Edificación contribuyó con documentos complementarios (Materiales Didácticos) en temas específicos de Eficiencia Energética en la edificación. Basado en el estudio realizado, los siguientes Módulos en la Formación Profesional de los semestres mencionados tienen mayor potencial en relación con temas de Eficiencia Energética, los cuales son el foco principal en los trabajos realizados:

- Supervisión de los trabajos en albañilería
- Supervisión de los trabajos de instalaciones hidráulicas, sanitarias y gas
- Supervisión de los trabajos de instalaciones eléctricas
- Supervisión de la instalación de equipos de aire acondicionado

Una vez finalizada la actualización de los Manuales, se requiere la capacitación técnica de los profesores de la carrera en la nueva temática (Fase III). Está previsto realizar tal capacitación del 7 al 9 de marzo de 2012 en la ciudad de México, esto con la participación de los maestros que imparten dichos módulos en los 14 planteles de la carrera Construcción.

Manejo de los Materiales Didácticos

En seguida se presentan los tres Materiales Didácticos para los semestres pares (2, 4, 6): Material Didáctico 1 “Introducción al tema de Eficiencia Energética en la construcción”; Material Didáctico 2 “Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes”; y, Material Didáctico 3: “Eficiencia Energética en Instalaciones”, el cual incluye las instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de gas, así como de Aire Acondicionado.

Los nuevos contenidos de los Materiales Didácticos responden a las actualizaciones de los Programas de Estudio y a las Guías Pedagógicas de los módulos correspondientes de la carrera de construcción: Levantamientos topográficos; Supervisión de los trabajos de albañilería; Supervisión de los trabajos de instalaciones eléctricas; Supervisión de los trabajos de instalaciones hidráulicas, sanitarias y de gas; Supervisión de la instalación de equipos de Aire Acondicionado.

Los Materiales Didácticos complementan los Manuales técnicos y demás materiales didácticos ya existentes para los módulos mencionados, no obstante, algunos temas transversales también pueden aprovecharse en otros módulos o carreras industriales.

En los subcapítulos se ofrecen diferentes tipos de Actividades en forma de discusiones en grupo, investigaciones caseras y en el internet, así como tareas de comprensión para desarrollar y evaluar las competencias de los alumnos. En el Material Didáctico 2 “Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes”, se solicita un cálculo un poco más laborioso al fin, el “Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor / Factor R” (Cap. 2.5). Esta tarea pide la revisión y aplicación de distintas normas que se proporcionan en el mismo anexo del Material Didáctico, mismas que prescribirán a los responsables en las futuras edificaciones la comprobación de ciertos aislamientos térmicos por medio de dichos cálculos.

En la Biblioteca Digital de Conalep, se encuentra información adicional a los Materiales Didácticos en forma de normas, guías, fichas técnicas y descripciones de productos; así también, se encuentran lecturas sobre los principales temas abordados en el nuevo material didáctico.

Esperamos que tengan una lectura provechosa y una nueva perspectiva en la enseñanza con el material proporcionado. Así también, con el fin de poder mejorar el material didáctico, les pedimos reportar cualquier errata, comentario o idea respecto a los nuevos contenidos.

CONALEP - GIZ/GOPA-INTEGRATION

2 de marzo de 2012

MD 2:

Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes

2. Aislamiento térmico y uso de materiales aislantes

2.1. ¿Qué es el aislamiento térmico y cómo funcionan los materiales aislantes?.....	11
2.1.1. Introducción al aislamiento.....	11
2.1.2. Medidas para ahorrar energía en la edificación.....	15
2.1.3. Aplicación de aislantes térmicos en la construcción	19
2.2. Tipificación de los materiales de aislamiento	24
2.2.1. Origen de los materiales aislantes	24
2.2.2. Tipos de aislantes.....	25
2.2.2.1. Fibras Minerales	26
2.2.2.2. Poliestireno (expandido y extruido) – EPS y XPS.....	27
2.2.2.3. Poliuretanos PUR y Espumas de Poliuretanos SPUR	28
2.2.2.4. Concreto termoaislante.....	29
2.2.2.5. Mezclas de perlita mineral	30
2.2.2.6. Paneles de fibra de madera.....	31
2.2.2.7. Aislamiento térmico y acústico con celulosa	32
2.3. Características físicas de materiales aislantes.....	33
2.3.1. Explicaciones de las características físicas de aislamientos	33
2.4. Marco normativo para el aislamiento	37
2.4.1. Normas para el aislamiento.....	37
2.4.1.1. Especificaciones de los materiales aislantes.. ..	38
2.4.1.2. NOM-020-ENER-2011	40
2.4.1.3. NOM-018-ENER-1997	41
2.4.1.4. NMX-C-460-ONNCCE-2009.....	42
2.4.1.5. Grados días de Refrigeración y de Calefacción	43
2.5. Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor / Factor R	45
2.6. Anexo: Índices, Links, Referencias a la Biblioteca Digital.....	51
APROY- NMX-C460-ONNCEE-2009 para el Cálculo del Valor R.....	58

2.1. ¿Qué es el aislamiento térmico y cómo funcionan los materiales aislantes?

2.1.1. Introducción al aislamiento

La principal característica física de un material aislante es su baja conductividad térmica. Ésta es la característica que expresa la capacidad del material de permitir la transferencia de calor.

Imágenes 1 y 2



¿Cuál es la diferencia entre las dos cafeteras?

Estas dos cafeteras cumplen con la misma función, que es preparar café. La diferencia relevante entre la cafetera blanca y la negra es que la negra almacena el café en un termo. Por lo general un termo consiste de dos capas con una capa de aire sellada o al vacío en el medio, lo que sirve como aislante. Una vez preparado el café, se almacena caliente en el termo y así conserva por mucho tiempo su calor, mientras la cafetera blanca mantiene el café caliente por medio una placa calentadora, que consume permanentemente energía eléctrica. El calor en la jarra se pierde rápidamente, ya que el cristal tiene una alta transferencia de calor.

Entonces, el aislante establece una barrera al paso del calor y/o frío entre dos medios, impidiendo que entre o salga calor o frío; tal y como sucede en una vivienda con aislamiento térmico o en las paredes de un refrigerador. Es importante señalar que según la Segunda Ley de la Termodinámica, la transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor; es decir, automáticamente se pasa la energía de un medio hacia el otro.

Un aislante térmico es un material usado en la construcción y la industria para mantener algo caliente o frío, se caracteriza por su alta resistencia térmica. La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor.

Materiales aislantes

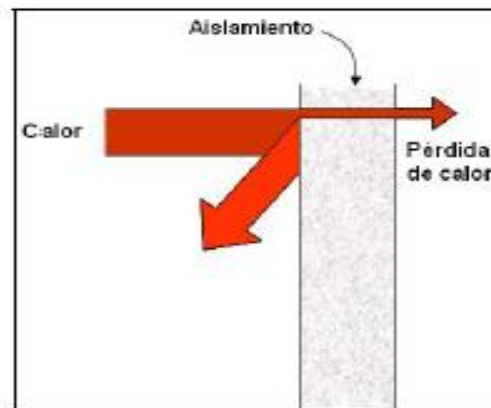
Los materiales de uso frecuente en la construcción como el acero y el vidrio son buenos conductores de calor, es decir, son materiales que dejan transpasar el calor, que no aíslan. Sin un aislamiento térmico, la energía térmica puede transmitirse de manera fácil del interior al exterior y viceversa. Por esto, es muy recomendable recubrir la envolvente (es decir, todas las fachadas de una edificación, incluyendo el techo) con un material que tenga una conductividad térmica baja, es decir, que mantenga la temperatura en el interior del edificio y se defina como un mal conductor de calor. La única función de los materiales aislantes es aislar ya sea térmica y/o acústicamente, mientras otros materiales como el concreto y acero cumplen con la función estructural.

Lo que aísla no es el material, es el aire. Los aislantes contienen más del 90% de su volumen en aire. El aire está constituido por sólidos que forman pequeñísimos espacios, y le impiden su movimiento, lo que implica una baja conductividad térmica. Los sólidos no son reflejantes, sino cuerpos opacos.

La fuerza impulsora para el flujo de calor es la diferencia de temperatura y entre más grande sea, mayor será la velocidad de transferencia de calor.¹

Los aislamientos térmicos actúan como barreras que retardan el flujo de calor entre dos medios a diferentes temperaturas, ya sea del frío al calor o viceversa.

Figura 1



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

¹Fundamentos de transferencia de calor.

En línea: <http://www.hrs-heatexchangers.com/es/recursos/fundamentos-del-intercambio-termico-01-05.aspx>)

Razones para aplicar el aislamiento térmico

A. Para mantener estable la temperatura del interior de una vivienda

Ya sea que se refrigere, se calefaccione o simplemente por el intercambio de temperaturas entre el exterior y el interior de una edificación, el aislamiento térmico permite mantener un rango de temperatura de confort (generalmente entre 18° a 24°C en el que la mayoría de las personas se siente cómoda). Para lograr y mantener esta temperatura se aplican materiales aislantes que ayudan a mantener las temperaturas deseadas en el espacio interior de los edificios.

B. Reducción de ruido y vibración

Un beneficio adicional del aislamiento térmico es su capacidad de amortiguar las ondas sonoras. Con una selección apropiada del material aislante, se pueden lograr además de un aislamiento térmico, también un aislamiento acústico.

C. Reducción de la contaminación ambiental

Cuanto menos energía sea utilizada para calentar o enfriar un espacio, menos recursos naturales y combustibles se consumen, lo que significa una reducción del CO₂ y de otros gases que afectan la salud humana y al ambiente produciendo el “Efecto Invernadero” (se explica en el Capítulo 1: “Introducción al tema de Eficiencia Energética”).

D. Ahorro de dinero y valor agregado

En cuanto menos se utilice el aire acondicionado o la calefacción, menos se gasta en energía y /o electricidad. Cuando la demanda de aire acondicionado se reduce en total a causa de un buen aislamiento, se pueden instalar equipos más pequeños que salen más económicos en la inversión inicial y en el mantenimiento a largo plazo. Para el sector de vivienda en México se estima que con la instalación de aislamiento en techos y muros se reduce la necesidad de refrigeración por lo menos entre un 27 y 38%.

Una vivienda que tiene menos consumo de electricidad resulta más económica a largo plazo que una vivienda donde el habitante paga una factura de electricidad más alta, es así se está aumentando el valor de la vivienda.

Una buena solución de aislamiento térmico en la vivienda se traduce en beneficios como confort, salud, productividad, eficiencia energética y mejora del medio ambiente.

El aislamiento térmico es una técnica económica, de eficacia comprobada y sustentable. Es una de las medidas que más contribuyen al ahorro en el consumo de energía eléctrica y por tanto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Los programas de vivienda sustentable de los institutos federales de vivienda, incluyen dentro de las ecotecnologías requeridas el aislamiento térmico de las nuevas viviendas.

En la medida que se exijan valores mínimos de resistencia o conductividad térmica para los diferentes elementos de la envolvente de la vivienda, los constructores/ desarrolladores deberán especificar sistemas constructivos más eficientes para cumplir con la normatividad vigente.

Actividades / Discusión en grupo



1/ ¿Qué significa que un material tiene buena calidad térmica?

2/ ¿Dónde se utiliza aislamiento térmico?

3/ ¿En dónde utilizas aislamiento en tu vida diaria y por qué?

4/ ¿Cuál es la diferencia entre envolvente y aislamiento?

2.1.2. Medidas para ahorrar energía en la edificación

Diseño bioclimático

Definición Diseño Bioclimático

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales, intentando reducir los consumos de energía.

(Wikipedia, Enciclopedia libre)

En México existen más de 35 millones de viviendas (2010). En aquellas viviendas en donde el aumento en el uso de energía se debe a la necesidad de climatizar el ambiente, el aumento en el consumo de energía se relaciona con tres factores: el clima del lugar, la ineficiencia de los equipos eléctricos y el diseño inadecuado del edificio y su envolvente. El diseño del edificio y su entorno deben considerar criterios bioclimáticos, como la topografía y el microclima del lugar, la vegetación, materiales naturales y recursos *in situ*, la ubicación y orientación del edificio, los materiales de construcción, la ventilación natural, el control solar y el enfriamiento o calefacción pasivos, así como equipos eficientes.

Confort térmico

Las condiciones de comodidad o confort térmico dependen de las variables del medio ambiente y de las diferentes condiciones físicas, como la temperatura del aire, la velocidad del aire, la temperatura de superficies en el espacio interno y la humedad del aire.

La temperatura equivalente para sentirse cómodo en una vivienda se ha definido en México entre los 18 y 24 °C. Las temperaturas por debajo de 18 °C normalmente requieren de calefacción, mientras que temperaturas arriba de 24 °C requieren de enfriamiento.

El confort en la vivienda se puede lograr por medio de una serie de soluciones sencillas y poco costosas, que modifican la humedad y permiten limitar las ganancias o pérdidas de calor dentro de la vivienda, enfriarla de una manera más económica, o calentarla, si es el caso.

Zonas térmicas o climáticas

México presenta una gran variedad de climas, se dividen según la clasificación de CONAFOVI (2005) en siete zonas ecológicas con nueve tipos de bioclimas (King, 1994 y Morillón 2004).

Mientras en unas zonas se requiere el enfriamiento de la vivienda, en otras se necesitan calentar las viviendas en ciertas épocas del año.

Para el aislamiento térmico de edificaciones se han establecido diferentes normas y recomendaciones que consideran las diferentes condiciones climáticas de las diferentes zonas. Mas información sobre las zonas térmicas o climáticas con el listado de las localidades se encuentra en el MD 1: “Introducción al tema de Eficiencia Energética en la construcción”

Imagen 3: Zonas térmicas en Mexico

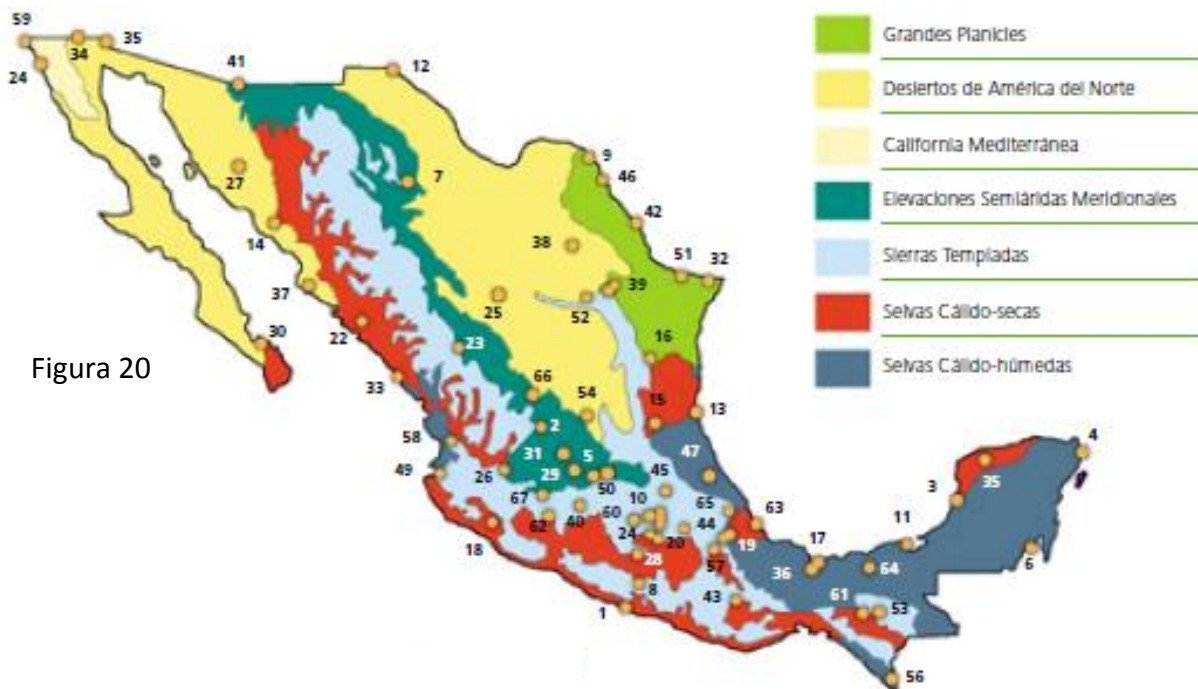
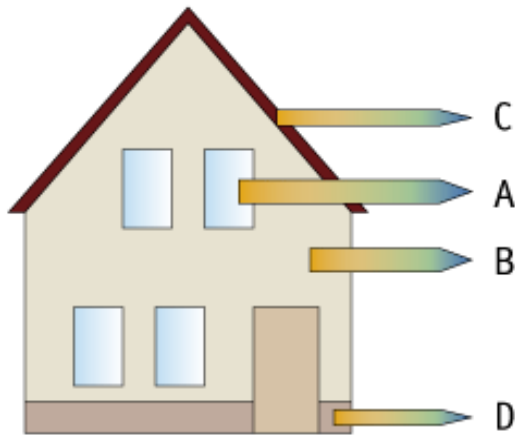


Figura 20

Fuente: CONAVI, Código de Edificación de Vivienda, 2007

Pérdidas y Ganancias de calor / frío

Figura 2



La mayor parte del calor o frío se pierde o gana principalmente por los techos y muros.

A través de estos elementos se transmite un 60% del total de las pérdidas o ganancias de calor de las edificaciones (C, B).

Otro 15% de este flujo se da a través del suelo, hacia el terreno y viceversa (D).

Un 10%, a través del acristalamiento de las ventanas (A).

Por ventilación se pierde o gana alrededor del 15% restante.

Medidas constructivas para aprovechar o bloquear el sol

El sol puede ser nuestro aliado, su recorrido entrega más luz y calor en el lado sur de la casa durante todo el año. El oriente sólo recibe sol en las mañanas y el poniente en las tardes. El lado norte casi no recibe sol. Por eso lo más básico en el diseño es la orientación adecuada y correspondiente de la casa, de sus fachadas y sus aberturas como tragaluces, ventanas, etc. Según la necesidad de la zona climática y de la época de año se puede prever la entrada o el bloqueo de sol con medidas naturales y constructivas.

La medida más natural es plantar árboles altos, parras y enredaderas que dan sombra en verano y dejan pasar el sol en invierno cuando caen las hojas. Patios internos, pérgolas y espejos de agua contribuyen a mantener un clima interno fresco en los edificios. En el diseño del edificio se pueden implementar dispositivos que regulen la entrada de sol, como sombreas sobre las ventanas. Las ventanas y tragaluces dejan escapar el calor en invierno y en verano introducen el calor al interior; es por esto que la instalación de ventanas térmicas de doble vidrio contribuyen a mantener el calor o el frío al interior de la vivienda. Se pueden elegir materiales para los muros con la capacidad de bloquear, amortiguar o almacenar (con masa térmica) el calor. Recubrimientos y superficies reflectantes y claras reflejan la radiación solar y con ella el calor, colores oscuros la absorben.

Otra manera de aprovechar la energía solar, es mediante la instalación de tecnologías solares, las cuales aprovechan la radiación solar y la transforman en calor (p.e calentadores solares de agua) o electricidad (p.e. sistemas fotovoltaicos). Estas tecnologías se explican en el MD3 “Instalaciones.”



Actividades / Discusión en grupo

1/ ¿Qué factores deben considerarse en un diseño bioclimático?

2/ ¿Cuáles son los componentes del confort térmico?

3/ ¿Dónde es la pérdida o ganancia más grande de calor / frío en una vivienda?

4/ ¿Dónde se aplican materiales aislantes en los edificios?

2.1.3. Aplicación de aislantes térmicos en la construcción

El aislamiento térmico se aplica en diferentes ramas de la construcción, para cada especialidad se desarrollaron materiales aislantes correspondientes. Podemos encontrar las aplicaciones típicas en:

- Envoltentes de edificios: paredes, techos y entrepisos ventilados.²
- Puertas y ventanas (este tema se detalla en la materia “Acabados”)
- Instalaciones hidráulicas: calentadores, boilers y conductos
- Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado (se detalla en “Aire Acondicionado”)

Distintas normas mexicanas y reglamentos definen para qué zonas climáticas y en qué partes de la construcción o de sistemas e instalaciones en edificios (residenciales o no residenciales) se requieren aislamientos térmicos (véase capítulo 3.4. Marco normativo para el aislamiento).

Para cada material termoaislante se debe publicar por parte de su productor una ficha técnica con ciertas especificaciones sobre el material (véase capítulo: 3.4.1.1. Especificaciones de los materiales aislantes), y se dan informaciones para la aplicación y colocación del material.

Estas informaciones técnicas deben estudiarse con antelación o con la entrega del material por parte del arquitecto, supervisor e instalador (que puede ser el albañil, el carpintero, el plomero u otro artesano que coloque material termoaislante).

El supervisor puede ser encargado de revisar la aplicación correcta del material termoaislante para garantizar la hermeticidad del envoltente y del edificio.

Cualquier fuga en las ventanas, puertas u otros huecos debilitan el aislamiento e impiden la hermeticidad de un edificio.

Los diferentes aislantes se colocan en su forma específica según el campo de aplicación y el tipo de aislante, sea con fijación mecánica, con material adhesivo (i.e. cemento), como aditivo a un material (i.e. en un recubrimiento) o como relleno (i.e. perlita mineral).

² Para mejorar el aislamiento de piso contra el calor o frío se pueden construir pisos y techos con canales huecos donde pasa el aire. Los huecos se encuentran dentro de las losas de cemento o ladrillos y cruzan como canales de un a otro del denominado entrepiso ventilado o del techo.

Cabe mencionar que ningún material aislante puede fungir constructivamente, es decir que los aislantes se montan en cima, debajo o dentro de materiales y sistemas constructivos tradicionales, o se presentan como sistemas multicapas (i.e tablas multicapas o tablas sandwich), o como bloques o tabiques térmicos que combinan los aislantes con materiales tradicionales en una nueva forma.

Puentes Térmicos

Para que los aislantes térmicos puedan cumplir su función de envolvente que impide la transferencia de calor y frío, se deben considerar en su aplicación las siguientes reglas básicas:

- a) El material aislante debe colocarse en un mismo nivel y de forma continua para evitar puentes térmicos que causan una pérdida de calor/frío.

Un puente térmico es parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

- Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio,
- De materiales de diferentes conductividades térmicas; y/o un cambio en el espesor y/o,
- Una diferencia entre áreas interiores y exteriores, tales como intersecciones de paredes, suelos o techos.

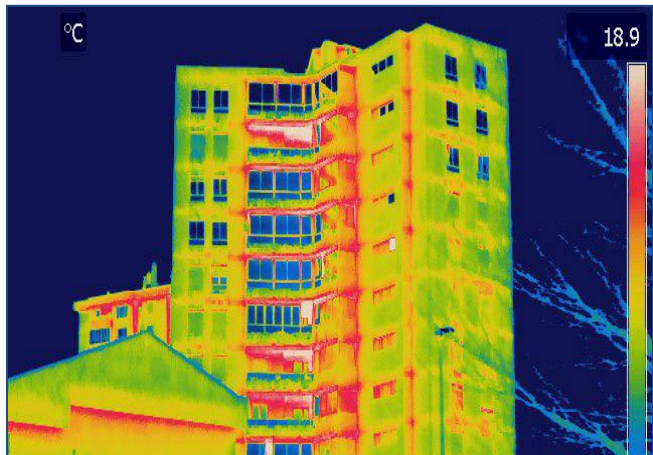


Imagen 4: Una foto termográfica aprueba la hermeticidad, mostrando las diferentes zonas de calor y así las fugas térmicas o los puentes térmicos (en rojo).

- b) El material aislante debe cubrir la intersección con los muros perimetrales.
- c) La NMX-C460-ONNCCE-2009 también define para muros:
El material aislante o el aislamiento estructurado debe colocarse en forma continua para

evitar en lo posible puentes térmicos, solo puede ser interrumpido por tuberías y canalizaciones para las instalaciones o por muros o elementos estructurales que intercepten al muro exterior y por columnas. En su caso, la solución constructiva debe considerar barreras de humedad y/o de vapor.

Barreras de humedad y/o de vapor

Una barrera de vapor es un material, producto o componente de un muro o techo que proporciona resistencia a la transmisión de vapor de agua en forma continua sobre la totalidad de la superficie del muro o techo (NOM-020-SENER-2011).

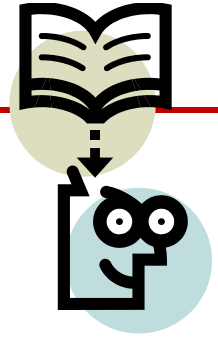
Como barrera de vapor puede fungir cualquier lámina o material que ofrezca gran resistencia al paso de vapor de agua. No son completamente impermeables al vapor de agua pero son materiales de poca permeabilidad como el vidrio, láminas de metales (i.e papel aluminio), papel de estraza y de cera, láminas de polietileno o bituminosas y determinadas pinturas. Para sellar la fuga o interrupción se aplican también cintas herméticas. Las barreras de vapor se colocan en el lado caliente de los cerramientos, pues su función es evitar que pase vapor desde el lado caliente al lado frío, que es la situación en la que se produce la condensación³.

En caso de que se genere condensación dentro de los materiales de la construcción por la instalación de aislantes térmicos, el agua puede causar deterioro o daños a los materiales que forman la construcción si no se toman las medidas pertinentes. Se pueden dañar los recubrimientos como el yeso, la pintura y hasta los mismos aislantes térmicos. Además, se pueden ocasionar daños a la construcción debido a la aparición de agentes biológicos como bacterias, moho, hongos y plantas.

³ **Temperatura y condensaciones en la envolvente**

El aire del ambiente siempre tiene un contenido de vapor de agua en equilibrio gaseoso con el aire, dando lugar a una presión parcial de vapor de agua representada por gramos de agua por kilo de aire seco. La cantidad de vapor de agua máxima admisible en el aire depende de la temperatura y es creciente con ella, cantidades de vapor de agua menores que el máximo admisible se mantienen en equilibrio indefinidamente. Por el contrario, si la cantidad de vapor tendiera a ser mayor que la admisible, el exceso no puede mantenerse en equilibrio y se condensaría. Se denomina "Humedad relativa" (HR) al porcentaje de vapor de agua en el aire, a una temperatura dada, respecto a la cantidad de vapor máxima admisible en el límite de la condensación (NMX-C460-ONNCCE-2009).

En México existen ciudades donde el uso del aire acondicionado es usual y donde se presentan altas humedades relativas y altas temperaturas. En consecuencia, en estas circunstancias deberán aplicarse barreras para vapor.



Para saber más sobre la aplicación correcta de aislantes se puede estudiar en la BD siguientes documentos:

1/ La Ponencia del Ing. Miguel Silva Conde, Corporación GEO:

“Uso de aislamiento térmico en la vivienda “con varias ilustraciones como se colocan diferentes materiales aislantes.

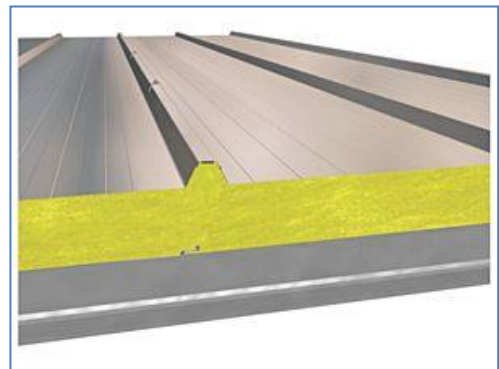
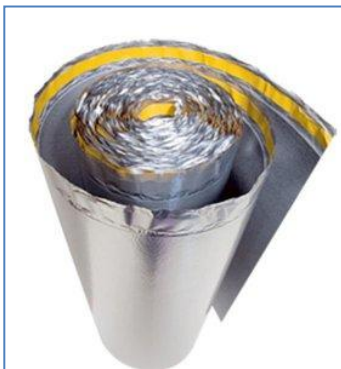
2/ De la marca DOW con el producto Styrofoam el documento: “Aislamiento térmico de cerramientos verticales y puentes térmicos.

3/ Ejemplos de típicos puentes térmicos en la imagen: PuentesTérmicos.

Dentro de las aplicaciones existen diferentes presentaciones de aislamiento térmico:

Paneles de material aislante, paneles mixtos de aislante con un material de soporte, paneles sándwich, fibras sueltas, fibras con capa de cobertura, colchas y colchonetas armadas, espumas, granulado. Los aislantes también se pueden agregar como aditivos en recubrimientos como al cemento para conseguir aplanados y pisos con características térmicas. Para conductos y tubería existe aislamiento especial de revestimiento, para ventanas y puertas cintas aislantes o espuma de poliestireno.

Imágenes 5-10: Presentaciones de aislamiento térmico



Actividad

¿Qué imagen pertenece a qué tipo de presentación de aislamiento y de qué material consiste?

2.2. Tipificación de los materiales de aislamiento

2.2.1. Origen de los materiales aislantes

Los materiales aislantes se clasifican según su origen en natural, artificial o sintético.

Materiales naturales son aquellos que se encuentran en la naturaleza. Existen minerales (metales, piedra, arena), vegetales (madera, corcho, algodón, fibras vegetales) y animales (cuero, lana).



Imagen 12: Tabla aislante de papel reciclado

Los materiales artificiales son aquellos fabricados por el hombre a partir de los naturales como el papel.

Los materiales sintéticos son aquellos creados a partir de otros materiales como todos los polímeros, derivados del petróleo.

Los materiales aislantes se clasifican por su origen y por sus *características físicas*, tema que tratará en el próximo capítulo. En el sector de la construcción en México se emplean más los materiales sintéticos como materiales aislantes, debido entre otros factores a la disponibilidad del mercado, la disposición de petróleo y a la inalterabilidad del material, lo que garantiza una buena capacidad de aislamiento. A su vez, este tipo de materiales aislantes tienen algunas desventajas desde el punto de vista ecológico al estar fabricados con materias primas no renovables, con altos consumos de energía primaria y por la dificultad de reciclarlos.

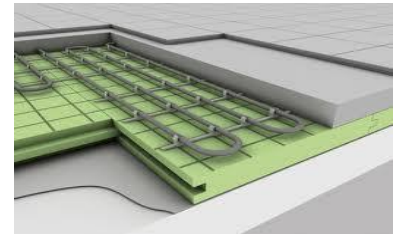
Por otra parte, muchos materiales naturales han servido tradicionalmente para guardar el calor y hasta hoy día se aplican como aislantes en la construcción, como la lana de oveja (suéter de lana) o de cáñamo. También existen aislantes de materia reciclada (como la celulosa de papel), los cuales por ser materiales naturales y/o reciclables, contribuyen a ahorrar recursos, definiéndose así como materiales ecológicos o amigables al medio ambiente.

Imagen 11



Fibra de cáñamo para aislar, con estera de paja para fijar

Imagen 13



Sistema de calefacción de piso con aislamiento de Styrodur

Definición “Producto ecológico / amigable al medio ambiente”

“Los productos amigables con el ambiente son aquellos que son menos perjudiciales para el medio ambiente y/o la salud humana que productos competidores que sirven para el mismo propósito”. (Eco Buy 2006)

La amigabilidad de un material al medio ambiente se determina por:

- a) el material (si el recurso es escaso, si es regional, si es nocivo o cancerígeno)
- b) la durabilidad del producto (que influye también en el montaje cuando se trabaja fácil o si es difícil a montar y sobra mucho recorte)
- c) su reciclabilidad (difícil a reciclar son sistemas donde los diferentes materiales no se pueden dividir más; varios tipos de plásticos todavía no se reciclan en México)
- d) el esfuerzo energético para producir el material (la energía invertida)

La energía que contiene un material se constituye de la energía primaria de los recursos primarios invertidos (fuentes energéticas primarias), de la energía para la producción, y de la energía para el transporte (de los recursos y materiales producidos). Con estos índices se cuantifican las emisiones de los gases de efecto invernadero (en forma de bióxido de carbono y otros gases equivalentes: CO₂equ.), ya sea de un material o de un servicio.

2.2.2. Tipos de aislantes

Existen muchos tipos de materiales aislantes y los principales que se encuentran en México son:

- Fibras Minerales (lana mineral y fibra de vidrio)
- Poliestireno (expandido y extruido)
- Poliuretano y Polisocianurato
- Concreto celular
- Mezclas de perlita mineral
- Paneles de fibra de madera

Actividad / Discusión



¿Qué es un producto ecológico?

¿Un producto ecológico de China es mejor o peor que uno de México?, ¿Por qué?

¿Qué aislante consideras como el más ecológico y por qué?

Fuente:

www.archiexpo.es/cat/materiales-de-construccion/aislantes-de-fibras-naturales-AC-1245.html

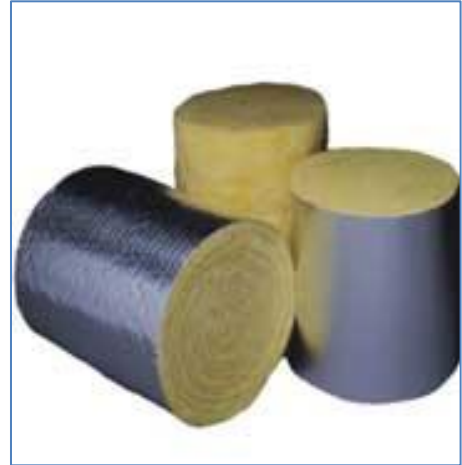
2.2.2.1. Fibras Minerales

Las fibras minerales son fibras de roca, vidrio y escoria, con o sin aglutinante, y se ofrecen en diferentes presentaciones en el mercado.

Pueden ser placas, rollos y colchonetas armadas. También se ofrecen en forma granulada para usarse en la envolvente térmica de todo tipo de edificaciones, fachadas, cubiertas, entrepisos, plafones, muros y cimentaciones.

La *fibra mineral de vidrio* es un material inorgánico fibroso que contiene silicatos de aluminio o de calcio y se produce a partir de roca, arcilla, escoria y vidrio.

La *fibra mineral de roca* es semejante a los vidrios volcánicos, se produce a partir del basalto o de la escoria de alto horno, o incluso, una combinación de ambos.



Pueden tener un recubrimiento superficial o reforzado, como una malla o una hoja de aluminio que también sirve como una barrera de vapor. Las fibras también sirven como aislantes acústicos, por lo que muchos materiales de las diferentes marcas se ofrecen en el mercado como aislantes termoacústicos.

Aplicación: En cualquier caso, las fibras minerales requieren de una estructura constructiva dentro de la cual se instalan. El calibre estructural es de lámina esmaltada o de aluminio y se reticula a las medidas de la placa que se pone encima (i.e. tabla de yeso) y/o del ancho del material aislante.

Por su flexibilidad se instalan fácilmente entre muros, bajo techos y entre muros divisorios interiores a base de placas de yeso y sobre el plafón. Las colchas, colchonetas o rollos se cortan fácilmente a mano y se adaptan a inclinaciones y a superficies irregulares de equipos y tuberías. Las fibras finas irritan las vías respiratorias y la piel, así se trabajan con protección de boca y de manos.



Imágenes 14/15:
Fibras minerales instalados dentro de un calibre estructural

2.2.2.2. Poliestireno (expandido y extruido) – EPS y XPS



Imagen 16: Sistema de bovedillas con EPS

La abreviación para aislantes de poliestireno expandidos es EPS y para poliestireno extruido es XPS. El poliestireno expandido se elabora a partir de resina de poliestireno por proceso de expansión previa y moldeo en forma discontinua, produciendo una espuma rígida de estructura celular cerrada. El poliestireno extruido es elaborado a partir de resina de poliestireno por un proceso de extrusión continua. Los productos finales tienen la misma presentación.

Los materiales aislantes se presentan en forma de placas de poliestireno expandido y de bovedillas de poliestireno expandido.

Aplicaciones: El poliestireno se presenta comúnmente en tablas que por su rigidez se colocan de forma fácil en superficies planas como paredes y techos. Se pegan con cemento o se montan con fijación mecánica como con tornillos y placas. No deben quedarse fugas entre las tablas montadas y/o en su intersección con otras partes constructivas. Las tablas se pueden recubrir con una malla como portador del revoque o directamente con un aplicado (por ejemplo, cemento).

SISTEMAS DE AISLAMIENTO PARA LA ENVOLVENTE DE LA VIVIENDA			Actividad
			<p>Estudia en la BD la ponencia de CONAVI sobre los diferentes tipos de aislamientos y sus aplicaciones.</p>
		<p><i>Imagen 17:</i></p> <p><i>Aplicación de aislantes en la construcción de viviendas GEO</i></p>	

2.2.2.3. Poliuretanos PUR y Espumas de Poliuretanos SPUR

Los Poliuretanos se presentan en el mercado en forma de termoestables o termoplásticos. Los termoplásticos se presentan en forma de planchas y bloques, planchas revestidas y paneles encolados, en tipo de paneles sándwich.

De los poliuretanos termoestables más habituales están las espumas (SPUR), frecuentemente utilizadas en forma de aerosol (spray) como aislantes térmicos.

Aplicaciones: La espuma (SPUR) es una mezcla de dos componentes que se reúnen en la punta de una pistola y constituye una espuma que se rocía en losas de concreto, en las cavidades de la pared, contra la parte interior de revestimientos, o a través de los agujeros perforados en revestimientos o paneles de tablaroca, o en la la cavidad de un muro terminado.

Imagen 18



Aplicación de espuma como aislante (SPUR)

Pregunta: ¿Por qué traen protección respiratoria los instaladores de la espuma?



Información adicional e importante sobre el producto:

Muchas de estas formas de aislamiento (excepto espuma hormigón) al quemarse liberan al aire químicos nocivos y vapores tóxicos. Los gases usados en la expansión son extremadamente tóxicos para la salud humana.

Muchas espumas utilizan HCFCs (Hidroclorofluorocarburos) o HFCs (Hidrofluorocarburos) como agentes espumantes. Ambos son potentes gases de efecto invernadero, y los HCFC tienen algún potencial de agotamiento del ozono.

2.2.2.4. Concreto termoaislante

El concreto termoaislante, llamado también concreto ligero, es un concreto de peso ligero con propiedades de aislamiento térmico, empleado en la construcción de losas de azoteas y de muros de las edificaciones.

El *concreto ligero celular* es un concreto de peso ligero, el cual contiene células macroscópicas estables de aire distribuidas uniformemente dentro de la mezcla. Las células de aire comúnmente se agregan a la mezcladora, en forma de espuma estable preformada, dosificada desde una boquilla calibrada e integrada a fondo en la mezcla. Los concretos celulares pueden incluir o no arena y/o grava.

Se pueden adicionar agregados ligeros artificiales tales como arcilla, pizarras expandidas, ceniza volante sinterizada, perlita y vermiculita, o bien, agregados ligeros naturales como pómez, escoria o toba.

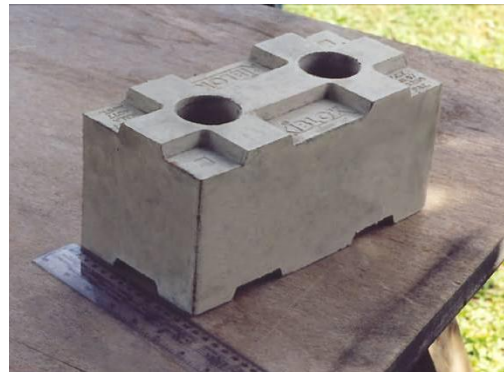
Aplicaciones: Existen tapeques, bloques, paneles y otros elementos prefabricados de concreto celular que se colocan como cualquier otro tipo de tabique o bloque de cemento.

Fuentes:

<http://maturin.olx.com.ve/bloques-y-prefabricados-de-concreto-celular-iid-180486741>

<http://www.pamacon.com.mx/>

Imágenes 19/20



Bloques de concreto celular

2.2.2.5. Mezclas de perlita mineral

La perlita es un mineral que aparece en la naturaleza, tiene la propiedad poco común de expandirse en profusión cuando se calienta lo suficiente. Debido a su baja densidad (30–150 kg/m³) y precio relativamente bajo, han aparecido muchas aplicaciones comerciales de ésta.

En México existen varios yacimientos como en Durango. *Termolita* es una de las principales empresas procesadoras en México y es una exportadora a nivel internacional.

La perlita atiende a diferentes mercados:

Uno es el de la construcción con aislamiento térmico como: relleno dentro de losas y muros; como agregado ligero a bloques de cemento termoaislantes (véase Cap. 3.2.2.4); o ya mezclada con acabados para servir como recubrimiento térmico de muros y fachadas.

Otro uso en la construcción es como relleno para pendientes pluviales en azoteas.

Otros mercados son el uso como aditivo liviano en morteros ignífugos y como aditivo de la arcilla en alfarería.

Imagen 21



Fuente: <http://www.termolita.com.mx/>
BD: Termolita

Bloques de concreto con aditivo de perlita
Perlita mineral como relleno
3 tipos de recubrimientos de la marca Termolita.

2.2.2.6. Paneles de fibra de madera

Tablas de fibra de madera



Los tableros de fibras de madera, empleados como aislamiento en la construcción, se fabrican a partir de restos de madera aglomerados con agua y posteriormente prensados.

Estas tablas, por estar fabricadas con restos de la industria forestal, por el empleo de agua como aglomerante y por ser biodegradables, se caracterizan como un material amigable al medio ambiente.

Los paneles tienen una estructura porosa que favorece la difusión de vapor y la calidad de absorber ondas sonoras. Estos pueden utilizarse en el aislamiento acústico y térmico de tejados, muros, suelos y paredes.

Link: <http://www.gutex.de/en/Home/>

En México existen tablas de fibra de madera en forma de tablas de fibra de densidad media (DM o MDF por su siglas en inglés de *Medium Density Fibreboard*), pero no son para el aislamiento térmico.

Tablas de fibra de madera

Las tablas de fibra de madera reforzadas están compuestas aproximadamente en un 60% de fibras largas y resistentes de madera y en un 40% por cementantes minerales (cemento Portland). En su fabricación, se mezcla cemento, agua y cloruro de calcio con las fibras de madera, para posteriormente colocar uniformemente la mezcla en un molde donde se adhiere por presión. Las tablas ligeras (240 kg/m^3 a 500 kg/m^3 ,) y porosas (no estructurales) se aplican en muros, techos y cubiertas; por ejemplo, en cimbras perdidas y en falsos plafones.

Imagen 23: Tablas de fibra de madera



Fuente: <http://www.pamacon.com.mx>



Imagen 22: Falso techo de tablas de fibra de madera, encima se meterán tejas

2.2.2.7. Aislamiento térmico y acústico con celulosa

La presentación principal del aislamiento celulosa es en grano aunque también existe en forma de tablas. Se insufla en cámaras de ventilación, en fachadas, en buhardillas, en entrepisos, en falsos techos y entre paneles de tablaroca.

La celulosa consiste en papel periódico reciclado, molido y triturado. Se agregan sales bóricas (Bórax) contra plagas de insectos y para proporcionar resistencia al fuego.

El material aislante de celulosa es 100% material reciclado (madera/papel) y no contiene ninguna sustancia nociva.

Imagen 24



Ingredientes del aislamiento de celulosa

Imagen 24



Aplicación pulverizada

También puede aplicarse de forma pulverizada, adherida con presión y agua en superficies porosas, donde aisle y absorba ondas sonoras.

BD:

IsoCell_AislanteCelulosa

Fuente:

<http://isofloc.com/index.php?com-cellulose-thermal-insulation>

En México la comercialización y la aplicación de la fibra de celulosa casi no existen, ni para aislamiento acústico ni para aislamiento térmico.

Una vista general sobre diferentes materiales de aislamiento se puede consultar en la página web: <http://www.archiexpo.de>

2.3. Características físicas de materiales aislantes

2.3.1. Explicaciones de las características físicas de aislamientos

Los **Aislantes térmicos** son materiales específicamente diseñados para reducir el flujo de calor limitando la conducción, convección o ambos. Las barreras de radiación, son materiales que reflejan la radiación, reduciendo así el flujo de calor proveniente de fuentes de radiación térmica. Los buenos aislantes no son necesariamente buenas barreras de radiación, y viceversa. Los metales, por ejemplo, son excelentes reflectores pero muy malos aislantes.

La efectividad de un aislante está indicada por su Resistencia, para la cual que se maneja el Valor "R".

Las unidades para la resistencia de aislantes térmicos ("Valor R") son en el Sistema Internacional: m^2K/W .

Las unidades para el coeficiente de conductividad o transmitancia térmica (Factor "k" o Factor "U", se manejan ambos modos) es el inverso del Valor R: $U= 1/R \quad (W/m^2K)$

Wikipedia, Enciclopedia libre

Segunda Ley de la Termodinámica para la transmisión de calor

En física, la transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo, por ejemplo, un objeto sólido o un fluido, está a una temperatura diferente de la de su entorno u otro cuerpo, *la transferencia de energía térmica*, también conocida como transferencia de calor o intercambio de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío, como resultado de la Segunda Ley de la Termodinámica. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos en proximidad uno del otro, la transferencia de calor no puede ser detenida; sólo puede hacerse más lenta. (Wikipedia, Enciclopedia libre)

Resistencia Térmica y Conductancia Térmica

La Resistencia térmica (R) y la Conductancia térmica (C) de los materiales son recíprocas una con otra y pueden derivarse de la conductividad térmica (k) y el grosor de los materiales.

Valor k – Conductividad Térmica

La conductividad térmica es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable al atravesar una unidad de área de un material homogéneo inducido por una unidad de gradiente de temperatura en una dirección perpendicular a esa unidad de área, W/m·K.

(1)

$$k = q \frac{L}{\Delta T}$$

En donde,

L – Grosor del espécimen (m)

T – Temperatura (K)

q – Velocidad del flujo de calor (W/m²)

Valor R – Resistencia térmica

La Resistencia térmica es la diferencia de temperatura, en estado estable, entre dos superficies definidas de un material o construcción que induce una unidad de velocidad de flujo de calor al atravesar una unidad de área, K·m²/W. De acuerdo a esta definición y a la Ecuación 1, se puede obtener, por lo tanto, la Ecuación 2.

Según lo indicado en la Ecuación 2, el valor de la resistencia térmica puede determinarse dividiendo el grosor entre la conductividad térmica del espécimen.

(2)

$$R = \frac{\Delta T}{q} = \frac{L}{k}$$

Valor C – Conductancia térmica

La Conductancia térmica es el tiempo que emplea el flujo de calor en estado estable al atravesar una unidad de área de un material o construcción inducido por una unidad de

diferencia de temperatura entre las superficies del cuerpo, en $W/m^2 \cdot K$. El valor C , por lo tanto, es el recíproco del valor R y puede ser expresado como Ecuación (3).

(3)

$$C = \frac{q}{\Delta T} = \frac{1}{R} = \frac{k}{L}$$

Nota: La conductancia térmica depende del espesor (l) del material, mientras la conductividad térmica se refiere a la unidad de espesor del material.

Fuente: C-Therm Technologies

Link:

http://www.ctherm.com/products/tci_thermal_conductivity/helpful_links_tools/thermal_resistance_thermal_conductance/lang/es/

Permeabilidad de Vapor de Agua / Permeancia de Vapor de Agua. Es el producto de la permeancia por el espesor. La permeabilidad de vapor de agua de un material homogéneo es una propiedad del material y es la cantidad de vapor de agua transmitida por unidad de tiempo a través de una área dada de material, por unidad de diferencia de presión de vapor entre sus caras por una unidad de espesor, expresada en el sistema internacional como $ng/Pasm$, o en el sistema inglés como *Perm*.⁴

Adsorción de humedad: Proceso a nivel microscópico que consiste en que un sólido poroso tiene la capacidad de retener en su superficie partículas de un fluido cuando entran en contacto. La Adsorción de humedad se define según la norma como retención, adhesión o concentración en la superficie de un sólido de sustancias disueltas o dispersas en un fluido.

⁴ Especificación Sello FIDE. En línea: http://www.fide.org.mx/uploads/ESP4426_3.pdf



Actividades / Discusión

Contesta siguientes preguntas:

1 / ¿Cuál es la diferencia entre la conductividad térmica y la resistencia térmica?

2/ ¿Cuál es la diferencia entre el Factor U, el Factor R y el Factor k?

3/ ¿Qué relevancia tiene la Segunda Ley de Termodinámica para la conductividad térmica, para la pérdida o ganancia de calor y para materiales aislantes?

2.4. Marco normativo para el aislamiento

Las normalizaciones y certificaciones en México se otorgan y evalúan por diferentes instituciones. Para el sector de la construcción existen, según el campo de ingeniería, la especialidad y el material, diferentes normas y organismos competentes. Más información sobre el marco normativo en el campo de construcción y sus organismos y programas correspondientes se encuentra en el MD sobre normas.

Una Norma Oficial Mexicana (NOM) es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes a través de sus respectivos Comités Consultivos Nacionales de Normalización. Las NOM establecen requerimientos mínimos de seguridad que debe cumplir un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, empaque, marcado y/o información comercial. Una Norma Mexicana (NMX) define reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como lo relativo a su simbología, embalaje, empaque, marcado o etiquetado y/o información comercial.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Última Reforma DOF 30-04-2009

2.4.1. Normas para el aislamiento

Existen normas oficiales de carácter obligatorio (NOM) y normas técnicas de carácter voluntario (MXN) para para los materiales termoaislantes según diferentes tipos de construcción, equipos y aplicaciones.

Tabla 1: Normas correspondientes para el aislamiento

Norma	Nombre
NMX-C-213-1984	Industria de la construcción – Materiales termoaislantes – Densidad de termoaislantes sueltos utilizados como relleno – Método de prueba.

NMX-C-260-1986	Industria de la construcción – Materiales termoaislantes – Terminología.
NMX-C-238-1985	Industria de la construcción – Materiales termoaislantes – Perlita suelta como relleno – Especificaciones.
NMX-C-261-1992	Industria de la construcción – Materiales termoaislantes – Perlita expandida en bloque y tubo – Especificaciones.
NMX-C-262-1986	Industria de la construcción – Materiales termoaislantes – Silicato de calcio en bloque y tubo – Especificaciones.
NMX-C-460-ONNCCE-2009	Industria de la construcción - Aislamiento térmico – Valor “R” para las envolventes de vivienda por zona térmica para la República Mexicana - Especificaciones y verificación.
NOM-018-ENER-1997	Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.
NOM-008-ENER-2001	Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales
NOM-020-ENER-2011	Eficiencia Energética en Edificaciones - Envoltorio de edificios residenciales”


Fuente: Código de Edificación de Vivienda (CEV), CONAVI, 2010

Para las envolventes de la vivienda hay tres normas que son de mayor interés: la NOM-020-ENER -2011, la NOM-018-ENER-1997 y la NMX-C-460-ONNCCE-2009. A continuación se presentan algunas de las normas mencionadas:

2.4.1.1. Especificaciones de los materiales aislantes

Respecto al material aislante existe la obligación para el fabricante de indicar según la norma NOM-018-ENER-1997 algunas especificaciones o características técnicas de su material, como la densidad aparente, la conductividad térmica, la permeabilidad al vapor de agua, la adsorción de humedad.

Figura 3: Ejemplo de especificación de un material aislante



PRODUCTOS CERTIFICADOS
Aislamientos Térmicos

Norma que cumple:
NOM-018-ENER-1997

CERTIFICADO
RRF-017-002/10

Producto: Placas termoaislantes y acústicas de fibra mineral de roca para muros y plafones tipo FF-64 "Rolan".
Dimensiones: 0,61 m (2 ft) de ancho y 1,22 m (4 ft) de largo.

Espesor Total m	Resistencia Térmica m ² · K / W
0,051	1,4622
0,064	1,8349
0,076	2,1789
0,089	2,5516
0,102	2,9243

Densidad aparente: 65,77 kg / m³ (4,11 lb/ft³)
Conductividad Térmica: 0,03488 W / m·K (0,2418 BTU·in/h· ft²·F)
Permeabilidad al vapor de agua: 0,0719 ng / Pa·s·m
Adsorción de humedad: % masa (10,79) % volumen (0,6778)
País de origen: México
Vigencia del certificado: 19-octubre-2010 al 19-octubre-2011

Actividades

- 1 / Busca en la Biblioteca Digital (BD) y en las páginas web de ONNCE y del FIDE otros 4 materiales aislantes y sus fichas técnicas / especificaciones.
- 2/ Discute con tus colegas qué significan las especificaciones y cómo se explican los diferentes valores de la conductividad térmica



2.4.1.2. NOM-020-ENER-2011 - Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios

0. Introducción

La normalización para la eficiencia energética en edificios para uso habitacional representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía. En México el acondicionamiento térmico de estas edificaciones repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción. En este sentido, esta norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envoltente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional y las ampliaciones de los edificios para uso habitacional existentes.

Si el uso de un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta Norma Oficial Mexicana aplica a la totalidad del edificio.

5. Clasificación

Para fines de esta Norma Oficial Mexicana, las partes que conforman la envoltente de un edificio para uso habitacional se clasifican y denominan de la siguiente manera.

Nombre de la componente y ángulo de la norma a la superficie exterior con respecto a la vertical		Partes
Techo	Desde 0° y hasta 45°	Opaca No opaco (domo y tragaluz)
Pared	Mayor de 45° y hasta 135°	Opaco (muro) No opaca (vidrio, acrílico)
Superficie inferior	Mayor de 135° y hasta 180°	Opaca No opaca (vidrio, acrílico)
Piso	Generalmente 180°, también se deben considerar los pisos inclinados	Opaco No opaco (vidrio, acrílico)

11. Etiquetado

Los edificios para uso habitacional nuevos o las ampliaciones de edificios para uso habitacional existentes, incluidos en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, que se construyan en los Estados Unidos Mexicanos deben mostrar una etiqueta que proporcione a los usuarios la información de la ganancia de calor máxima permitida por la Norma Oficial Mexicana (edificio para uso habitacional de referencia) y la ganancia de calor del edificio construido (edificio para uso habitacional proyectado).

2.4.1.3. NOM-018-ENER-1997 - Aislantes térmicos para edificaciones- Características, límites y métodos de prueba

1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las características y métodos de prueba que deben cumplir los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, para techos, plafones y muros de las edificaciones.

2. Campo de aplicación

Esta Norma es aplicable a los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, de fabricación nacional o de importación con propiedades de aislante térmico para techos, plafones y muros de las edificaciones, producidos y comercializados con ese fin. Se excluyen los aislantes térmicos para cimentaciones.

5. Especificaciones

5.1 Densidad aparente

El fabricante debe indicar la densidad aparente del material, producto, componente y elemento termoaislante. Esto se verifica de acuerdo al método de prueba correspondiente al tipo de material, producto, componente y elemento.

5.2 Conductividad térmica

El fabricante debe indicar la conductividad térmica del material, producto, componente y elemento termoaislante, medida a una temperatura media de 296 K (24 °C). Esto se verifica de acuerdo a los métodos de prueba. Para los materiales termoaislantes en espesores fijos determinados, se debe indicar el valor de la resistencia térmica.

5.3 Permeabilidad al vapor de agua

El fabricante debe indicar la permeabilidad al vapor de agua del material, producto, componente y elemento termoaislante. Esto se verifica de acuerdo al método de prueba. En materiales compuestos que llevan incorporada una lámina o barrera contra el vapor, se debe dar el valor de la resistencia al vapor o permeancia del conjunto, teniendo en cuenta que la resistencia es la propia del material sin incluir las juntas que eventualmente pueda tener el aislamiento.

5.4 Adsorción de humedad

El fabricante debe indicar la adsorción de humedad del material, producto, componente y elemento termoaislante. Esto se verifica de acuerdo al método de prueba.

2.4.1.4. NMX-C-460-ONNCCE-2009

La NMX-C-460-ONNCCE-2009 incorpora información que ayuda a disminuir el uso de energía en las viviendas por concepto de climatización, al establecer los valores de resistencia térmica total (Valor “R”) para techos, muros y entresijos ventilados de acuerdo a la zona térmica en donde se localice la vivienda y al propósito inmediato del aislamiento.

Con el Valor “R” (la resistencia térmica) se mide la capacidad de los materiales para aislar.

Las unidades de medida son:

m^2K/W (en el sistema internacional); y
 $ft^2 h \text{ } ^\circ F / BTU$ (en el sistema inglés)



En la NMX-C-460-ONNCCE-2009 se definen 3 criterios para seleccionar el Valor “R” a utilizarse:

- Valor «R» MÍNIMO (cumple al límite menor de los estándares de construcción)
- Valor «R» para HABITABILIDAD (Uso mínimo de equipos de climatización sin buscar la eficiencia energética con elementos de diseño bioclimático)
- Valor «R» para AHORRO DE ENERGÍA (Uso de sistemas de calefacción o A/C diseñados y construidos para obtener el máximo ahorro de energía)

Tabla 2: “Valor R” por sistema y zona térmica

Zona térmica	Techos m^2K/W			Muros m^2K/W			Entresijos ventilados m^2K/W		
	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro de Energía
1	1,40	2,10	2,65	1,00	1,10	1,40	NA	NA	NA
2	1,40	2,10	2,65	1,00	1,10	1,40	0,70	1,10	1,20
3 A/B/C	1,40	2,30	2,80	1,00	1,23	1,80	0,90	1,40	1,60
4 A/B/C	1,40	2,65	3,20	1,00	1,80	2,10	1,10	1,80	1,90

Fuente: NMX-C-460-ONNCCE-2009

Los elementos constructivos que constituyen a la envolvente de la vivienda, tales como techos, muros y entresijos ventilados, deben tener una *Resistencia Térmica Total* (Valor “R total”) igual o mayor a las indicadas en la tabla.

2.4.1.5. Referencias para las diferentes zonas térmicas- Grados días de Refrigeración y de Calefacción

Se define el Valor “R” para una localidad, junto con la zona climática o térmica (véase Tabla 3:) y con base en los Grados Día de Refrigeración y Calefacción.

Grados día de Refrigeración (GDR) y de Calefacción (GDC)

Los GDRs son las temperaturas acumuladas y sus diferencias respecto a una temperatura de referencia, la cual indica si una vivienda necesita calentamiento o enfriamiento para mantener la temperatura de confort en su interior.

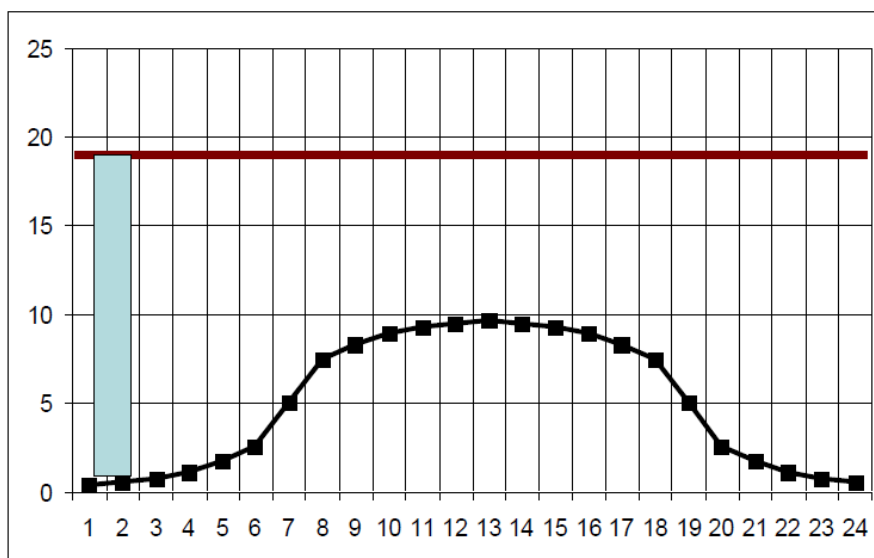
Un Grado Día es una medida de la necesidad de enfriamiento o calefacción.

Ficha técnica elaborada por la AEAEE (Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A.C)

En línea: http://canadevivallemexico.org.mx/pdfs/InstitucionesFinancieras/ficha_tecnica.pdf

Para la NOM-460-ONNCCE-2009 y el cálculo de los valores “R” se desarrolló el cálculo de los grados días para México, tomando como base a las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional para más de 1,500 localidades en constante actualización.

Figura 4: Un Día Grado de Calefacción para el Nevado de Toluca para el mes de mayo (Base 18° C)

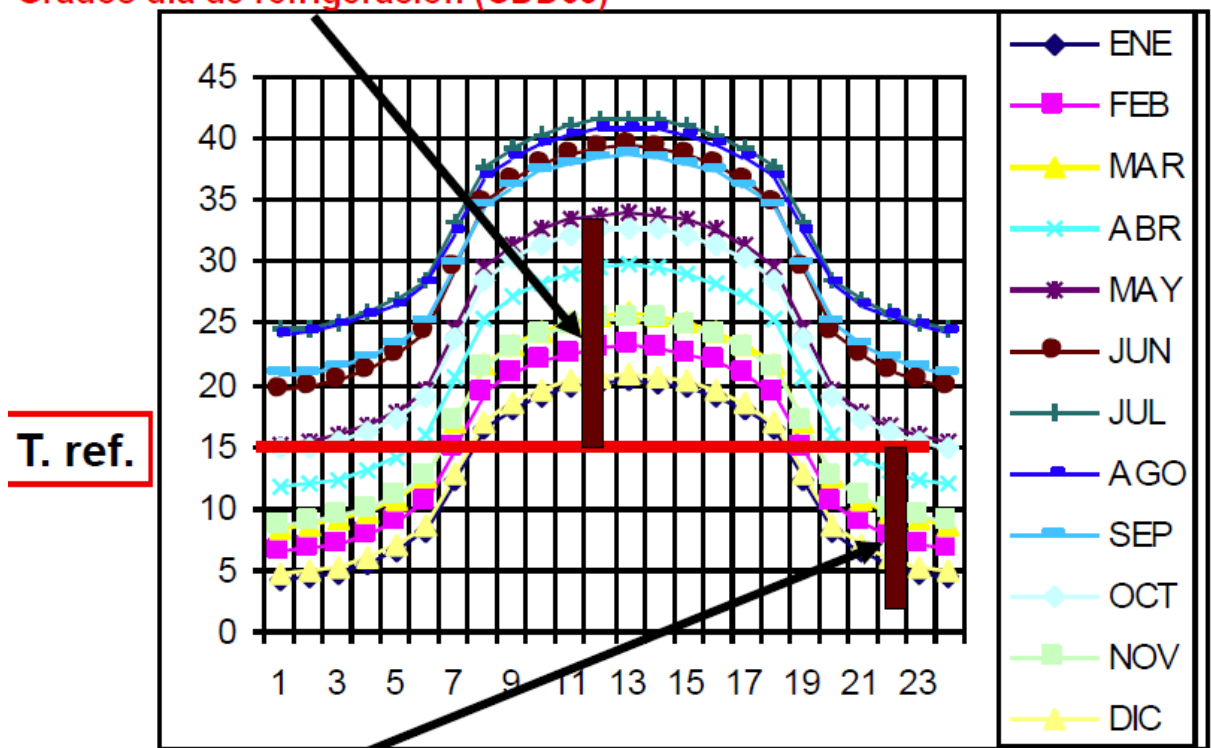


Fuente: CONAVI / ENTE: Zona térmicas en México,
Taller para aislamiento térmico en viviendas

Los Grados Día se basan en la suma de las mediciones diarias de temperatura. La imagen anterior muestra la mediación de temperatura durante un día en el Nevado de Toluca, mientras que la imagen siguiente muestra la medición de temperaturas en una localidad durante un año. Los Grados días se establecen a partir de una temperatura de referencia, una temperatura de referencia típica es 65°F (18°C), en la imagen siguiente se refiere los Grados días de Refrigeración (CDD-Cool Degree Days) y los grados días de Calefacción (HDD-Heat Degree Days) a una temperatura de referencia (T.ref) de 15 °C (59°F).

Figura 5: Curvas para calcular Grados Día

Grados día de refrigeración (CDD65)



Grados día de calefacción (HDD65)

Fuente: CONAVI / ENTE: Zona térmicas en México,
Taller para aislamiento térmico en viviendas

En la tabla se apuntaron los grados días que se obtuvieron de la medición de todo un año, cada mes define una curva característica con la temperatura más alta en julio y la más baja en diciembre/enero.

2.5. Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor / Factor R

El método de cálculo de la resistencia térmica para los sistemas constructivos comunes está indicado en las siguientes normas y documentos:

- NOM -008-ENER-2001
- NOM-020-ENER-2011
- NMX-C-460-ONNCCE-2009

Las definiciones y procedimiento de cálculo se especifican en la NMX-C-460-ONNCCE-2009 y se presentan a continuación:

Los elementos constructivos que constituyen a la envolvente de la vivienda, tales como techos, muros y entrepisos ventilados deben tener una Resistencia Térmica Total (Valor “R total”) igual o mayor a las indicadas en la Tabla 2: *Valor “R” por sistema y zona climática* de acuerdo a la zona térmica en donde se localice la vivienda.

8.2. Procedimiento de cálculo

Se debe presentar una memoria descriptiva de la solución adoptada, anexando:

Método de cálculo basado principalmente en:

- Obtener la resistencia de cada parte térmicamente homogénea del componente
- Combinar estas resistencias individuales (A) para obtener la resistencia térmica total del Componente, incluyendo (donde sea necesario) el efecto de las resistencias superficiales

El procedimiento de cálculo debe ser llevado a cabo tal como se indica en el Apéndice Normativo A.2. (Método simplificado).

Para poder realizar un cálculo del Factor R / de la Resistencia Total / Coeficiente de Calor se necesitan los siguientes datos e informaciones:



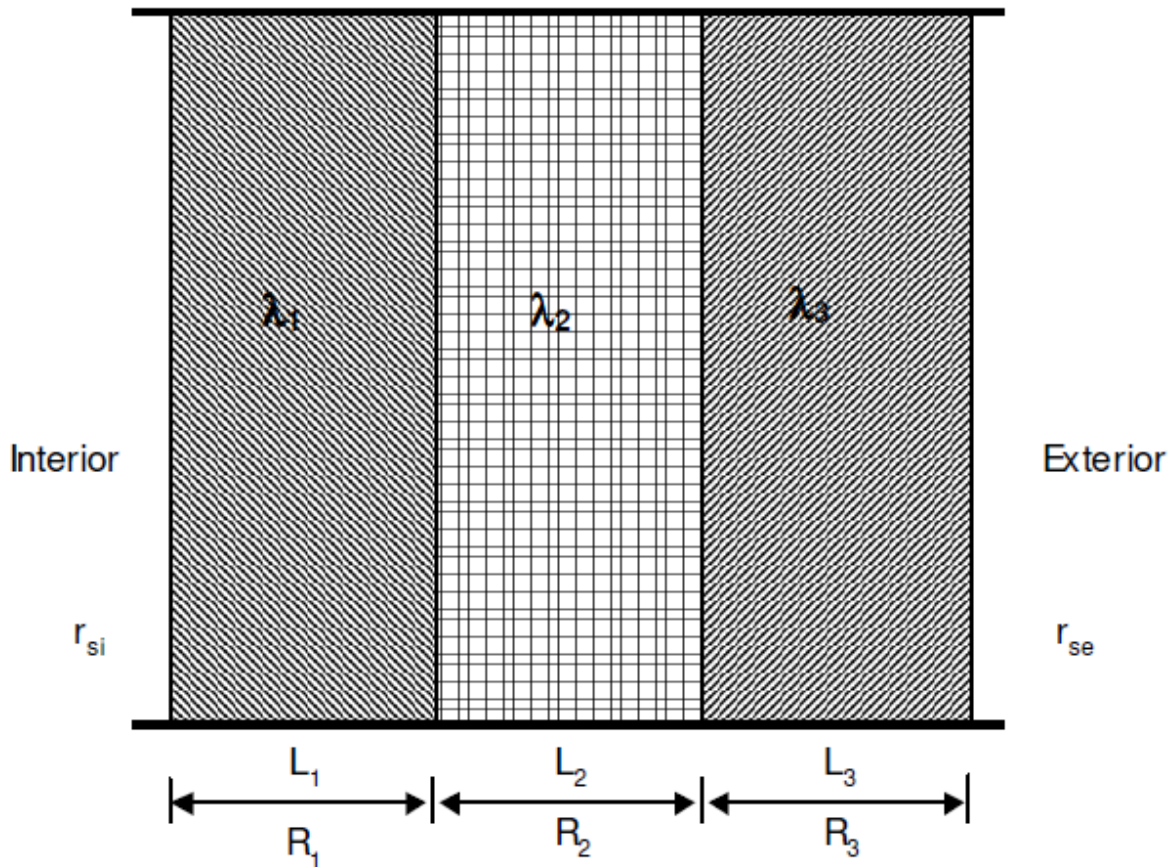
De todos los materiales del sistema por calcular (techo/ pared/ entrepiso) el Valor R. Estos datos se encuentran, ya sea en la ficha técnica del producto, en la tabla 4 de la NMX-C-460-ONNCCE-2008, página 16 o en en el Apéndice D: “Valores de Conductividad y Aislamiento Térmico de Diversos Materiales” en la NOM-008-ENER-2001.

- La conductancia superficial interior (h_i) y la conductancia superficial exterior (h_e) que se encuentran en la de la norma NOM-020-ENER-2011 o también en seguida en “Explicación de la fórmula de la Resistencia Total Factor R” (pág. 35).

- Un corte del sistema que especifique los espesores de cada material aplicado.

- En el caso de que no se trate de un sistema con una distribución homogénea de los materiales (como es el caso de la losa de vigueta y bovedilla), se deben hacer cálculos más complejos para las diferentes composiciones constructivas.

Figura 6: Presentación esquemática de la resistencia total



$$R_T = r_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + r_{se} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e} \quad (\text{m}^2\text{K} / \text{W})$$

y el coeficiente de Transmisión Térmica K es:

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n}} \quad (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$$

Fuente: NMX-C-460-ONNCCE-2009

Explicación de la fórmula de la Resistencia Total Factor R

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_n}{\lambda_n}}$$

L es el espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en m

λ es el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en W/mK, véase Apéndice B.1. (o fichas técnicas de los materiales)

h_i es la conductancia superficial interior, en W/m²K, su valor (de la norma NOM-020-ENER-2011) es:
8,1 para superficies verticales,
9,4 para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (de piso hacia el aire interior o del aire interior hacia el techo),
6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso)

h_e es la conductancia superficial exterior, en W/m²K, su valor es igual a 13 W/m² (de la norma NOM-020-ENER-2011).

n es el número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio.

R_T es la resistencia térmica total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, m² K/W

Fuente: NMX-C-460-ONNCCE-2009

Figura 7: Ejemplo de Cálculo del Factor R

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA (R) DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN EL TECHO Y MUROS			
Cálculo de la resistencia térmica de las porciones de la envolvente (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)			
Descripción de la porción	<u>Losa de concreto</u> Con placas de EPS de 1.5"	Número (*)	<u>1</u>
Componente de la envolvente:	Techo <u>X</u>	Pared	_____
Material (**)	Espesor (m) <i>b</i>	Conductividad Térmica (W/m°C) <i>h</i> ó λ (***)	Aislante Térmico (m ² °C/W) Fórmula [<i>b</i> / (<i>h</i> ó λ)]
Convección exterior (****)	1.000	<u>13.000</u>	<u>0.077</u>
<u>Impermeabilizante</u>	<u>0.0035</u>	<u>0.170</u>	<u>0.021</u>
<u>Mortero c-a</u>	<u>0.050</u>	<u>0.630</u>	<u>0.079</u>
<u>Poliestireno 15k/m3</u>	<u>0.038</u>	<u>0.035</u>	<u>1.086</u>
<u>Concreto</u>	<u>0.100</u>	<u>1.740</u>	<u>0.057</u>
<u>Aplanado yeso</u>	<u>0.005</u>	<u>0.372</u>	<u>0.013</u>
Convección interior (****)	1.000	<u>6.600</u>	<u>0.152</u>
Para obtener el aislamiento térmico total, se debe sumar la R de todos los materiales y la convección exterior e interior [Fórmula $R = \sum R$]		R	1.485 m ² °C / W

* Dar un número consecutivo (1,2,3... n) el cual será indicado en el inciso 4.3

** Anotar los materiales que forman la porción, por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales

*** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D" de la NOM-008-ENER-2001 o los proporcionados por los fabricantes

**** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de *h*, indicados en el punto 2902.2.2.1

Fuente: UsoAislamientoTermicoCalculoFactorR_GEO



Actividad

Individuales y en grupo bajo supervisión del PSP

- 1 / Estudia en la Biblioteca Digital en la ponencia: GEO_
UsoAislamientoTermicoCalculoFactorR el capítulo: METODOS DE CALCULO DE LA RESISTENCIA TERMICA
(Preparación individual)

- 2 / Estudien en común en las páginas del anteproyecto de la [NMX-C460-ONNCEE-2009](#) el [Cálculo de la resistencia térmica. Método simplificado](#) (se encuentra al fin del anexo)
¿Cómo llenarían el formato de la Figura 7: Ejemplo de Cálculo del Factor R?
(En clase con PSP)

- 3/ Del módulo “Dibujo de planes arquitectónicos” elijan un corte de una pared y un corte de un techo y dibújenlos en la forma como se requiere para poder realizar un cálculo del Factor R. (Tarea casera)

- 4/ Buscan en el anexo o en la [NMX-C-460-ONNCEE-2009](#) en la [TABLA 4.- Conductividad térmica de materiales](#) los valores para los materiales que ustedes eligieron en sus cortes de la pared y del techo.
(En grupo)

- 5/ Re-dibujan el formato de la Figura 7 en la próxima página y realicen en este nuevo formato el cálculo para la resistencia térmica en base del formato de la Figura 7 para los dos cortes / sistemas que eligieron.

Cálculo de la resistencia Térmica de los sistemas constructivos utilizado en el techo y muros

2.6. ANEXO

Glosario

Para la elaboración de estos términos se usó como referencia el Código de Edificación de Vivienda y las definiciones de las normas correspondientes.

Aislantes térmicos. Materiales específicamente diseñados para reducir el flujo de calor limitando la conducción, convección o ambos. Las barreras de radiación, son materiales que reflejan la radiación, reduciendo así el flujo de calor de fuentes de radiación térmica. Los buenos aislantes no son necesariamente buenas barreras de radiación, y viceversa. Los metales, por ejemplo, son excelentes reflectores pero muy malos aislantes.

La efectividad de un aislante está indicada por su resistencia (R). La resistencia de un material es el inverso del coeficiente de conductividad térmica (k) multiplicado por el grosor (d) del aislante.

Las unidades para la resistencia de aislantes térmicos (“Valor R ”) son en el Sistema Internacional: m^2K/W .

Las unidades para el coeficiente de conductividad o transmitancia térmica (Factor “ U ” o “ k ”) es el inverso del Valor R : $U = 1/R \text{ W/m}^2K$

Aislamiento térmico. Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso de calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen o, lo que es lo mismo, por la capacidad de aislar térmicamente.

Bovedilla de Poliestireno. Componente fabricado con poliestireno expandido que se utiliza como relleno ligero y cimbra muerta para adaptarse a las secciones de vigueta, ya sea pretensada, de alma abierta o colada en obra, entre otras.

Concreto termoaislante. Es un concreto de peso ligero con propiedades de aislamiento térmico, empleado en la construcción de losas de azotea y muros de las edificaciones, así como en rellenos aislantes.

Concreto ligero con agregados ligeros. Los concretos con agregados ligeros a los que se refiere esta especificación están hechos con agregados ligeros artificiales tales como arcilla y pizarras expandidas, ceniza volante sinterizada, perlitas y vermiculita; o bien, con agregados ligeros naturales, tales como pómez, escoria o toba. Estos concretos son fabricados con o sin la adición de arena. Por definición estos concretos no contienen células de aire dentro de la pasta diferente de aquellas atrapadas por el mezclado normal y/o por el uso de agentes inclusores de aire convencionales.

Condensaciones. El aire del ambiente siempre tiene un contenido de vapor de agua en equilibrio gaseoso con el aire, dando lugar a una presión parcial de vapor de agua representada por gramos de agua por kilo de aire seco.

La cantidad de vapor de agua máxima admisible en el aire depende de la temperatura y es creciente con ella, cantidades de vapor de agua menores que el máximo admisible se mantienen en equilibrio indefinidamente; por el contrario, si la cantidad de vapor tendiera a ser mayor que la admisible, el exceso no puede mantenerse en equilibrio y se condensaría. Se denomina “Humedad relativa” (HR) al porcentaje de vapor de agua en el aire, a una temperatura dada, respecto a la cantidad de vapor máxima admisible en el límite de la condensación (NMX-C460-ONNCCE-2009).

Conductancia Térmica. Es la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor D , dividida por la diferencia de temperaturas entre las caras calientes y frías en condiciones estacionarias. Cuando las caras caliente y fría no constituyan dos superficies plano-paralelas, será necesario aclarar en qué condiciones se da la conductancia térmica. Ésta es expresada en el sistema internacional en W/m^2K o en el sistema inglés en $Btu/hr*ft^2*°F$.

Conductividad Térmica. Es la cantidad de calor que pasa a través de la unidad de área de una muestra con extensión infinita, con caras plano-paralelas y con espesor unidad; esto cuando se establece una diferencia de temperaturas entre sus caras de $1K$ ($1°C$). En el sistema internacional es expresada en W/mK , y en el sistema inglés en $Btu/hr*ft*°F$.

Nota: La conductancia térmica depende del espesor (l) del material mientras la conductividad térmica se refiere a la unidad de espesor del material.

Demanda energética. Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio las condiciones de confort térmico y lumínico definidas mediante el uso del edificio. Se determina la demanda energética de calefacción, correspondiente a los meses de la temporada de calefacción y la de refrigeración, corresponde a los meses de la temporada de refrigeración.

Demandas térmicas anuales. Se resumen las demandas térmicas de un año en kWh/m^2 .

Envolvente (de una edificación). Son todas las superficies de un edificio construido en contacto con el ambiente exterior. Es el conjunto de elementos como: techos, muros, vanos y entrepisos ventilados con diversos materiales que limitan su espacio interno.

Fibra Mineral. Aislantes compuestos principalmente de fibras elaboradas a partir de roca, escoria o vidrio, con o sin aglutinante.

Fibra mineral de vidrio. Es un material inorgánico fibroso que contiene silicatos de aluminio o de calcio y que se produce a partir de roca, arcilla, escoria y vidrio.

Fibra mineral de roca. Es aque que su composición es semejante a los vidrios volcánicos. Se producen a partir del basalto o de la escoria de alto horno, o una combinación de ambos.

Grados día de refrigeración (GDR) y Grados día calefacción (GDC). Son las temperaturas acumuladas y sus diferencias respecto a una temperatura de referencia, la cual indica si una vivienda necesita calentamiento o enfriamiento para mantener la temperatura de confort en su interior.

Manual Didáctico (MD). Se refiere a los materiales que se elaboraron para completar el material didáctico y los Manuales Técnicos de los módulos de los semestres pares (2, 4, 6).

Permeancia de Vapor de Agua. Es el cociente de la velocidad de transmisión de vapor de agua del material, dividido por la diferencia de la presión de vapor entre las dos caras de los especímenes durante la prueba. Se expresa en el sistema internacional como $ng / Pa s m^2$ o en el sistema inglés como *perm – in*.

Permeabilidad de Vapor de Agua. Es el producto de la permeancia por el espesor. La permeabilidad de vapor de agua de un material homogéneo es una propiedad del material y es la cantidad de vapor de agua transmitida por unidad de tiempo a través de una área dada de material, por unidad de diferencia de presión de vapor entre sus caras por una unidad de espesor, expresada como $ng / Pa s m$ en el sistema internacional o como *Perm* en el sistema inglés.

Poliestireno Expandido. Termoaislante elaborado a partir de resina de poliestireno por proceso de expansión previa y moldeo en forma discontinua, produciendo una espuma rígida de estructura celular cerrada.

Poliestireno Extruido. Termoaislante elaborado a partir de resina de poliestireno por un proceso de extrusión continua, produciendo una espuma rígida de estructura celular cerrada.

Puente Térmico. Parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a: a) Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio de materiales con diferente conductividad térmica; y / o b) un cambio en el espesor del elemento; y / o c) una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos o techos.

Resistencia Térmica. Es la diferencia de temperatura media en el equilibrio entre dos superficies definidas de un material o estructura que induce un valor unitario de flujo de calor a través de una unidad de área en unidades. Es el recíproco de la conductancia térmica (m^2K/W , según el sistema internacional).

Resistividad Térmica. Es el recíproco de la conductividad térmica (mK/W , según el sistema internacional).

Resistencia total “Valor R”. Es la suma de las resistencias superficiales (interna y externa) y de las resistencias térmicas de las varias capas de los diversos materiales que componen el elemento de la envolvente.

Nota: La resistencia total es el inverso del coeficiente total de la transmisión.

Permeabilidad de Vapor de Agua / Permeancia de Vapor de Agua. Es el producto de la permeancia por el espesor. La permeabilidad de vapor de agua de un material homogéneo es una propiedad del material y es la cantidad de vapor de agua transmitida por unidad de tiempo a través de una área dada de material, por unidad de diferencia de presión de vapor entre sus caras por una unidad de espesor, expresada en $\text{ng} / \text{Pas m}$, en el sistema internacional o en Perm en el sistema inglés.

Índice de Figuras, Tablas e Imágenes

Índice de Figuras

Figura 1	El aislamiento térmico actúa como una barrera que retarda la transferencia de calor..... CONUEE www.conuee.gob.mx	12
Figura 2	Pérdidas y Ganancias de calor / frío..... www.finstral.com	17
Figura 3	Ejemplo de especificación de un material aislante ONNCCE.....	39
Figura 4	Un Día Grado de Calefacción para el Nevado de Toluca para el mes de mayo (Base 18°)..... CONAVI / ENTE: Zona térmicas en México, Taller para aislamiento térmico en viviendas	43
Figura 5	Curvas para calcular Grados Día..... CONAVI / ENTE: Zona térmicas en México, Taller para aislamiento térmico en viviendas	44
Figura 6	Presentación esquemática de la resistencia total NMX-C-460-ONNCCE-2009	46
Figura 7	Ejemplo de Cálculo del Factor R..... Ponencia: UsoAislamientoTermicoCalculoFactorR, GEO	48

Índice de Tablas

Tabla 1	Normas correspondientes para el aislamiento..... Código de Edificación de Vivienda (CEV), CONAVI, 2010	37
Tabla 2	“Valor R” por sistema y zona climática,..... NMX-C-460-ONNCCE-2009	42

Índice de Imágenes

Imágenes 1/2	¿Cuál es la diferencia entre las dos cafeteras?..... www.yopi.de	11
Imagen 3	Zonas Térmicas en México NMX-C640-ONNCCE-2009	16
Imagen 4	Foto termográfica..... http://www.tecnologiainfrarroja.com	20
Imágenes 5-10	Presentaciones de aislamiento térmico..... www.archiexpo.de	23
Imagen 11	Fibra de cáñamo para aislar, con estera de paja para fijar.....	24
Imagen 12	Tabla aislante de papel reciclado.....	24
Imagen 13	Sistema de calefacción de piso con aislamiento de Styrodur	24
Imágenes 14/15	Fibras minerales instaladas dentro de un calibre estructural.....	26
Imagen 16	Sistema de bovedillas con EPS.....	27
Imagen 17	Aplicación de aislantes en la construcción de viviendas GEO	27
Imágenes 18	Aplicación de espuma como aislante (SPUR).....	28
Imágenes 19/20	Bloques de concreto celular http://maturin.olx.com.ve/bloques-y-prefabricados-de-concreto-celular-iid-180486741 http://www.pamacon.com.mx/	29
Imagen 21	Bloques de concreto con aditivo de perlita, perlita mineral como relleno, 3 tipos de recubrimiento de la marca Termolita http://www.termolita.com.mx/	30
Imagen 22	Falso techo de tablas de fibra de madera.....	31
Imagen 23	Tablas de fibra de madera..... http://www.pamacon.com.mx	31
Imagen 24/25	Ingredientes del aislamiento de celulosa..... http://isofloc.com/index.php?com-cellulose-thermal-insulation	32

Bibliografía en la Biblioteca Digital de Conalep

Normas y Cálculo del Factor R

- UsoAislamientoTermicoCalculoFactorR_GEO
- Taller NMX-C-460-ONNCCE-2009
- ZonasTermicas_CONAVI_ENTE
- NMX_C_460_ONNCCE_2009ValorR
- NOM_008_ENER_2001EdificiosNoResidencial
- NOM_018_ENER_1997EspecificacionMateriales
- NOM_020_ENER_2011EjemploCalculoFactorRpared

Archivo: FIDE Aislantes

- Lista de los Aislantes Certificados en México
- Fichas técnicas con Características técnicas de diversos materiales aislantes con el sello FIDE

Archivo: Info materiales aislantes

Información y descripción de productos aislantes de algunos productores internacionales y nacionales

- DOW_AislamientoTermicoCerramientos
- FichaTecnicaPolietirenoFalcon
- GUTEX_Tabla_madera
- IsoCell_AislanteCelulosa
- PolietirenoFalcon
- Termolita

Fuentes

Presentación visual y descripción de una gran variedad de materiales aislantes
<http://www.archiexpo.de>

ONNCCE: Certificación de materiales aislantes
<http://www.onncce.org.mx/> (Certificación / Productos y Servicios certificados / Aislantes, acabados, vidrios y recubrimientos)

FIDE: Certificación de materiales aislantes
<http://www.fide.org.mx/>

CONAVI (Comisión Nacional de Vivienda)
<http://www.conavi.gob.mx/>

CONUEE
<http://www.conuee.gob.mx>

Concretos ligeros
<http://maturin.olx.com.ve/bloques-y-prefabricados-de-concreto-celular-iid-180486741>

Termolita
<http://www.termolita.com.mx/>

Tabla de fibra de madrea con cemento
<http://www.pamacon.com.mx>

Anexo para el Cálculo de la resistencia Térmica de los sistemas constructivos utilizado en el techo y muros:

Compendio del APROY- NMX-C460-ONNCEE-2009 para el Cálculo del Valor R (ultima Actividad, pag. 49/50)

<p>ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA</p> <p>APROY-NMX-C-460-ONNCCCE- 2007</p> <p>Versión 15 de Julio de 2008</p>	<p>"INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AISLAMIENTO TÉRMICO – VALOR "R" PARA LAS ENVOLVENTES EN VIVIENDA POR ZONA TÉRMICA PARA LA REPÚBLICA MEXICANA – ESPECIFICACIONES Y VERIFICACIÓN"</p> <p>"BUILDING INDUSTRY – INSULATION – "R" VALUE FOR THE HOUSING ENVELOPE BY THERMAL ZONE FOR MEXICAN REPUBLIC – SPECIFICATION AND VERIFICATION"</p>
--	---

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
Ceres #7, Col. Crédito Constructor C.P. 03940, México, D.F. Tel. 56 63 29 50 Fax. 56 63 29 50 ext. 104
Correo electrónico: normas@mail.onnccce.org.mx Internet: <http://www.onnccce.org.mx>
©COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCCE, S.C., MÉXICO MMVIII



COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE MATERIALES, PRODUCTOS Y SISTEMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CTN-1

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma participaron las siguientes empresas, organizaciones e instituciones:

- Aislantes Minerales, S. A. de C. V. (ROLAN).
- Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A. C. (AEAE).
- Asociación de Industriales de Fibrocemento, A. C. (AIFIC).
- Asociación Mexicana de Fabricantes de Aislamientos Térmicos y Acústicos (AMFATA)
- Colegio de Ingenieros de Civiles de México. (CICM)
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
- Corporación GEO, S. A. B. de C. V. (GEO)
- DUPONT México Non Wovens. (DUPONT)
- RI Arquitectura Verde, S.A. de C.V.
- Espumados de Estireno S.A.
- EUREKA, S. A. de C. V. (EUREKA)
- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura. (UNAM)
- FANOSA, S. A. de C. V. (FANOSA)
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. (FIDE)
- Fondo de Vivienda para los Trabajadores al Servicio del Estado (FOVISSSTE)
- Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)
- Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Tecamachalco (IPN-ESIA)
- ITAL Mexicana, S. A. (ITAL)
- MEXALIT Industrial, S. A. de C. V. (MEXALIT)
- NOVIDESA, S. A. de C. V. (NOVIDESA)
- Owens Corning México S. de R. L. de C.V. (OWENS CORNING)
- The Plycem Company, Inc. (PLYCEM)
- POLIOLES S.A. de C.V. (POLIOLES)
- Tecnosistemas para la Vivienda Sustentable S.A. DE C.V. (TECVIS)
- Hüper – Optik México S.A. de C.V.
- VITRO – Vidrio Plano S.A. de C.V.
- Termalita, S.A. de C.V.
- Concreto CEMEX
- Grupo Metal INTRA S.A. de C.V.
- Armacell Inc.
- TIM, S.A. de C.V. (Thermaflex)
- Basf Mexicana S.A. de C.V.
- Dow Corning de México S.A. de C.V.
- Ternium S.A. de C.V.
- Instituto Nacional de Ecología (INE)
- ENTE S.C.
- Lean House Consulting
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)

CONTENIDO

Nota: Existen "barreras para vapor" que permiten la transmisión de vapor de agua a través de la envolvente. Estas barreras no evitan el paso de vapor de agua completamente, la razón principal de permitir la transmisión de vapor de agua a través de la envolvente es prevenir la condensación de agua líquida dentro de la estructura o aislamiento. En los climas calidos la dirección de transmisión de vapor ocurre del interior hacia el exterior, una vez que el vapor de agua condensa fuera de la envolvente, la barrera de vapor evitara que el agua líquida ingrese nuevamente al interior.

A.2.6. Eliminación del riesgo de condensación superficial por mejoramiento del aislamiento térmico de la envolvente

Otra de las vías para evitar la condensación de agua sobre las superficies interiores de una envolvente exterior es el aumento del aislamiento térmico de la envolvente mediante el suplemento de un material aislante o incremento del espesor del que inicialmente se ha proyectado.

A continuación se expone el procedimiento de cálculo del espesor mínimo de este aislamiento suplementario.

Para este caso el coeficiente de trasmisión de calor queda:

$$K = \frac{T_i - t_r}{T_i - T_o} \cdot h_i \quad \text{W / m}^2 \text{ K} \quad (\text{A.7})$$

en la que T_o es el valor de la temperatura exterior. Si se considera que la resistencia térmica total del muro aislado $1/K$ es la suma de las resistencias térmicas de éste sin aislar $1/K_o$ más la del aislamiento L/λ se tiene:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_o} + \frac{L}{\lambda} \quad \text{m}^2 \text{ K / W} \quad (\text{A.8})$$

donde:

L	espesor del material aislante suplementario, m
λ	conductividad térmica del aislamiento, W / m K
K_o	coeficiente de trasmisión de calor de la envolvente sin aislamiento, W / m ² K
T_i	temperatura ambiente interior, °C
T_r	temperatura de rocío, °C

Sustituyendo en la ecuación A.8 el valor de "K" obtenido en la ecuación A.7, se obtiene:

$$L = \lambda \left(\frac{T_i - T_o}{h_i(T_i - T_r)} - \frac{1}{K_o} \right) \quad \text{metros} \quad (\text{A.9})$$

que es el espesor de un aislamiento suplementario de conductividad térmica " λ " para el cual no se producen condensaciones superficiales en una envolvente de resistencia térmica " $1/K_o$ " para unas condiciones higrométricas del aire del ambiente dadas.

B. APÉNDICE INFORMATIVO

B.1. Conductividades y resistencias térmicas de materiales.

Los datos de la siguiente tabla son valores indicativos para los cálculos que se indican únicamente en esta norma, pueden ser valores más estrictos cuando el material disponga de datos avalados por registros de certificación o, en su defecto, si se dispone de informes de ensayos realizados por un laboratorio acreditado en términos de la LFMN.

6,6 para superficies horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo al aire interior o del aire interior al piso)

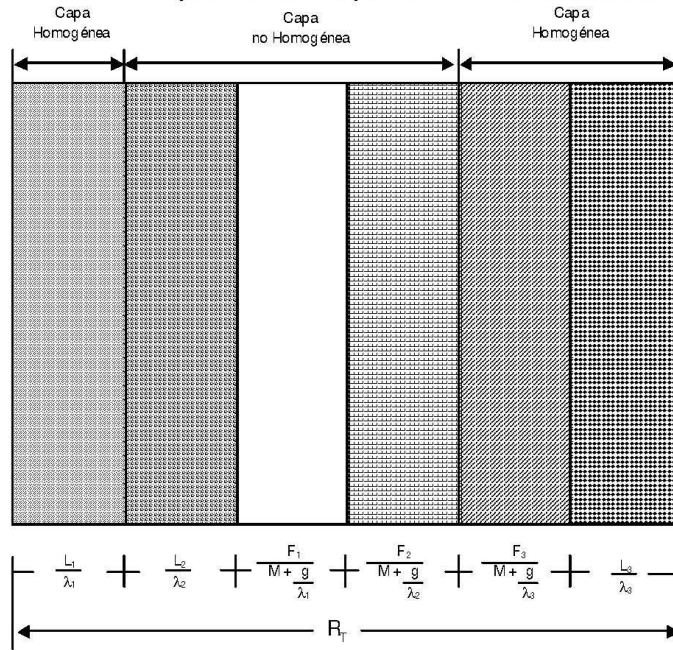
h_e es la conductancia superficial exterior, en W/m^2K , su valor es igual a 13 (de la norma NOM-008-ENER).

n es el número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio.

R_T es la resistencia térmica total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, $m^2 K/W$

A.2.2. Resistencia térmica total y coeficiente de transmisión de calor de un muro compuesto de capas homogéneas y no homogéneas.

FIGURA 3. Representación esquemática de resistencia total



La resistencia térmica parcial (M) es la formada por las capas térmicamente homogéneas, es determinada por la ecuación A.1, donde $M = R_T$ para este caso.

Entonces la resistencia total es la formada por la suma de las fracciones ocupadas por las capas homogéneas y las no homogéneas:

$$R_T = M = \frac{1}{\frac{F_1}{R_1 + \left(\frac{g}{\lambda_1}\right)} + \frac{F_2}{R_2 + \left(\frac{g}{\lambda_2}\right)} + \Delta + \frac{F_m}{R_m + \left(\frac{g}{\lambda_m}\right)}} \quad m^2 K / W \quad (A.3)$$

donde:

g es el grueso de la capa no homogénea, en m

λ es la conductividad térmica de diseño del material, en W/mK , véase el Apéndice A.1.

m es el número de materiales que forman la capa no homogénea de la porción de la envolvente del edificio

R_T es la resistencia térmica total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, $m^2 K/W$

R_m es la resistencia térmica total de una porción homogénea de la envolvente del edificio, calculada de acuerdo con la ecuación B.1, $m^2 K/W$

F_n es la fracción del área total de la porción de la envolvente del edificio, ocupada por cada material en la capa

no homogénea.

Nota 7: Los valores de resistencia térmica utilizados en cálculos intermedios se calculan con al menos 3 decimales.

A.2.3. Coeficiente de transmisión global de un muro (Ku) o Coeficiente de transmisión útil

Las envolventes normales no son homogéneas ni continuas, ya que existen encuentros de muros, estructuras, etc., por lo que en el coeficiente de transmisión deben incluirse los coeficientes de transmisión de estos puntos singulares o "puentes térmicos", con lo que tendremos un coeficiente de transmisión global del conjunto o coeficiente de transmisión útil.

Para estos puntos singulares se utiliza un coeficiente de transmisión lineal "k" (W/m K), que representa el flujo de calor para una longitud de 1 m y una diferencia de temperatura de 1 °C.

Por lo tanto, para una superficie "S" de la envolvente, el coeficiente de transmisión de calor global o coeficiente de transmisión útil es dado por la relación:

$$K_u = \frac{KS + \sum k \cdot L_{pt}}{S} \quad \text{W / m}^2 \text{ K} \quad (\text{A.4})$$

donde L_{pt} es la longitud en metros de los puentes térmicos.

Entonces $R_T = 1/K_u$

Para casos de "puentes térmicos" de una dimensión o ancho definido (columnas, perfiles, etc.), puede transformarse el coeficiente de transmisión lineal "k" en superficial "K", mediante la relación:

$$K = \frac{k \cdot L_{pt}}{S} \quad \text{W / m}^2 \text{ K} \quad (\text{B.5})$$

A.2.4. Transmitancia térmica (U)

La Transmitancia térmica definida en esta norma hace referencia a huecos en aislamiento, fijaciones metálicas en la capa de aislamiento o para cubiertas invertidas; viene dada por la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{W / m}^2 \text{ K} \quad (\text{A.6})$$

Esta es una forma simplificada y se aplica entre los ambientes de cada lado del componente considerado, por ejemplo ambientes interiores y exteriores, dos ambientes internos en caso de partición interna, ambiente interior y un espacio no calefateado.

Se aplicarán correcciones a la transmitancia térmica, donde sea necesario.

A.2.5. Temperatura y condensaciones en la envolvente

El aire del ambiente siempre tiene un contenido de vapor de agua en equilibrio gaseoso con el aire, dando lugar a una presión parcial de vapor de agua representada por gramos de agua por kilo de aire seco.

La cantidad de vapor de agua máxima admisible en el aire depende de la temperatura y es creciente con ella, cantidades de vapor de agua menores que el máximo admisible se mantienen en equilibrio indefinidamente; por el contrario, si la cantidad de vapor tendiera a ser mayor que la admisible, el exceso no puede mantenerse en equilibrio y se condensaría.

Se denomina "Humedad relativa" (H_R) al porcentaje de vapor de agua en el aire, a una temperatura dada, respecto a la cantidad de vapor máxima admisible en el límite de la condensación.

Para un aire ambiente determinado en temperatura y H_R se denomina "temperatura de rocío" (t_r) aquella (inferior a la ambiental) para lo cual la cantidad en peso de vapor de agua contenido en el ambiente representaría 100% H_R .

Estos conceptos son tratados ampliamente por la termodinámica.

Nota: Existen "barreras para vapor" que permiten la transmisión de vapor de agua a través de la envolvente. Estas barreras no evitan el paso de vapor de agua completamente, la razón principal de permitir la transmisión de vapor de agua a través de la envolvente es prevenir la condensación de agua líquida dentro de la estructura o aislamiento. En los climas calidos la dirección de transmisión de vapor ocurre del interior hacia el exterior, una vez que el vapor de agua condensa fuera de la envolvente, la barrera de vapor evitara que el agua líquida ingrese nuevamente al interior.

A.2.6. Eliminación del riesgo de condensación superficial por mejoramiento del aislamiento térmico de la envolvente

Otra de las vías para evitar la condensación de agua sobre las superficies interiores de una envolvente exterior es el aumento del aislamiento térmico de la envolvente mediante el suplemento de un material aislante o incremento del espesor del que inicialmente se ha proyectado.

A continuación se expone el procedimiento de cálculo del espesor mínimo de este aislamiento suplementario.

Para este caso el coeficiente de trasmisión de calor queda:

$$K = \frac{T_i - t_r}{T_i - T_o} \cdot h_i \quad \text{W / m}^2 \text{ K} \quad (\text{A.7})$$

en la que T_o es el valor de la temperatura exterior. Si se considera que la resistencia térmica total del muro aislado $1/K$ es la suma de las resistencias térmicas de éste sin aislar $1/K_o$ más la del aislamiento L/λ se tiene:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_o} + \frac{L}{\lambda} \quad \text{m}^2 \text{ K / W} \quad (\text{A.8})$$

donde:

L	espesor del material aislante suplementario, m
λ	conductividad térmica del aislamiento, W / m K
K_o	coeficiente de trasmisión de calor de la envolvente sin aislamiento, W / m ² K
T_i	temperatura ambiente interior, °C
T_r	temperatura de rocío, °C

Sustituyendo en la ecuación A.8 el valor de "K" obtenido en la ecuación A.7, se obtiene:

$$L = \lambda \left(\frac{T_i - T_o}{h_i(T_i - T_r)} - \frac{1}{K_o} \right) \quad \text{metros} \quad (\text{A.9})$$

que es el espesor de un aislamiento suplementario de conductividad térmica " λ " para el cual no se producen condensaciones superficiales en una envolvente de resistencia térmica " $1/K_o$ " para unas condiciones higrométricas del aire del ambiente dadas.

B. APÉNDICE INFORMATIVO

B.1. Conductividades y resistencias térmicas de materiales.

Los datos de la siguiente tabla son valores indicativos para los cálculos que se indican únicamente en esta norma, pueden ser valores más estrictos cuando el material disponga de datos avalados por registros de certificación o, en su defecto, si se dispone de informes de ensayos realizados por un laboratorio acreditado en términos de la LFMN.

TABLA 4.- Conductividad térmica de materiales

Material	Densidad kg/m ³	Conductividad térmica de diseño (λ) W / mK (BTU/ft h °F)
Acero y fierro	7 800	50,000 (28,89)
Aire (sin mover)	1,23	0,025 (0,014)
Aglomerado de corcho	< 200	0,050 (0,029)
Alfombras, moquetas	200	0,060 (0,035)
Aluminio	2 700	204,00 (117,87)
Aplanado de mortero de cal al exterior	-----	0,872 (0,504)
Aplanado de mortero de cal al interior	-----	0,698 (0,403)
Aplanado de yeso	800	0,372 (0,215)
Arcilla expandida	400	0,120 (0,069)
Asfalto impermeabilizante bituminoso ó Betún	1 050	0,170 (0,98)
Azulejos y mosaicos	2 300	1,300 (0,751)
Bloque de adobe al exterior	-----	0,930 (0,537)
Bloque de adobe al interior	-----	0,582 (0,336)
Bloque de concreto con 2 ó 3 huecos	1 700	1,11 (0,641)
Bloque de tepetate o arenisca calcárea al exterior	-----	1,047 (0,605)
Bloque de tepetate o arenisca calcárea al interior	-----	0,930 (0,537)
Bronce	8 700	65,0 (37,557)
Cobre	8 900	380,0 (219,564)
Concreto armado	2 400	2,0 (1,156)
Concreto ligero al interior	1 250	0,582 (0,336)
Concreto simple al exterior	2 200	1,65 (,953)
Concreto simple al interior	1 250	0,698 (0,403)
Ladrillo exterior	-----	0,872 (0,504)
Ladrillo exterior con recubrimiento impermeabilizante por fuera	-----	0,768 (0,444)
Lámina de metacrilato	1 180	0,180 (0,104)
Lámina Poliéster traslúcida	1 400	0,25 (0,144)
Lámina ondulada Fibrocemento AC	1 800	0,58 (0,335)
Lámina ondulada de Fibrocemento NT	1 600	0,36 (0,208)
Madera Blanda	610	0,130 (0,075)

Madera de Cedro (12% de humedad)	505	0,130 (0,075)
Madera de Fresno (12% de humedad)	674	0,164 (0,095)
Madera de Pino (12% de humedad)	663	0,162 (0,094)
Madera de Roble (12% de humedad)	753	0,180 (0,104)
Madera dura	700	0,150 (0,087)
Mortero cemento arena	2 000	0,170 (0,098)
Piedra arenisca	2 000	1,300 (0,751)
Piedra caliza	2 180	1,400 (0,809)
Piedra de granito, basalto	2 500 – 2 7000	2,80 (1,618)
Piedra de mármol	2 800	3,50 (2,022)
Piedra pizarra	2 000 – 2 800	2,200 (1,271)
Placa Fibracel	1 000	0,128 (0,074)
Rellenos de arena seca, limpia	1 700 – 2 200	2,000 (1,156)
Rellenos de Tezontle	400	0,120 (0,069)
Rellenos de tierra, arena o grava expuesta a la lluvia	2 600	2,300 (1,329)
Rellenos terrados secos en azoteas	-----	0,582 (0,336)
Tabique de barro extruido sólido vidriado, p/acabado exterior	2 050	1,282 (0,741)
Tabique de barro extruido, bloque hueco vertical (60 – 67% sólido)	2 050	0,998 (0,566)
Tabique de barro extruido, bloque hueco vertical (relleno con vermiculita)	2 050	0,575 (0,332)
Tabique ligero al exterior	1 600	0,814 (0,470)
Tabique rojo recocido común al interior	-----	0,698 (0,403)
Tabique rojo recocido común con recubrimiento impermeable por fuera	-----	0,768 (0,444)
Tablero de triplay	500	0,130 (0,075)
Tablero de yeso	600	0,180 (0,104)
Viruta aglutinada (Panel)	600	0,140 (0,081)

Nota 8: Los valores utilizados para los productos aislantes térmicos deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-018-ENER vigente (ver 3. Referencias) y mostrar el certificado correspondiente.

B.2. Ejemplo de aplicación práctica.

B.2.6. Recomendaciones

Aunque no existen reglas claras para los diferentes tipos de soluciones de aislamiento, debido a la amplia gama de los mismos, a continuación se dan algunas recomendaciones para solucionar el problema anterior, lo que sirve como guía para elegir una solución técnico-económica más adecuada.

Elemento	Solución	Ventajas y desventajas
Techo (Losa de concreto horizontal)	Aislamiento con placas de material rígido resistente a la compresión encima de la losa existente, con protección mecánica como grava., ésta solución es llamada cubierta invertida.	Ventajas: Mejora el aislamiento térmico. La impermeabilización sufre menos choques térmicos. Desventajas: Si no existe una buena impermeabilización, pueden existir infiltraciones de agua de lluvia bajo el aislamiento con riesgo de disminución de su eficiencia si éste es absorbente de la humedad, aumentando el peso del techado, es necesario reforzar la estructura.
	Solución A: Colocación de sistemas estructurados rígidos fijados por el interior o sobre la losas. Solución B: Colocación de láminas, tejas o sistemas estructurados de aislamiento térmico sobre la losa de concreto.	Ventajas: Se mejora apreciablemente el confort, económico, térmico apreciables, permite habitar los desvanes. Desventajas: Disminución del volumen y altura habitable si se coloca bajo la losa, incrementando los puentes térmicos Ventajas: Elimina los puentes térmicos. No modifica el tipo de losa. Desventajas: Es necesario colocar soportes para el aislamiento y reforzar la estructura (cuando se requiera).
Muros	Solución A: Aislamiento por el interior con placas rígidas de aislante.	Ventajas: No se modifica el aspecto exterior de la vivienda. Puede realizarse en cualquier vivienda independientemente de los detalles de la fachada. Desventajas: Trabajos de relocalización de instalaciones eléctricas y en su caso, de equipos de climatización.
	Solución B: Aislamiento exterior con placas de aislamiento rígido y posterior revestimiento de acabado.	Ventajas: Supresión de puentes térmicos y de fisuras. Protección de las estructuras de la intemperie. Mejor estanqueidad en la fachada. Desventajas: Puede modificar el aspecto exterior de la fachada. De difícil ejecución según la importancia de los entradas y salidas de la fachada.

Una vez seleccionada la mejor opción, es necesario realizar los cálculos para determinar el valor "R" de la solución propuesta, de acuerdo con el procedimiento descrito en el Apéndice A.2. para determinar y evidenciar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la tabla No. 2 de la presente norma.

B.3. Vanos vidriados

Este apéndice tiene como único objeto proporcionar información de referencia sobre vanos vidriados para mejorar la eficiencia energética y el aumento en el bienestar térmico de la vivienda. Para efectos de esta norma el área ocupada por vanos vidriados, tales como: ventanas, puertas (que tengan más de la mitad de vidrio) incluyendo los marcos, muros acristalados o cualquier hueco que permitan el paso de la luz solar debe ser menor al 20,0% del área total del muro envolvente de cada local habitable o de servicio, en caso contrario se deben realizar los cálculos de los vanos vidriados. Para el caso de techos, los vanos deben ser menor al 5,0 % del área total del techo envolvente de cada local (se incluyen además de los huecos, domos, tragaluces y láminas traslucidas).

En caso contrario se recomienda que cumplan con las especificaciones de la tabla B.3.

En el caso de requerir realizar los cálculos es necesario entender que los vanos vidriados se componen de tres partes fundamentalmente:

B.3.1. Marcos

El marco representa generalmente entre el 20% y 35% de la superficie del hueco. Sus principales características, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia térmica y su absortividad. Estas dos propiedades participan en función de la fracción de superficie ocupada por el marco en la transmitancia total del hueco y el factor solar modificado del mismo.

Los marcos pueden clasificarse en función del material con que son fabricados y del que dependen algunas prestaciones, entre ellas sus propiedades térmicas. En la Tabla B.4. se muestran los valores de transmitancia

térmica dados en la norma UNE-EN ISO 10077-1 para los materiales más usuales empleados en la construcción de los marcos.

TABLA B.3. Coeficiente de transmitancia térmica y resistencia térmica para vanos acristalados en muros y techo de la envolvente

Zona Térmica	Muros		Techos	
	Coeficiente "U" W / m ² K (BTU / hr ft ² °F)	Valor "R" m ² K / W (hr ft ² °F / BTU)	Coeficiente "U" W / m ² K (BTU / hr ft ² °F)	Valor "R" m ² K / W (hr ft ² °F / BTU)
1	6,80 (1,20)	0,15 (0,83)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
2	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)	4,25 (0,75)	0,24 (1,33)
3A y 3B	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
3C	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)	3,70 (0,65)	0,27 (1,54)
4A y 4B	2,25 (0,40)	0,44 (2,50)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)
4C	2,0 (0,35)	0,50 (2,86)	3,40 (0,60)	0,29 (1,67)

TABLA B.4. Valores de transmitancia térmica para diversos materiales de marcos.

Material del marco	Transmitancia térmica U (W/m ² K)
Metálico	5,7
Metálico RPT (4 mm ≤ d ≤ 12 d)	4,0
Metálico RPT d ≥ 12 mm	3,2
Madera dura (ρ = 700 kg/m ³ y 60 mm de espesor)	2,2
Madera blanda (ρ = 500 kg/m ³ y 60 mm de espesor)	2,0
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2
Perfiles huecos de PVC (3 cámaras)	1,8

Es muy importante identificar los tipos de marcos, ventanas, domos y puertas, independientemente de los materiales ya que condicionan su permeabilidad al aire, es decir el paso del aire cuando el sistema cerrado es sometido a una presión diferencial entre ambas caras.

B.3.2. Vidrios

El vidrio es el elemento fundamental en el cerramiento si nos referimos a la superficie ocupada. Su propiedad principal es la transparencia permitiendo elevados aportes de luz natural que contribuyen al bienestar en el interior de la vivienda sin comprometer sus prestaciones de aislamiento térmico. Desde este punto de vista, las principales características del acristalamiento que se deben tener en cuenta son su coeficiente "U" o transmitancia térmica y su factor solar. Los vidrios pueden clasificarse en distintos grupos de acuerdo a su configuración y a las capas metálicas que mejoran sus prestaciones de aislamiento térmico y control solar.

B.3.2.1. Vidrio sencillo (monolítico)

En él se agrupan aquellos tipos formados por una sola capa de vidrio y aquellos formados por dos o más hojas unidas entre sí por toda su superficie (vidrios laminares).

B.3.2.2. Unidad de vidrio aislante (UVA)

Llamados anteriormente como de doble acristalamiento o vidrio de cámara, hace referencia al conjunto formado por dos o más láminas de vidrios monolíticos separados entre sí por uno o más espaciadores herméticamente cerrados a lo largo de todo el perímetro. Las UVA aprovechan la baja conductividad térmica del aire, limitando el intercambio de calor por convección y conducción. Esta reducción deja de ser efectiva cuando se producen fenómenos de convección dentro de la misma cámara de aire (aproximadamente a los 17 mm).

B.3.2.3. Vidrios de baja emisividad

Se trata de vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina,

proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Por lo general este tipo de vidrios va montado en UVA, ofreciendo así sus máximas prestaciones de aislamiento térmico.

B.3.2.4. Vidrios de control solar

Pueden agruparse bajo esta denominación vidrios de muy distinta naturaleza: de color, serigrafiados o de capa. Las distintas capas y la posibilidad de aplicarse en distintos sustratos vítreos permite una amplia gama de posibilidades con diferentes estéticas y cuyas propiedades en térmica de control solar pueden variar.

B.3.3 Huecos

El hueco es el elemento más débil desde el punto de vista térmico del aislamiento térmico, permitiendo grandes fugas de calor en régimen de invierno y un exceso de aporte solar en régimen de verano, lo cual se refleja en una mayor operación de los equipos de climatización. El servicio térmico de los huecos esta limitado tanto por los materiales empleados como por el estado de conservación de los mismos.

La transmitancia térmica del hueco es directamente proporcional a las propiedades de los materiales y a la participación de los marcos y vidrios en el conjunto de la superficie del hueco. Se recomienda emplear la siguiente fórmula para su cálculo:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m} \quad (B.1)$$

donde:

- $U_{H,v}$ es la transmitancia térmica de la parte semitransparente, $W/m^2 K$
- $U_{H,m}$ es la transmitancia térmica del marco de la ventana, domo o puerta, $W/m^2 K$
- FM es la fracción del hueco ocupada por el marco

El factor solar del hueco únicamente sin considerar elementos de sombreado como voladizos, toldos o persianas depende principalmente del acristalamiento empleado y de la superficie ocupada de este y en menor medida del material del marco. Su cálculo puede realizarse de acuerdo con:

$$F = (1 - FM) \cdot g_v + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha \quad (B.2)$$

donde:

- FM es la fracción de marco sobre el total del hueco
- U_m es la transmitancia térmica del marco, $W/m^2 K$
- g_v es el factor solar del vidrio
- α es la absorptividad del marco (función del color)

Si existen elementos de sombreado exterior debe aplicarse un factor de corrección.

B.4. Clasificación de Köppen y su vinculación con las consideraciones para establecer los criterios térmicos para determinación de la eficiencia energética en vivienda.

La clasificación climática de Köppen fue creada en 1900 por el científico alemán Wladimir Peter Copen, posteriormente fue modificada en 1918 y 1936. Consiste en una clasificación climática mundial basada en las temperaturas y precipitaciones otorgando letras a los diferentes valores que toman estas dos variables (ver Tabla B.5.).

En esta clasificación la primera letra indica el tipo de clima, por ejemplo:

Clima A – Tropical. Se caracteriza porque todos los meses tienen una temperatura media superior a los 18 °C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación. Bajo estas condiciones se da el bosque tropical. La segunda letra hace referencia al régimen de precipitaciones:

- f:** precipitaciones constantes. ("falta la sequía")
- m:** precipitaciones constantes excepto algún mes seco y precipitaciones exageradas algunos meses.
- s:** periodo seco en verano (*sommer* en alemán)
- w:** periodo seco en invierno (*winter* en alemán)

Tabla B.5. Clasificación Climática de Köppen

Temperatura	Humedad				
	S	W	f	m	w

A	Tropical	---	---	<u>Ecuatorial</u> (Af)	<u>Monzónico</u> (Am)	<u>Sabana</u> (Aw)	<u>Sabana</u> (As)
B	Árido	<u>Estepario</u> (BS)	<u>Desértico</u> (BW)	---	---	---	---
C	Templado	---	---	<u>Subtropical</u> (Cfa) <u>Oceánico</u> (Cfb)	---	<u>Pampeano</u> (Cwa, Cwb)	<u>Mediterráneo</u> (Csa) <u>Oceánico de</u> <u>veranos secos</u> (Csb)
D	Continental	---	---	<u>Continental</u> (Dfa, Dfb) <u>Subártico</u> (Dfc, Dfd)	---	<u>Manchuriano</u> (Dwa, Dwb)	---
		T		F		H	
E	Frío	Tundra (ET)		Polar (EF)		Alta Montaña (H)	

Clima B – Seco (Árido y Semiárido). Se caracteriza porque las precipitaciones anuales son inferiores a la evaporación. Para el cálculo hay que multiplicar la temperatura media anual por los doce meses y duplicarla, pues se considera un mes húmedo aquel en el que la precipitación en mm es más del doble la temperatura en °C, de modo que para un año hay de multiplicar la temperatura media anual por veinticuatro. Esta es la fórmula más utilizada aunque hay otras formas más complejas de calcular la aridez. En este tipo de climas la segunda letra explica el grado de aridez:

S: las lluvias medias anuales están entre un 50% y un 100% de la temperatura media anual multiplicada por veinticuatro.

W: las lluvias medias anuales están entre un 0% y un 50% de la temperatura media anual multiplicada por veinticuatro.

La tercera letra explica las temperaturas:

h: temperatura media anual por encima de 18 °C.;

k: temperatura media anual por debajo de 18 °C.

Clima C - Templado. Se caracteriza porque la temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C y superior a -3 °C y la del mes más cálido es superior a 10 °C. Las precipitaciones exceden a la evaporación. Es el clima donde se dan los bosques mesotérmicos. En esta clasificación la segunda letra explica el régimen de lluvias:

f: precipitaciones constantes a lo largo del año, por lo que no podemos hablar de un periodo seco.

s: el verano es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más altas. La estación más lluviosa no tiene porque ser el invierno.

w: el invierno es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más bajas. La estación más lluviosa no tiene porque ser el verano.

La tercera letra explica el comportamiento de las temperaturas:

a: Subtropical. El verano es caluroso pues se superan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.

b: Templado. El verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.

c: El verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias mayores de 10 °C se dan en menos de cuatro meses al año.

Clima D – Templado frío (Continental). Se caracteriza porque la temperatura media del mes más frío es menor de -3 °C y la del mes más cálido es superior a 10 °C. Las precipitaciones exceden a la evaporación. Es el clima donde se dan los bosques microtérminos. En esta clasificación la segunda letra explica el régimen de lluvias:

f: precipitaciones constantes a lo largo del año, por lo que no podemos hablar de un periodo seco.

s: el verano es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más altas. La estación más lluviosa no tiene porque ser el invierno.

w: el invierno es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más bajas. La estación más lluviosa no tiene porque ser el verano.

La tercera letra explica el comportamiento de las temperaturas:

- a: el verano es caluroso pues se superan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.
- b: el verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.
- c: el verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias mayores de 10 °C se dan en menos de cuatro meses al año.
- d: el verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias mayores de 10 °C se dan en menos de cuatro meses al año. El mes más frío tiene una temperatura media inferior a -38 °C.

Clima E – Polar y de Alta Montaña. Se caracteriza porque la temperatura media del mes más cálido es inferior a 10 °C.

ET – Tundra. La temperatura media del mes más cálido está entre 0 °C y 10 °C. La vegetación es únicamente de hierbas en estos meses donde se superan los 0 °C.

EF – Hielo. La temperatura media del mes más cálido es menor de 0 °C. No existe ningún tipo de vegetación.

EH - Alta montaña. Son climas condicionados por la altura, superior a 1 500 msnm y que pueden encuadrarse en las clasificaciones anteriores ya que suponen la modificación del clima local originada por la altitud.

Por la complejidad de usar la clasificación anterior de Köppen (33 zonas climáticas) para evaluar la eficiencia energética en la construcción, en los 70's se realiza el primer modelo energético conocido como MEC (por sus siglas en inglés) y fue utilizado hasta los 90's. Durante 1992, 1993 y 1995 el Consejo de Oficiales Americanos de la Construcción (CABO por sus siglas en inglés) desarrollaron su propio código hasta que fue unificado por el Consejo de Normalización Internacional (ICC).

En 1989 la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE por sus siglas en inglés) publica el código ASHRAE 90.1 para envolventes en la edificación en el cual se hace un estudio estadístico usando el análisis de grupos, en donde cada grupo climático representa una agrupación de localidades similares de Estados Unidos, en 1998 el Código Internacional de Conservación de Energía (IECC) publica también su clasificación de climas con dos diferencias básicas respecto al anterior: 1) la mayoría de los rangos estaban basados en divisiones de 1000 grados – día Celsius, mejor que las anteriores de 278 grados – día Celsius y 2) Las subdivisiones A, B y C de las zonas climáticas se usaron para reflejar otras dimensiones climáticas para redefinir la alineación con mayor amplitud de los diferentes tipos de climas reconocidos.

Actualmente una nueva clasificación climática ha sido desarrollada para ayudar a llevar a cabo la implementación de códigos y normas referentes a la eficiencia energética en la construcción, considerando al menos los parámetros climáticos indicados en la tabla B.6.

Dado el interés tanto de ASHRAE y de ICC en producir información que sea aplicada internacionalmente, se unieron para realizar un método que pueda ser aplicado tanto en Estados Unidos como en el extranjero. La vinculación de la nueva clasificación de zonas climáticas con la clasificación mundial de climas dada por Köppen, muestra las ventajas del método para ser empleado internacionalmente en la determinación de la eficiencia energética, siempre y cuando esa localidad use la clasificación de Köppen y cuente con los datos térmicos básicos para poder definir la zona climática.

A la fecha en la República Mexicana, la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAEE) cuenta con un estudio de las diferentes zonas climáticas y la determinación de grados-día para diferentes poblaciones del país, el cual da origen a las tablas 2 y 3 de la presente norma.

B.5. Información de materiales aislantes térmicos

El fabricante debe proporcionar en sus catálogos técnicos, documentación técnica, etc., las buenas prácticas para la seguridad, salud, manejo y recomendaciones de instalación de todos los materiales aislantes que intervengan en la envolvente térmica proyectada.