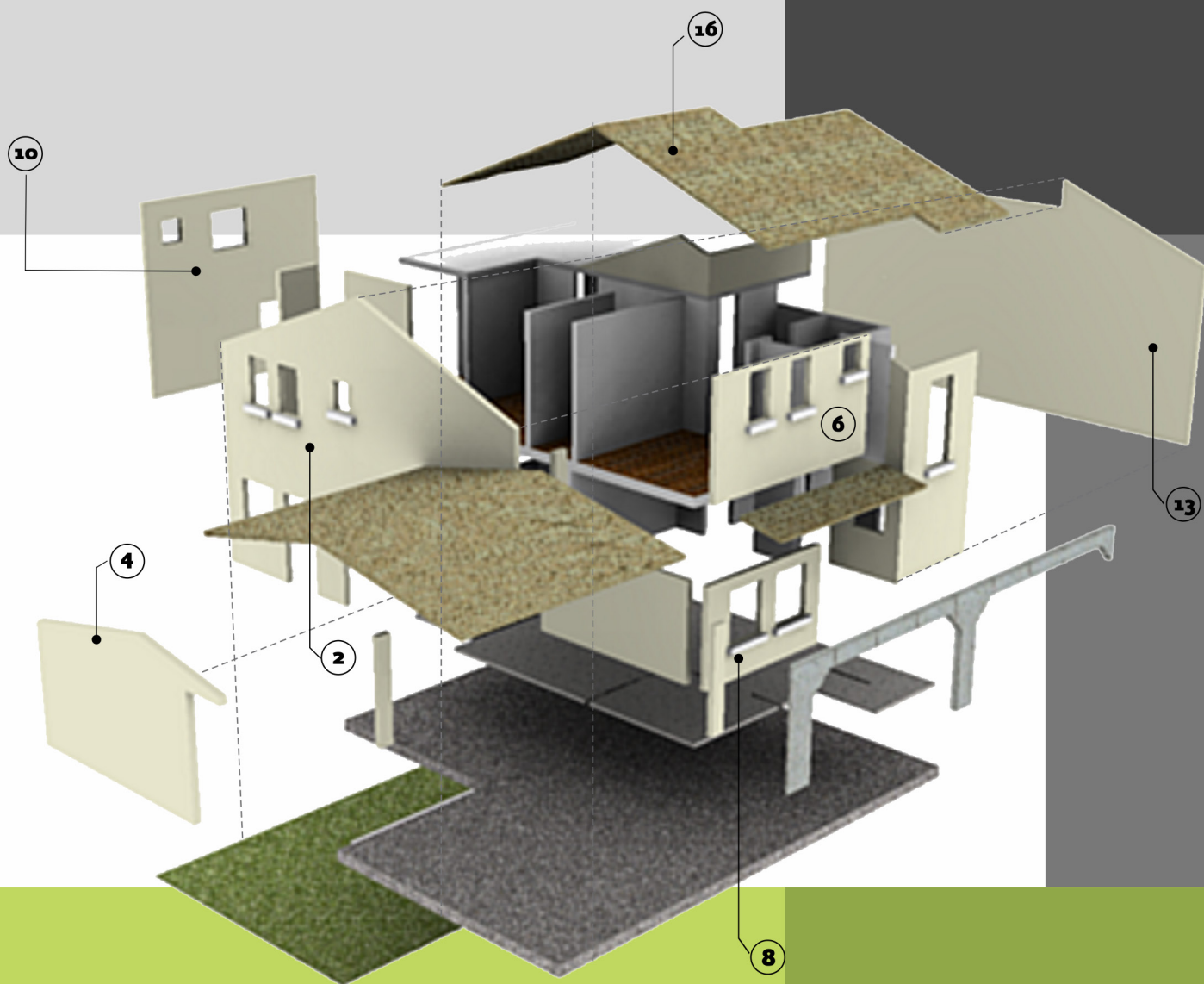


MANUAL TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES.
ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL.



La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó por el Componente Edificación bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México”, el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión de la Conuee y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Manual técnico para la aplicación de la NOM-020-ENER-2011

Edición y Supervisión: Conuee / GIZ, Programa de Energía Sustentable en México, Componente Edificación

Autores: Low Carbon Architecture / GIZ, Programa de Energía Sustentable en México, Componente Edificación

Diseño: Conuee / GIZ, Programa de Energía Sustentable en México, Componente Edificación

Gráficas / Figuras: Low Carbon Architecture

© Consorcio GOPA-INTEGRATION
Por encargo de Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

México, D.F. diciembre de 2015



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



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

1.	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1.	Beneficios de la aplicación de la NOM-020-ENER-2011	2
1.2.	Campos de la aplicación de la NOM-020-ENER-2011.	4
1.3.	Visión general de la NOM-020-ENER-2011.....	4
1.4.	Estructura y objetivo del manual.	5
2.	INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO.	7
2.1.	Ubicación.....	7
2.2.	Valores para el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente.	7
2.3.	Proyecto arquitectónico.....	9
3.	IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS.	13
3.1.	Las componentes de la envolvente térmica y sus características.....	13
3.2.	Componentes de la envolvente térmica	14
3.3.	Cálculo del valor K (partes homogéneas y no homogéneas).	16
3.4.	La orientación de los componentes	21
3.5.	Nomenclatura para los componentes de la envolvente.....	22
3.6.	Particularidades de cálculo según la tipología de vivienda.	23
4.	¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?	27
4.1.	Uso de la tabla 1. Valores para el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente.....	27
4.2.	Tablas para determinar el factor de corrección de sombreado exterior (SE).....	28
4.3.	Uso de la Tabla 2. Ventana con volado con extensión lateral más allá de los límites de ésta.	29
4.4.	Uso de la tabla 3. Ventana con volado con extensión lateral hasta los límites de ésta.	30
4.5.	Uso de la tabla 4. Ventana remetida.	32
4.6.	Uso de la tabla 5. Ventana con partesoles.	33
4.7.	Procedimiento para interpolación de datos no encontrados en las tablas.	34

5.	CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA.....	38
5.1.	Características del edificio para uso habitacional de referencia.....	38
5.2.	Cálculo de ganancias de calor en edificio de referencia y proyectado.....	39
5.3.	Método de cálculo de ganancia de calor en la envolvente de edificio proyectado y de referencia.	39
5.4.	Cálculo de ganancias de calor por conducción.	41
5.5.	Cálculo de ganancias de calor por radiación.	41
5.6.	Presupuesto energético.....	44
6.	EJEMPLO DE CÁLCULO.	46
6.1.	Vivienda en conjunto horizontal.....	47
6.2.	Cálculo del edificio de referencia. Vivienda en conjunto horizontal.	55
6.3.	Cálculo del edificio proyectado. Vivienda en conjunto horizontal.	61
6.4.	Cumplimiento y etiqueta.....	72

Fig. 1.1 Ilustración simplificada de la metodología de cálculo utilizada en la NOM-020-ENER-2011	5
Fig. 2.1 Comparación sobre las letras usadas en la Norma y su nomenclatura en Normas ISO	9
Fig. 2.2 Ejemplo de detalle constructivo de muro de concreto armado.	10
Fig. 2.3 Cuadro de información necesaria para el cálculo del presupuesto energético.	11
Fig. 3.1 Componente de techo de 0° a 45°	14
Fig. 3.2 Ejemplo de muro masivo.	14
Fig. 3.3 Ejemplo de muro ligero.	15
Fig. 3.4 Identificación de los componentes de la envolvente térmica en corte.	15
Fig. 3.5 Identificación de los componentes de la envolvente en planta.	16
Fig. 3.6 Variables necesarias para calcular el coeficiente global de transferencia de calor para cálculo de edificio proyectado. Superficies homogéneas.....	18
Fig. 3.7 Cálculo de valor K. Porción homogénea.	19
Fig. 3.8 Cálculo de valor K. Porción no homogénea.	20
Fig. 3.9 Variables para el cálculo de porciones no homogéneas.....	20
Fig. 3.10 Orientación de componentes según NOM 020.	21
Fig. 3.11 Conjunto de viviendas iguales con diferentes orientaciones.....	22
Fig. 3.12 Nomenclatura sugerida para los componentes de la envolvente.	22
Fig. 3.13 Valor K de acuerdo al número de niveles del edificio de uso habitacional.....	23
Fig. 3.14 Vivienda de hasta tres niveles.....	24
Fig. 3.15 Esquema de vivienda en conjunto.....	24
Fig. 3.16 Esquema de vivienda de más de tres niveles.	25
Fig. 4.1 Extracto de la Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	27
Fig. 4.2 Ejemplo de ciudades faltantes en Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	28
Fig. 4.3 Volado con extensión más allá de los límites de ventana.	29
Fig. 4.4 Extracto de la Tabla 2 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	30
Fig. 4.5 Volado con extensión hasta los límites de la ventana.	31
Fig. 4.6 Extracto de la Tabla 3 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	31
Fig. 4.7 Esquema de ventana remetida.	32
Fig. 4.8 Extracto de la Tabla 4 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	32
Fig. 4.9 Esquema de ventana con partesoles.	33
Fig. 4.10 Extracto de la Tabla 5 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	34
Fig. 4.11 Ejemplo de procedimiento de interpolación para una variable.....	35
Fig. 4.12 Fórmula para interpolar valor SE con una variable.	35
Fig. 4.13 Procedimiento de interpolación para dos variables.	35
Fig. 4.14 Fórmula para interpolar valor SE con dos variables.	36

Fig. 5.1 Comparación de edificio proyectado y de referencia.....	39
Fig. 5.2 Pasos para calcular el presupuesto energético.....	40
Fig. 5.3 Consideraciones de los componentes de la envolvente para EP y ER.....	41
Fig. 5.4 Guía para cálculo de ganancias de calor por conducción.....	42
Fig. 5.5 Guía para cálculo de ganancias de calor por radiación.....	43
Fig. 6.1 Etapas del proceso de cálculo del presupuesto energético.....	46
Fig. 6.2 Corte X-X' de la vivienda analizada.....	48
Fig. 6.3 Fachadas de la vivienda analizada.....	48
Fig. 6.4 Plantas arquitectónicas de la vivienda analizada.....	49
Fig. 6.5 Composición de muros MS ₁ , MS ₂ , MS ₃ , ME ₁ , ME ₂ , MN ₁ , MN ₂ , MO ₁ y MO ₂ de acuerdo a proyecto arquitectónico.....	50
Fig. 6.6 Composición de muro MN ₃ de acuerdo con proyecto arquitectónico.....	51
Fig. 6.7 Composición de las losas T ₁ y T ₂ de acuerdo con proyecto arquitectónico.....	51
Fig. 6.8 Planta de viviendas en conjunto horizontal.....	52
Fig. 6.9 Perspectiva de viviendas en conjunto horizontal.....	52
Fig. 6.10 Identificación de componentes de vivienda analizada. Perspectiva.....	53
Fig. 6.11 Tabla de áreas por componente y orientación.....	54
Fig. 6.12 Cálculo del edificio de referencia. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.....	56
Fig. 6.13 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Áreas.....	56
Fig. 6.14 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Valores K, te y t.....	58
Fig. 6.15 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.2. Valores CS y FG.....	60
Fig. 6.16 Cálculo del edificio proyectado. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.....	62
Fig. 6.17 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Áreas.....	62
Fig. 6.18 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 4.2.....	63
Fig. 6.19 Identificación de capas homogéneas y porciones no homogéneas para cálculo de valor K.....	64
Fig. 6.20 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 3.2. Valor M sup. no homogéneas.....	64
Fig. 6.21 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 3.3. Valor K superficies no homogéneas.....	65
Fig. 6.22 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Edificio proyectado.....	66
Fig. 6.23 Sombreado de ventana MN ₁ -V ₁ . Valores L y H.....	67
Fig. 6.24 Sombreado de ventana MS ₁ -V ₄ . Valores L, H y W.....	68
Fig. 6.25 Extracto de Tabla 3 del Apéndice A de la Norma. Factores SE.....	68
Fig. 6.26 Sombreado de ventanas MS ₃ -V ₁ , MS ₃ -V ₂ y MS ₃ -V ₃ . Valores L, H y W.....	69
Fig. 6.27 Procedimiento de interpolación de ventanas MS ₃ -V ₁ , MS ₃ -V ₂ y MS ₃ -V ₃	69
Fig. 6.28 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.2. EP. Ganancias por radiación.....	71
Fig. 6.29 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 5.1. Resumen de cálculo.....	72
Fig. 6.30 Ejemplo de etiqueta energética del proyecto.....	73

MANUAL TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011

El presente Manual Técnico para la Aplicación de la NOM-020-ENER-2011 ofrece al lector un amplio panorama sobre los conceptos técnicos que incluye la norma y lo pone a disposición de ingenieros, arquitectos, empresas desarrolladoras de viviendas, instituciones, universidades y a todo público interesado en el tema del desempeño energético de la envolvente de las edificaciones de uso habitacional.

La estructura del Manual considera la identificación de los elementos que conforman la envolvente de una edificación de uso habitacional, la información de los materiales con que se debe contar, el uso de las tablas contenidas en la NOM, así como los cálculos de ganancias de calor tanto del edificio de uso habitacional a proyectar, como el edificio que se emplea de referencia.

Lo anterior, con la finalidad de que se tenga un buen entendimiento y comprensión de los conceptos y cálculos que maneja propiamente la Norma.

De esta manera se puede contar con edificios de uso habitacional eficientes, con menor ganancia de calor al interior, un mayor confort para quienes los habitan y, por ende, con menor consumo de energía por concepto del acondicionamiento del aire.

Ing. Odón de Buen R.
Director General
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

La implementación de conceptos de sustentabilidad en el proceso de diseño y en la práctica de la construcción es actualmente una prioridad impulsada en muchos países del mundo, cuyos esfuerzos están principalmente dirigidos a reducir el uso de la energía durante todo el ciclo de vida de las construcciones.

Como parte de estos esfuerzos, el gobierno de México ha fortalecido su marco regulatorio, que parte desde el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), el cual establece metas para promover el uso eficiente de la energía en diferentes sectores, incluyendo el sector de la construcción. De este modo, en 2008 se publicó el Programa Sectorial de Energía 2007-2008 y se decretó la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía; seguidos en 2009 por el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (Pronase).

En vinculación con el PND, en 2008 se publicó el Programa Nacional de Vivienda 2007-2012: Hacia un desarrollo habitacional sustentable (PNV). Uno de los objetivos del PNV es, impulsar el desarrollo habitacional sustentable, a fin de que el crecimiento habitacional no ponga en riesgo el patrimonio natural de las futuras generaciones. Para ello, se plantean la construcción de viviendas con criterios de respeto al medio ambiente, la instauración de nuevas normas oficiales, tomando como guía la experiencia internacional, así como la formación de servidores públicos y privados con conocimientos técnicos sobre vivienda sustentable.

Dentro del paquete de reformas aprobadas por el Congreso Mexicano, el 28 de Noviembre de 2008 se publicó la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), la cual crea la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (**Conuee**). Todos los recursos de la ahora extinta Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) pasan a formar parte de esta nueva dependencia.

La **Conuee**, se constituye como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía. Cuenta con autonomía técnica y operativa y tiene por objetivo promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico en materia del aprovechamiento sustentable de energía.

En materia de normatividad, en 2011, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), que depende de la **Conuee**, expidió la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética en Edificaciones: Envolverte de edificios para uso habitacional.

La normalización para la eficiencia energética en edificios para uso habitacional representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de estos, y lograr la comodidad de sus ocupantes con un menor consumo de energía.

1.1. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011

El uso sustentable de la energía forma parte de una cultura de seguridad energética, de protección ambiental y de economía en el uso de los recursos: éste se refiere al conjunto de acciones encaminadas al uso racional y el consumo mínimo indispensable para satisfacer las necesidades requeridas en cualquier campo.

La eficiencia energética aporta beneficios en la producción reduciendo los consumos. Esto se refleja en ahorro económico en la operación y en la conservación de los recursos naturales, disminuyendo el impacto en el medio ambiente.

Del consumo global de energía de un país, el sector de la construcción es uno de los más demandantes. Grandes cantidades de energía son necesarias para la

extracción, procesamiento, fabricación, transporte y colocación de los materiales de construcción.

México es un país con un territorio donde predomina el clima cálido, lo cual se refleja en que el 45% de los usuarios de electricidad tienen tarifas que se aplican por ubicarse en zonas con ese clima.

Por lo mismo, un porcentaje significativo de la población de nuestro país tiene que buscar en confort térmico en sus hogares, lo que se logra con acciones tan simples que van de la ventilación natural hasta con sofisticados equipos de refrigeración.

Sin embargo, estas formas de búsqueda de confort dependerán del propio clima del lugar y de la capacidad económica de la familia para hacerse de equipos de refrigeración, pero también, y de manera fundamental, de la envolvente de la casa, que involucra techo, paredes, ventanas y puertas y que están expuestos a la energía que nos llega directamente del sol o de la que se acumula en el aire exterior y que se refleja en la temperatura ambiente.

De acuerdo a estimaciones de la Conuee, el uso de energía eléctrica para el confort térmico en viviendas ubicadas en zonas de clima cálido en México ya representa el 30% del consumo total de energía del sector y este consumo se concentra en el 45% de las viviendas.

Existen zonas, particularmente en el Noroeste del país, donde el aire acondicionado representa, en promedio para todas las viviendas, el 60% de su consumo anual que, además, se concentra en la mitad del año, presionando la economía de las familias pero también al erario, que paga dos de cada tres pesos de lo que en promedio cuesta entregar la energía eléctrica a esas casas. Se estima

que el erario paga una cantidad cercana a los 30,000 millones de pesos al año para cubrir los costos que no cubren los usuarios en lo que corresponde a climatización en regiones de clima cálido.

Inclusive, se sabe que las condiciones de confort tienen efectos sobre la salud y la productividad de los habitantes de las viviendas, aunque en México no se cuenta con estudios específicos de gran alcance sobre estos efectos.

A su vez, la demanda de electricidad que se utiliza para confort térmico en zonas de clima cálido en México determina la demanda máxima del sistema, lo cual se hace evidente en el hecho de que el nivel máximo de demanda del Sistema Eléctrico Nacional se da en el verano por las tardes, que es cuando la acción coincidente de la temperatura máxima del día, de la irradiación solar y de la propia carga térmica en el interior de las viviendas llevan a las familias a utilizar al máximo los dispositivos que les permiten el confort térmico.

Aunado a lo anterior y desde un punto de vista ambiental, la energía que se genera para cubrir las necesidades de confort térmico en viviendas en clima cálido en México representa emisiones cerca de 7,500 Millones de Ton de CO₂eq al año, lo que representa el 5% de las emisiones de México por generación de electricidad.

Por lo mismo, el hacer cumplir a cabalidad a la NOM-020-ENER-2011 trae consigo un conjunto amplio de beneficios a la población en general en su economía y su salud, además de reducir impactos al medio ambiente, permitir un mejor aprovechamiento de la infraestructura eléctrica y, finalmente, empujar a la innovación tecnológica en materiales y métodos de diseño y construcción de viviendas en México.

1.2. CAMPOS DE LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011.

Esta Norma Oficial Mexicana es de carácter obligatorio para todo el país de acuerdo con su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Aplica a todos los edificios nuevos para uso habitacional, entendiéndose éste como cualquier estructura que limita un espacio por medio de techos, paredes, ventanas, piso o superficies inferiores. La norma también aplica para las

ampliaciones, refiriéndose a cualquier cambio en la edificación para uso habitacional que incremente el área construida.

En un edificio de uso mixto, la aplicación de la Norma será bajo el criterio en donde, si el uso habitacional constituye 90% o más del área construida del edificio, ésta aplica a la totalidad del edificio.

1.3. VISIÓN GENERAL DE LA NOM-020-ENER-2011.

El método de prueba que establece la Norma compara la ganancia total de calor de un edificio para uso habitacional proyectado (**EP**) con la ganancia total de calor de un edificio para uso habitacional de referencia (**ER**). El edificio proyectado (**EP**) está definido por las dimensiones geométricas y las características definidas por el proyecto arquitectónico.

El edificio de referencia (**ER**) es un modelo teórico que determina un nivel máximo de ganancia total de calor. Éste se define con las mismas dimensiones geométricas del proyecto arquitectónico y con características para la envolvente térmica establecidas por la Norma.

Para cumplir con la Norma la ganancia total de calor del edificio proyectado (EP) debe ser igual o menor a

la ganancia total de calor del edificio de referencia; como se explica en el Capítulo 5 de este manual.

La metodología utilizada en la Norma para el cálculo del presupuesto energético se ilustra de manera simplificada en la Fig. 1.1.

Es importante subrayar que para el cálculo del **ER** se utiliza la misma geometría del **EP**; con ligeras variaciones, por ejemplo, para el **ER** se toman valores fijos (establecidos por la Norma).

De este modo, la identificación de componentes (paredes, ventanas, etc.) y cálculo de áreas se realiza una sola vez en el procedimiento de cálculo, como se explica más adelante en el Capítulo 5 de este manual.

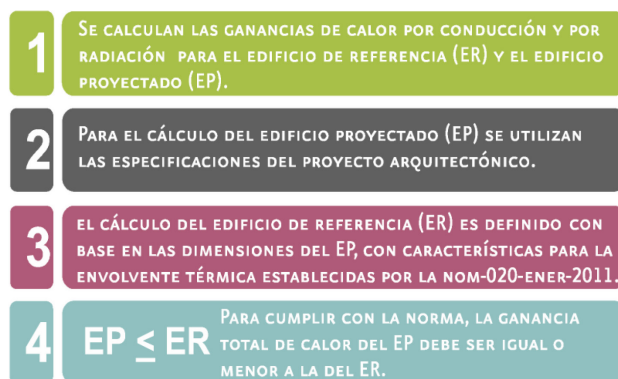


Fig. 1.1 Ilustración simplificada de la metodología de cálculo utilizada en la NOM-020-ENER-2011

1.4. ESTRUCTURA Y OBJETIVO DEL MANUAL.

El objetivo de este manual es proveer información necesaria y detallada para realizar el presupuesto energético del proyecto en consideración a fin de limitar la ganancia de calor a través de su envolvente.

El manual está dividido en seis capítulos y cinco anexos.

Capítulo 1. Es el presente capítulo, que incluye la introducción, campo de aplicación de la NOM-020, objetivo de la Norma y del presente manual.

Capítulo 2. En donde se especifican los datos y la información necesarios para llevar a cabo el presupuesto energético.

Capítulo 3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características. Se explica qué componentes conforman la envolvente, criterios de orientación, cálculo de valores de transmitancia térmica y particularidades del cálculo para diferentes tipologías de vivienda.

Capítulo 4. Este capítulo presenta las tablas existentes en la Norma, la forma en que se dividen y subdividen y explica cómo seleccionar los datos requeridos en el cálculo del presupuesto energético.

Capítulo 5. Se explica el cálculo del presupuesto energético que incluye el cálculo de ganancias de calor por conducción y radiación para el edificio de

referencia (**ER**) y el cálculo de ganancias de calor por conducción y radiación para el edificio proyectado (**EP**).

Capítulo 6. Se presenta un ejemplo del cálculo del presupuesto energético para una vivienda en conjunto horizontal con muros compartidos.

Dentro de los anexos al manual se reúne aquella información complementaria para el cumplimiento de la Norma.

Anexo 1. Requisitos para las unidades de verificación. Se mencionan a grandes rasgos los requisitos que deben cumplir las unidades que verificarán el cumplimiento de la Norma.

Anexo 2. Buenas Prácticas. En este apartado se establecen una serie de estrategias de diseño para disminuir las ganancias de calor a través de la envolvente dependiendo de la zona climática en donde se ubique el proyecto.

Anexo 3. Glosario de términos. Se explican brevemente los términos y abreviaturas utilizados en la Norma y en este manual para la correcta comprensión de la información.

Anexo 4. Preguntas frecuentes.

Anexo 5. Lista de acrónimos y símbolos.

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO.

Antes de iniciar con el cálculo del presupuesto energético debe tenerse lista la información que se ocupará en el proceso del mismo, la cual corresponde al proyecto ejecutivo del edificio para uso habitacional proyectado, información sobre las características térmicas de los materiales de construcción, anexos de la Norma, etc. A continuación se especifica cuál es la información necesaria para llevar a cabo el cálculo del presupuesto energético.

1.5. UBICACIÓN.

Lo primero se debe conocer es el lugar en donde se encuentra ubicado el proyecto, puesto que la temperatura y la cantidad de radiación solar que reciba la vivienda está directamente relacionada con el lugar donde se localiza. Por lo tanto, deben conocerse el estado, ciudad y latitud.

En primer término es necesario tener a la mano el documento de la Norma, ya que constantemente se requiere obtener información de ésta para el cálculo. Se puede obtener en internet en la siguiente dirección:

www.Conuee.gob.mx/work/sites/Conae/resources/LocalContent/6933/10/NOMo2oENER2011.pdf

Nota: En caso de que la ciudad no se encuentre dentro de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma, se tomarán los datos de otra ciudad similar en clima.

1.6. VALORES PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE.

Para la elaboración del cálculo del presupuesto energético se debe realizar el cálculo del edificio proyectado y compararlo con el cálculo del edificio de referencia. La geometría de la vivienda es la misma para ambos casos. En ambos casos, la mayor parte de los datos necesaria para el cálculo se consultan en la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. (Ver Capítulo 4 de este manual en donde se explican las tablas de la Norma y su uso).

Los elementos a considerar para el cálculo son los siguientes:

Edificio proyectado (EP). Para los cálculos de ganancia de calor por conducción y radiación del EP se deben conocer:

A El área (m^2) de las porciones transparentes y opacas del edificio. Se obtienen de los planos del proyecto.

te Temperatura equivalente promedio ($^{\circ}C$) de los elementos de la envolvente. (Se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma).

t Temperatura interior ($^{\circ}C$) (Se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma).

K Coeficiente global de transferencia de calor (W/m^2K). Se calcula únicamente en el EP para ganancias por conducción de cada porción de la envolvente según el Apéndice B de la Norma. (Ver Capítulo 3 de este manual para explicación del cálculo del valor **K**).

CS Coeficiente de sombreado de cada porción transparente. Únicamente para cálculos por radiación. Se obtiene de las especificaciones del fabricante del material.

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

El coeficiente de sombreado (**CS**) es la razón entre el calor por radiación solar que se gana a través de un vidrio específico y el calor que se gana a través de un vidrio claro de 3 mm de espesor, bajo idénticas condiciones. Este valor se considera siempre con valor de 1 para el edificio de referencia y se obtiene del fabricante del material transparente para el cálculo del edificio proyectado.

Puede suceder que el fabricante no conozca el valor de **CS** de su producto; pero sí conozca el Coeficiente de Ganancia de Calor Solar Máximo (**CGCS**), también conocido como Factor Solar *g*. En este caso, se puede calcular el valor **CS** que se requiere para los cálculos de la NOM 020 utilizando la siguiente fórmula¹:

$$\mathbf{CS} = \mathbf{CGCS} / 0.87$$

En donde:

CS = Coeficiente de sombreado [SC shading coefficient]

CGCS = Coeficiente de Ganancia de Calor Solar Máximo [SHGC, Solar Heat Gain Coefficient]

FG Factor de ganancia de calor solar por orientación. Únicamente para cálculos por radiación. Se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.

SE Factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente. Depende del tipo de sombreado que tenga la ventana. Se obtiene utilizando las Tablas 2, 3, 4 y 5 del Apéndice A de la Norma. (Ver Capítulo 4 de este manual en donde se explican las tablas de la Norma y su uso).

Edificio de referencia (ER). Para los cálculos de ganancia de calor por conducción y radiación del ER se utilizan muchos de los datos que se han calculado o consultado con anterioridad para el edificio proyectado. Tal es el caso de los valores de **te**, **t**,

FG y las áreas (**A**) de las porciones transparentes y opacas del edificio.

Sin embargo, para el edificio de referencia, se considera que toda la superficie del techo es 100% opaca. Las fachadas se consideran como si el 90% de la superficie total fuera opaca y sólo el 10% transparente.

Otra diferencia significativa en el cálculo del edificio de referencia es que el valor **K** se obtiene directamente de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma para partes opacas, y para partes transparentes se obtiene del punto 6 de la Norma. Mientras que el valor del coeficiente **CS** es siempre 1 para las paredes en el edificio de referencia.

A continuación, en la Fig. 2.1, se presenta una comparación sobre la simbología que se utiliza en las fórmulas de la Norma y las que se emplean en las Normas ISO, ya que como se menciona en la introducción de la Norma: “Las unidades que se utilizan en esta Norma corresponden al Sistema General de Unidades de Medida, único legal y de uso obligatorio en los Estados Unidos Mexicanos, con las excepciones y consideraciones permitidas en su NOM-008-SCFI-2002”.

¹ Fuente: ASHRAE Fundamentals. 2001.

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

NORMAS ISO	NOM-020-ENER-2011 y NOM-008-SCFI-2002	MAGNITUD	UNIDAD SI	SÍMBOLO DE LA UNIDAD SI
Valor U	Valor K	Coefficiente de transferencia de calor.	Watt por metro cuadrado Kelvin.	W/(m ² K)
Valor R	Valor M	Coefficiente de aislamiento térmico.	Metro cuadrado Kelvin por watt.	(m ² K)/W
λ	λ	Conductividad térmica.	Watt por metro Kelvin.	W/m K
SC (shading coefficient)	CS	Coefficiente de sombreado del vidrio.	Valor adimensional	

Fig. 2.1 Comparación sobre las letras usadas en la Norma y su nomenclatura en Normas ISO

1.7. PROYECTO ARQUITECTÓNICO.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS.

Para el cálculo del presupuesto energético, se debe contar con todos los planos que comprenden el proyecto ejecutivo. Las plantas, cortes y alzados deberán estar a escala y acotados de paño exterior a paño exterior de muros para poder calcular las superficies de acuerdo a las necesidades de la Norma. A continuación se especifica lo que deben incluir los planos del proyecto:

Orientación y planta de conjunto: Las ganancias de calor que reciba la vivienda dependen en gran medida de su orientación. Es importante por eso, mostrar la ubicación de la vivienda, su orientación misma que deberá indicarse en todos los planos.

Plantas, cortes y alzados. Generalmente, los planos arquitectónicos se acotan con medidas a ejes. Para el cálculo de la Norma, sin embargo, se requieren medidas a paño exterior de muro y de nivel de losa terminada a nivel de piso terminado. Es importante ilustrar en los planos la ubicación y orientación de las ventanas y los dispositivos de sombra que puedan tener (volados, ventanas remetidas, partesoles, etc.).

Es indispensable conocer los siguientes valores del material transparente que componen las ventanas: Valor **K** del material transparente y el Coeficiente de Sombreado **CS**. Alternativamente, como se mencionó con anterioridad, se puede únicamente conocer el Factor solar g o el **CGCS** para calcular el **CS**. Estos valores deben venir indicados en la ficha técnica del producto. Es deseable utilizar vidrios, y otros materiales de construcción, certificados por los organismos mexicanos de certificación.

Es importante acotar en los planos, las dimensiones de los dispositivos de sombra: **W**, **H** y **L** (ver Capítulo 3 de este manual en donde se ilustra cómo se deben acotar estas dimensiones). En caso de que estas dimensiones no puedan apreciarse en planta será necesario realizar un corte o detalle para conocer estas medidas y, posteriormente, poder calcular el factor de corrección por sombreado exterior (**SE**).

Detalles constructivos. Es necesario contar con los cortes y planos de detalles necesarios para comprender el proyecto, su sistema constructivo y los detalles de los tipos de sombreado, etc. Se espera que estos detalles incluyan cotas y los materiales utilizados en todas las capas de la

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

composición de las partes de la envolvente térmica del edificio (paredes, losas, ventanas y puertas exteriores, etc.).

PLANOS DE ACABADOS.

Junto con los detalles constructivos, los planos de acabados nos ayudan a conocer los materiales que

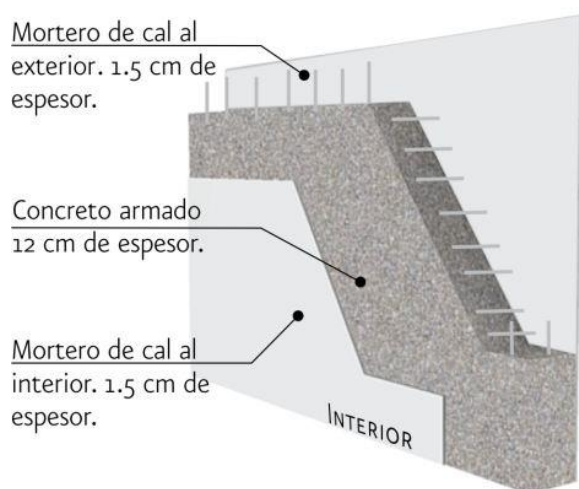


Fig. 2.2 Ejemplo de detalle constructivo de muro de concreto armado.

La información sobre los valores de conductividad térmica (λ) de los materiales se puede obtener del Apéndice Informativo D de la Norma o del certificado del producto.

En México, existen instituciones autorizadas para emitir certificados de las características térmicas de los materiales como densidad aparente, conductividad térmica, permeabilidad de vapor de agua, absorción de humedad, etc. Una de ellas es el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCE).

Cabe aclarar los sellos o certificados de los materiales de construcción se otorgan por un periodo limitado de tiempo, por lo cual se deben actualizar continuamente para asegurar su vigencia.

componen las paredes, muros, losas y demás elementos de la envolvente térmica. En la Fig. 2.2 se ilustra un ejemplo de un muro de concreto armado. El dibujo del detalle constructivo nos indica las dimensiones del muro y los espesores de las capas de los diferentes materiales. Los planos de acabados nos indicarán el tipo de material base, acabado final exterior, acabado final interior y demás capas intermedias si las hubiera.

EXTERIOR	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Mortero de cal al exterior	0.015	0.872
Concreto armado	0.120	1.740
Mortero de cal al interior	0.015	0.698
INTERIOR		

2. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO

puede utilizar como un “checklist” para verificar que contamos con lo necesario para el cálculo.

INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO DEL EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA		
DATO / VALOR / INFO	EDIFICIO PROYECTADO	EDIFICIO REFERENCIA
<input type="checkbox"/> Estado, Ciudad, Latitud, orientación del edificio.	<input type="checkbox"/> Se obtiene del proyecto arquitectónico.	<input type="checkbox"/> Es igual que el edificio proyectado.
<input type="checkbox"/> Áreas y orientación de las partes que componen la envolvente térmica: muros, losas, ventanas, puertas, domos.	<input type="checkbox"/> Se obtienen del proyecto arquitectónico. Se restan las áreas de ventanas, puertas y domos a los muros y losas.	<input type="checkbox"/> Se considera el 100% del área de la losa como opaca. El 90% del área total* de los muros como opacos y el 10% como transparente. *Sin restar área de puertas y ventanas.
<input type="checkbox"/> Temperatura equivalente promedio (T_e), Temperatura interior (t)	<input type="checkbox"/> Se obtienen de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.	<input type="checkbox"/> Son iguales que el edificio proyectado.
<input type="checkbox"/> Coeficiente de transferencia de calor (K).	<input type="checkbox"/> Se calcula de acuerdo al espesor y conductividad (λ) del material de cada capa que conforma la porción.	<input type="checkbox"/> Para sup. opacas: de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. Para ventanas es igual a 5.1319 W/m ² K.
<input type="checkbox"/> Coeficiente de Sombreado (CS)	<input type="checkbox"/> Se obtiene de la ficha técnica del vidrio.	<input type="checkbox"/> Siempre es igual a 1.
<input type="checkbox"/> Factor de Ganancia (FG)	<input type="checkbox"/> Se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.	<input type="checkbox"/> Es igual que el edificio proyectado.
<input type="checkbox"/> Factor de Sombreado Exterior (SE)	<input type="checkbox"/> Se calcula según el tipo de sombreado ext. de ventana.	<input type="checkbox"/> No se requiere.

Fig. 2.3 Cuadro de información necesaria para el cálculo del presupuesto energético.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS.

1.8. LAS COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y SUS CARACTERÍSTICAS

La Norma reconoce cuatro componentes principales que conforman la envolvente del edificio para uso habitacional que se va a calcular. Estos elementos son: techo, pared, superficie inferior y piso. Cada uno de esos componentes puede ser opaco o no opaco. Los cálculos de transferencia de calor por

conducción se realizan para elementos opacos y no opacos. Los cálculos de transferencia de calor por radiación se realizan únicamente para elementos no opacos. La Tabla 3.1 ilustra la clasificación de los componentes según la NOM 020.

Tabla 3.1 Clasificación de los componentes que conforman la envolvente de un edificio de uso habitacional según la Norma.

NOMBRE DE LA COMPONENTE Y ÁNGULO DE LA NORMAL A LA SUPERFICIE EXTERIOR CON RESPECTO A LA VERTICAL		PARTES
Techo	Desde 0° y hasta 45°	Opaco
		No Opaco (domo y tragaluz)
Pared	Mayor a 45° y hasta 135°	Opaca (muro)
		No Opaca (ventana, vidrio, acrílico)
Superficie Inferior	Mayor a 135° y hasta 180°	Opaca
		No Opaca (vidrio, acrílico)
Piso	Generalmente 180° (también se deben considerar superficies inclinadas)	Opaco
		No Opaca (vidrio, acrílico)

De acuerdo a la Norma, las partes que conforman los componentes de la envolvente (techo, pared, piso y superficie inferior) pueden presentar las siguientes características de acuerdo a sus materiales de construcción:

Opaco. En la Norma se define como: “Lo que no permite pasar la luz visible”. De este modo, se calcula únicamente transferencia de calor por conducción (y no por radiación) en elementos opacos. Ejemplos de partes opacas, son aquellas construidas con materiales que impiden el paso de la luz solar a través de su área expuesta, por ejemplo: concreto, madera, barro, tierra, metal, cerámica; por mencionar algunos.

No opaco / transparente. Dentro de la Norma, se encuentra definido como: “Translúcido. Lo que no es opaco”. Se calcula transferencia de calor por radiación y conducción en los elementos transparentes.

Para fines de la Norma se considera transparente ó translúcido de manera indistinta y se puede entender como la característica de un material que deja pasar la luz solar a través de él, de tal manera que se generan ganancias solares por radiación, algunos ejemplos son: acrílico, policarbonato, cristal, láminas de fibra de vidrio, vitrobloc; entre otros.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

1.9. COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Techos. En la Norma, se define al techo como: “La componente de la envoltura de un edificio para uso habitacional que tiene un área cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor o igual a 0° y hasta 45° ”.

Esta componente está en contacto con el ambiente exterior y sirve de cubierta al edificio para uso habitacional. Puede contener partes opacas y transparentes. La Fig. 3.1 ilustra algunos ejemplos de la componente techo con diferentes ángulos de inclinación.



Fig. 3.1 Componente de techo de 0° a 45° .

Pared. Se define en la Norma como: “La componente de la envoltura de un edificio para uso habitacional cuya normal tiene un ángulo con respecto a la vertical mayor a 45° y hasta 135° ”.

Se entiende al componente “pared” como los muros que conforman un espacio. Cuando el componente “pared” es un muro que colinda con otras construcciones y, por lo tanto, no tiene contacto con el ambiente exterior, no se toma en cuenta para los cálculos y por tanto no se tiene que cuantificar. A este tipo de elemento se les conoce como muros adiabáticos.

Las medidas de las paredes o muros a calcular se registran de paño exterior a paño exterior de la

componente. Es conveniente que, si existe cambio de materiales base o acabados en la pared, se midan las porciones de forma independiente.

Las Fig. 3.4 y 3.5 ilustran cómo se deben medir las áreas del componente pared para el cálculo de la NOM 020.

La Norma hace diferencia del componente pared según su tipo de construcción en dos categorías: **muro masivo** y **muro ligero**.

Un **muro masivo** es aquel elemento con espesor igual o mayor a 10 cm y construido con concreto, bloque hueco de concreto, tabicón, tabique rojo recocido, bloque perforado de barro extruido, bloque o tableros de concreto celular curado con autoclave, bloque de tepetate o adobe, o materiales semejantes. El muro masivo es un elemento que aporta a la masa térmica del edificio. La Fig. 3.2 ilustra un ejemplo de muro masivo.

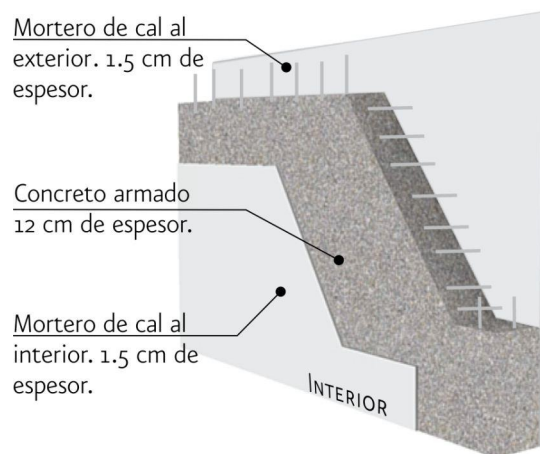


Fig. 3.2 Ejemplo de muro masivo.

El **muro ligero** está construido empleando un bastidor o estructura soportante abierta, la cual se recubre en ambos lados, con tableros de material con espesores hasta de 2.5 cm, dejando al interior un espacio hueco o relleno con aislante térmico. Las puertas exteriores que estén construidas con estas características y materiales opacos, se consideran como muro ligero. La Fig. 3.3 ilustra un ejemplo de muro ligero.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

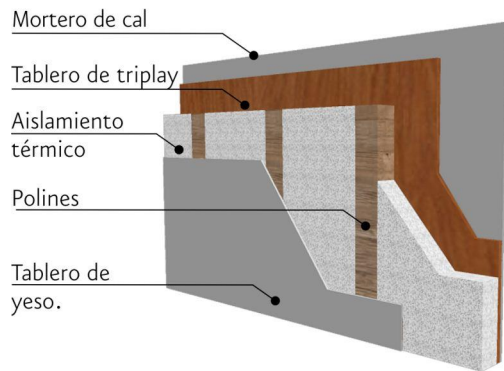


Fig. 3.3 Ejemplo de muro ligero.

Piso y superficie inferior. El piso se refiere a la parte horizontal, generalmente de 180° con respecto a la vertical, que puede estar en contacto con el terreno o dividiendo los niveles de una vivienda. Es importante señalar que, tanto del edificio de

referencia como el proyectado, el piso en contacto con el terreno o entre niveles de vivienda, no se cuantifica ni se toma en cuenta para el cálculo.

Sin embargo, la norma define también la **superficie inferior**. En el caso de que el edificio para uso habitacional proyectado tenga uno o más pisos de estacionamiento por encima del suelo, se debe sumar la ganancia de calor a través del piso o entrepiso del 1^{er} nivel habitable del mismo.

Un ejemplo típico de superficie inferior es un edificio para uso habitacional cuyo estacionamiento ocupa los primeros pisos. En las Fig. 3.5 y Fig. 3.4 se ilustra una vivienda de dos niveles en la cual, un dormitorio se encuentra construido sobre la cochera. En estas imágenes se identifica la superficie inferior, misma que sí se toma en cuenta para el cálculo de transferencia de calor.

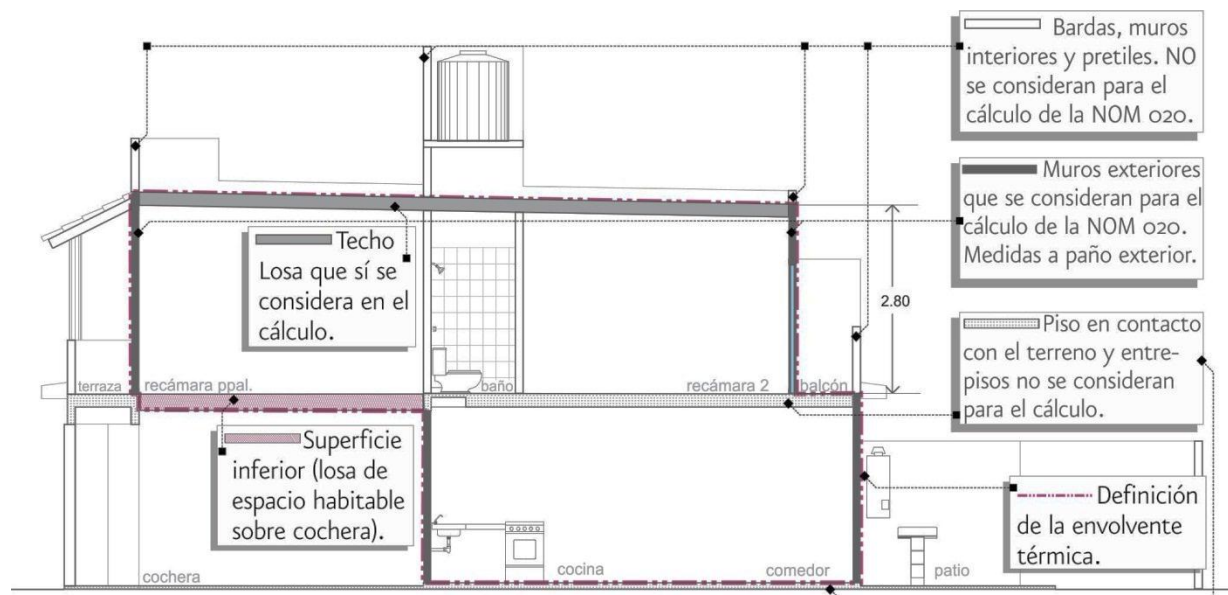


Fig. 3.4 Identificación de los componentes de la envolvente térmica en corte.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

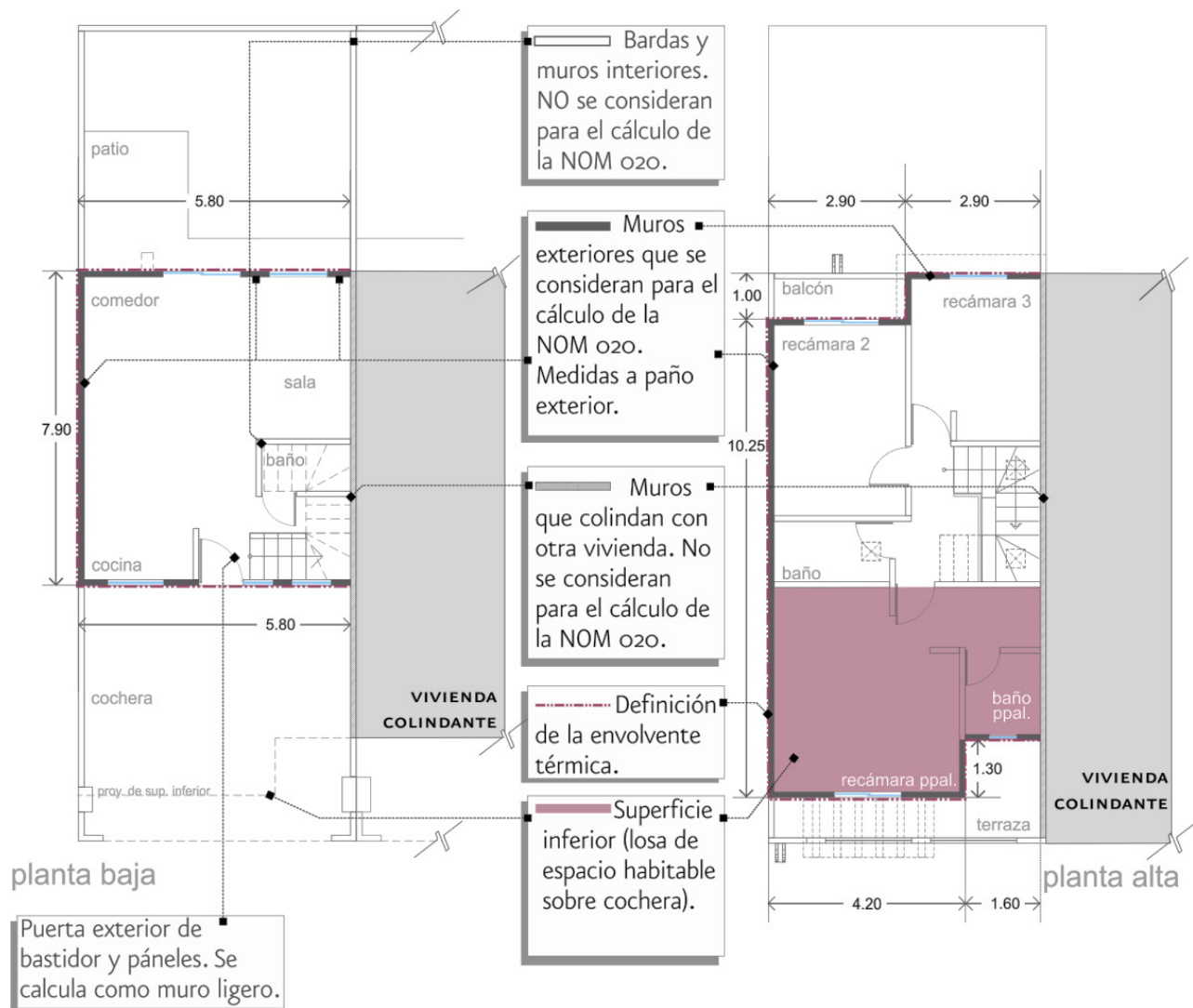


Fig. 3.5 Identificación de los componentes de la envolvente en planta.

1.10. CÁLCULO DEL VALOR K (PARTES HOMOGÉNEAS Y NO HOMOGÉNEAS).

Dependiendo de los materiales con los que estén construidas las diferentes componentes de la envolvente, éstas permitirán mayor o menor transferencia de calor entre el espacio habitado y el ambiente exterior.

La cantidad de calor que pasa a través de un material depende de una propiedad conocida como conductividad (λ). La conductividad es una propiedad intrínseca del material, independiente de su forma o tamaño y sus unidades son W/mK.

Es posible determinar la cantidad de calor que pasa entre el área interior y exterior de una componente, por ejemplo, una pared. Esta cantidad es conocida como conductancia; y se calcula dividiendo la conductividad del material (λ) entre su espesor (l).

La conductancia no tiene en consideración los efectos superficiales. Es por esto que, en la práctica, se utiliza el valor de transmitancia térmica (W/m^2K) para conocer la cantidad de calor que pasa a través de un elemento constructivo. El valor de

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

transmitancia térmica toma en cuenta la conductancia superficial exterior e interior.

El valor de transmitancia térmica es conocido en la Norma como coeficiente global de transferencia de calor o valor **K**. Este valor se obtiene de la Tabla 1 del apéndice A de la Norma para el cálculo del edificio de referencia. Para el edificio proyectado, el valor **K** se tiene que calcular para cada componente de la envolvente de acuerdo a los materiales especificados en el proyecto arquitectónico.

Valores **K** más cercanos a cero indican que el material es mejor aislante térmico y, por lo tanto, deja pasar menor cantidad de calor de un lado a otro del componente.

La Norma hace una distinción entre componentes de la envolvente que tengan una composición homogénea y aquellos con una composición no homogénea. El cálculo del valor **K** para los componentes homogéneos y los no homogéneos es diferente.

Un componente o porción homogénea es aquella que está formada por una o más capas y, cada una de estas capas, son del mismo material. Las capas se presentan de manera ininterrumpida a lo largo de toda la componente. Ejemplos de porciones homogéneas son muros de concreto, muros de tabique, losas planas de concreto, etc. Para calcular el valor **K** de porciones homogéneas la Norma utiliza la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1}{M}$$

Ecuación 1

En donde:

K es el coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, de superficie a superficie, en W/m^2K .

M es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie en m^2K/W .

Para calcular el valor **M**, es necesario conocer el espesor (**l**) y la conductividad térmica (**λ**) de cada capa (1, 2,...n) que forma la porción de la envolvente del edificio proyectado. La ecuación que se utiliza en la Norma para el cálculo de **M** es:

$$M = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n}$$

Ecuación 2

Los valores de h_i y h_e son, respectivamente, valores de conductancia superficial interior y exterior. Estos valores están definidos en la Norma, siendo $h_e = 13 W/m^2K$ y $h_i = 8.1 W/m^2K$ para partes verticales, $9.4 W/m^2K$ para partes horizontales con flujo de calor hacia arriba (superficie inferior) y de $6.6 W/m^2K$ para partes horizontales con flujo de calor hacia abajo.

La Fig. 3.6 sintetiza los valores que intervienen en el cálculo del valor **K** para una porción homogénea y en la Fig. 3.7 se muestra un ejemplo del cálculo del valor **K** para una porción homogénea; un muro de tabique de barro extruido con mortero de cal al interior y al exterior.

De tal manera que, para calcular el valor **K** de la porción mostrada en la Fig. 3.7, se deben sustituir los valores de h_i , h_e , (**λ**) y los espesores de cada capa (**l**) en la Ecuación 2. De este modo tenemos:

$$M = \frac{1}{8.1} + \frac{1}{13} + \frac{0.010}{0.872} + \frac{0.14}{0.998} + \frac{0.010}{0.698}$$

$$M = 0.3665 \text{ m}^2K / W$$

Sustituyendo el valor de **M** en la Ecuación 1:

$$K = \frac{1}{0.3665} = 2.7288 \text{ W m}^2 / K$$

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

En caso de que existan superficies no homogéneas se calcula **K** para las diferentes porciones. Las superficies no homogéneas son aquellas que no tienen una composición uniforme. Es decir, existen elementos que las componen que son de diferentes materiales.

En Capítulo 6 de este manual se ilustra paso por paso el procedimiento de cálculo para superficies no homogéneas.





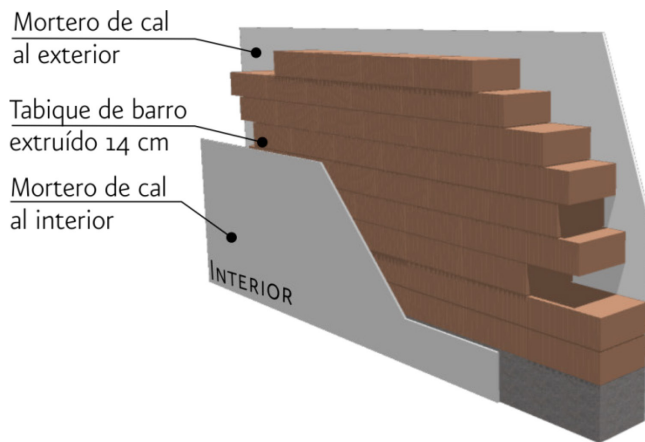
M	Es el aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en $m^2 K/W$;
h_i	Es la conductancia superficial interior en W/m^2K , cuyo valor depende de la superficie en estudio:  <p>Superficies Verticales: 8.1 $W/m^2 K$</p> <p>Superficies Horizontales con flujo de calor hacia arriba: 9.4 $W/m^2 K$</p> <p>Superficies Horizontales con flujo de calor hacia abajo (del techo, hacia el aire interior o del aire interior hacia al piso): 6.6 $W/m^2 K$</p>
h_e	Es la conductancia superficial exterior, y es igual a 13 W/m^2K  <p>13.0 $W/m^2 K$</p>
n	Es el número de capas que conforman la porción de la envolvente del edificio en estudio. 
l	Es el espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio en metros. 
λ	Es el coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio del edificio para uso habitacional, en W/mK . Dato obtenido del fabricante. (Ver anexo A.2 de este manual).

Fig. 3.6 Variables necesarias para calcular el coeficiente global de transferencia de calor para cálculo de edificio proyectado. Superficies homogéneas.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS



EXTERIOR	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Mortero de cal al exterior	0.010	0.872
Tabique de barro extruído	0.140	0.998
Mortero de cal al interior	0.010	0.698
INTERIOR		

Fig. 3.7 Cálculo de valor K. Porción homogénea.

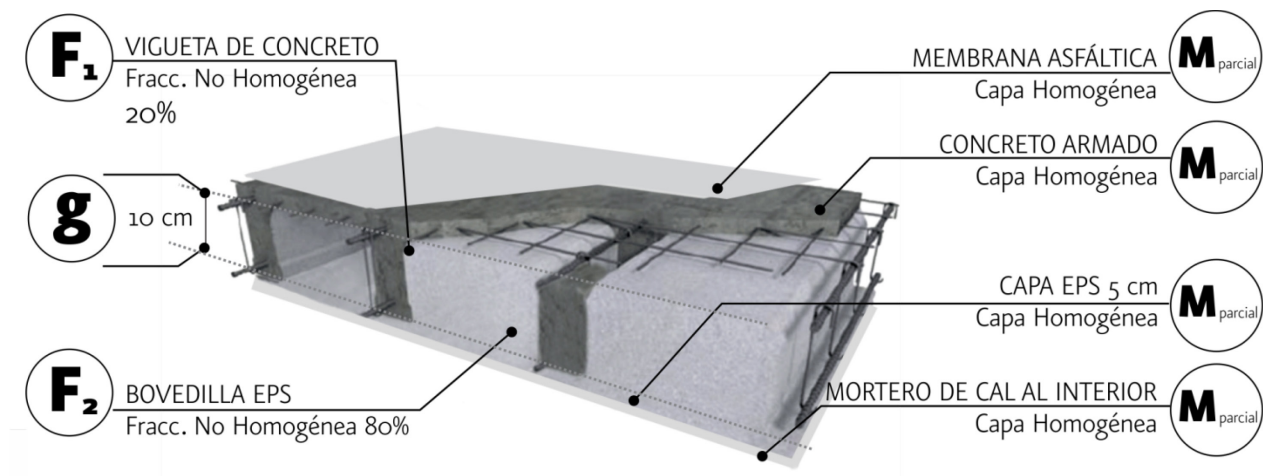
A continuación, se presenta un ejemplo de una porción no homogénea: una losa con un sistema constructivo a base de viguetas y bovedillas de poliestireno expandido. Como se puede apreciar en la Fig. 3.8, esta losa está construida con una capa exterior de impermeabilizante asfáltico en rollo de 3mm de espesor, seguida por una capa de concreto de 5 cm de espesor. Por debajo de las bovedillas, se aprecia una capa de 5 cm de poliestireno, seguida de una capa de mortero de cal de 10 mm de espesor que da al interior. Estas cuatro capas son las partes homogéneas de la componente losa, ya que forman parte de toda el área de la losa sin presentar interrupción. Por lo tanto se calculan como una porción homogénea utilizando la misma Ecuación 2. Este resultado es referido en la Norma, para el cálculo de componentes no homogéneos, como $M_{parcial}$. En la Fig. 3.8 se indican las capas que se consideran para el cálculo del valor $M_{parcial}$.

Entre estas cuatro capas continuas, se encuentran las viguetas de concreto y las bovedillas de EPS. Esta parte de la losa es considerada la no homogénea, ya que los materiales se presentan de manera interrumpida – por fracciones - combinando viguetas-bovedilla una después de otra de manera consecutiva.

La porción no homogénea es entonces una pared, techo o superficie inferior compuesto por diferentes materiales, en donde se presentan capas homogéneas y fracciones no homogéneas. Por lo tanto, debe calcularse un valor de M para las capas homogéneas del componente ($M_{parcial}$) y otro valor M para la parte no homogénea.

Tomando en cuenta el ejemplo anterior, si la parte no homogénea de la losa está compuesta por mayor cantidad de bovedillas de EPS, se calcula con un porcentaje mayor en la fórmula (valor F) que el de las viguetas de concreto armado.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS



CAPAS HOMOGÉNEAS

EXTERIOR	ESPESOR (l) metros	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Membrana asfáltica	0.003	0.170
Concreto armado	0.050	1.740
EPS certificado	0.050	0.034
Mortero de cal al int.	0.010	0.698

INTERIOR

FRACCIONES NO HOMOGÉNEAS

FRACCIÓN	MATERIAL	GRUESO (g)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
F1	0.80 Bovedilla EPS certificado	0.100	0.034
F2	0.20 Vigüeta Concreto armado	0.100	1.740

Fig. 3.8 Cálculo de valor K. Porción no homogénea.

En la Norma se plantea la siguiente ecuación para el cálculo del valor **M** de las superficies no homogéneas, ver Fig. 3.9 para la descripción de cada variable:

$$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{\text{parcial}} + g/\lambda_1} + \frac{F_2}{M_{\text{parcial}} + g/\lambda_2} \dots + \frac{F_m}{M_{\text{parcial}} + g/\lambda_m}}$$

Ecuación 3

M_{parcial}	En caso de una porción formada por capas homogéneas y fracciones no homogéneas se calcula M_{parcial} . Es el aislamiento térmico parcial de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie (m ² K/W). Se calcula sumando los aislamientos térmicos de todas las capas homogéneas y las resistencias superficiales.
m	Es el número de materiales que forman la capa no homogénea.
F	Es la fracción (%) del área total de la porción de la envolvente que ocupa cada material en la capa no homogénea.
g	Es el espesor o grueso de la capa no homogénea.

Fig. 3.9 Variables para el cálculo de porciones no homogéneas.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

En donde M_{parcial} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{\text{parcial}} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{l_n}{\lambda_n}$$

Ecuación 4.

1.11. LA ORIENTACIÓN DE LOS COMPONENTES

Además de las áreas y los materiales con los cuales están construidas los componentes de la envolvente, es importante identificar la orientación de los mismos.

La orientación del proyecto afectará su comportamiento térmico, ya que la envolvente podrá recibir una mayor o menor cantidad de radiación solar directa y esto se refleja en el cálculo de la ganancia de calor total de la edificación. Por esta razón, es necesario identificar adecuadamente la orientación de las componentes del proyecto. De ello dependerá la ganancia de calor por conducción y radiación a través de cada una de las componentes de la envolvente, así como el factor de corrección de sombreado para las porciones transparentes de acuerdo a los dispositivos de sombra que se empleen; y por lo tanto, cálculo del presupuesto energético final.

La Norma distingue cuatro orientaciones: Norte, Sur, Este y Oeste.

La Fig. 3.10 ilustran el rango para cada una de las cuatro orientaciones. Por ejemplo, se considerará que una componente está orientada hacia el Norte si presenta una inclinación desde los 45° hacia el Este hasta 45° hacia el Oeste, partiendo del Norte.

La Norma toma en cuenta temperaturas equivalentes y factores de ganancia solar diferentes para cada una de las cuatro orientaciones: Norte, Este, Sur y Oeste. Por esta razón es necesario identificar la orientación de cada una de los elementos de la

envolvente, a fin de poder asignar los valores correctos para el cálculo de la ganancia por conducción y por radiación.

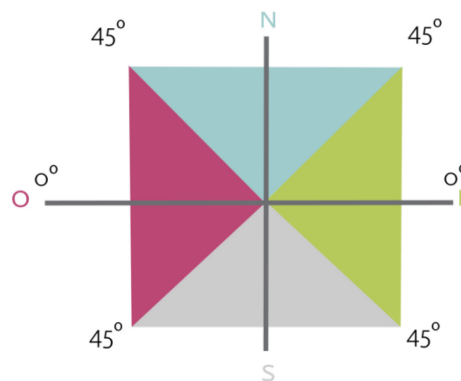


Fig. 3.10 Orientación de componentes según NOM 020.

Para los casos de las viviendas iguales que pertenezcan a un conjunto y presenten diferentes orientaciones, es necesario considerar un cálculo específico para cada caso, ya que la cantidad de ganancia térmica dependerá de su orientación aun cuando sus dimensiones, características espaciales y materiales empleados sean los mismos. En la Fig. 3.11 se ilustra un conjunto de viviendas, en donde, el mismo modelo de vivienda ha sido repetido en el sembrado en diferentes orientaciones; lo que implica diferentes comportamientos energéticos para cada vivienda.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

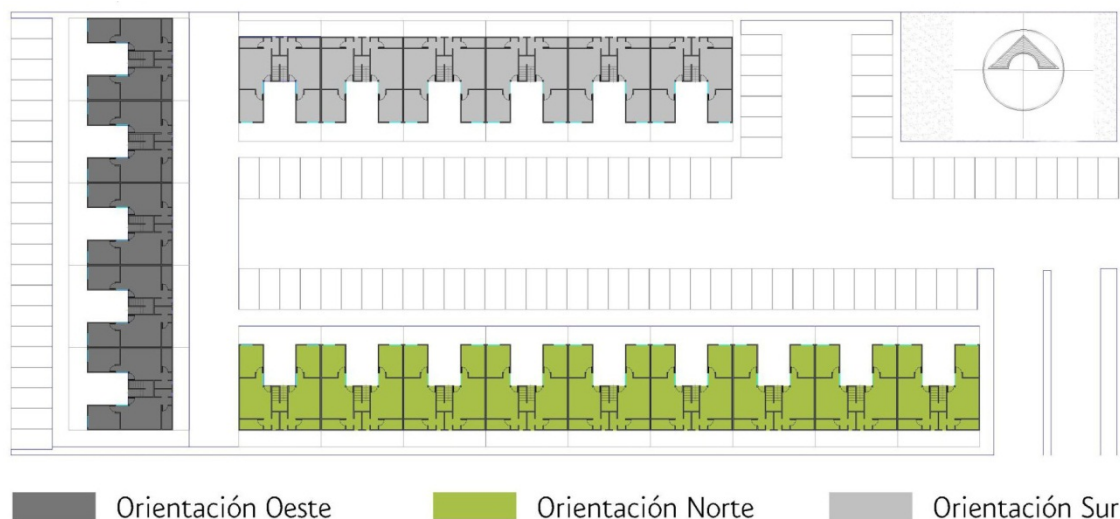


Fig. 3.11 Conjunto de viviendas iguales con diferentes orientaciones.

1.12. NOMENCLATURA PARA LOS COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE.

Una vez que se ha identificado el tipo de componente (techo, piso, pared, etc.) y su orientación (N, S, E, O); es conveniente utilizar un sistema de nomenclatura para facilitar la identificación de los componentes de la envolvente, especialmente cuando se llenan los formatos para informar el cálculo. Se puede utilizar la primera letra del tipo de componente (M = muro, T= Techo, etc.), seguida de la letra que identifica la orientación de ese componente (N = Norte, S= Sur, etc.) y un número que indique el número de componente que hay en esa orientación. Una puerta, ventana o domo siempre forma parte de un componente muro o techo. De este modo para identificar dicha ventana, se incluye en su nomenclatura la

orientación y tipo de componente en el que se encuentra. La nomenclatura de la Fig. 3.12 se refiere a la ventana 1 que está en el muro 1 con orientación Sur.

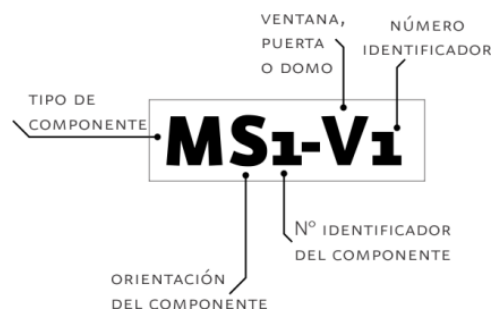


Fig. 3.12 Nomenclatura sugerida para los componentes de la envolvente.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

1.13. PARTICULARIDADES DE CÁLCULO SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA.



Fig. 3.13 Valor K de acuerdo al número de niveles del edificio de uso habitacional

La NOM-020-ENER-2011 aplica a todas las edificaciones de tipo residencial; sin embargo, establece diferencias entre aquellas desarrolladas hasta en tres niveles, los conjuntos horizontales de vivienda con muros compartidos y edificios de vivienda de más de tres niveles.

Es necesario identificar adecuadamente la tipología de la vivienda que se va a analizar ya que, dependiendo entre otras cosas del área total de la envolvente exterior, será mayor o menor la exposición a la radiación y por consiguiente la ganancia de calor a través de la misma.

Para el cálculo de la ganancia de calor del edificio de referencia la NOM-020 distingue, para la asignación del valor del coeficiente global de transferencia de calor (**K**), entre dos casos: Para edificios de hasta 3 niveles la Norma asigna el mismo valor para muro y techo.

Para edificios de más de 3 niveles la Norma asigna un valor **K** específico para muros y otro valor **K** para techos² como se ilustra en la Fig. 3.13.

Vivienda de hasta tres niveles

Estas viviendas no comparten muros ni losas con otras edificaciones colindantes por lo que obtienen ganancias de calor a través de toda la envolvente.

En este caso, participarán para el cálculo de la ganancia de calor, todos los elementos de la envolvente que quedan en contacto directo con el exterior. Excluyéndose del cálculo energético los pisos en contacto con el terreno, entrepisos, pretilas y muros interiores, como se ilustra en la Fig. 3.14.

Vivienda en conjunto horizontal con muros compartidos.

Esta tipología es la más común en los desarrollos de interés social; en donde el mismo modelo de vivienda se replica varias veces. Estas viviendas cuentan con las mismas dimensiones, distribución espacial y materiales; y pueden o no compartir muros. Muchas veces el mismo modelo de vivienda se rota en diferentes orientaciones y en ocasiones pueden estar mezcladas con otro diseño de viviendas en un mismo desarrollo. Las viviendas consideradas dúplex y/o adosadas entran en esta clasificación de vivienda.

En las viviendas en conjunto, los muros que colindan con otra vivienda NO se consideran para el cálculo del presupuesto energético; sin importar que sea el mismo muro para las dos viviendas o que sean muros independientes. Del mismo modo, los pretilas, muros interiores, losas de entrapiso y piso en contacto con el terreno NO se consideran para el cálculo de la NOM 020; como se ilustra en la Fig. 3.15.

² Ver Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

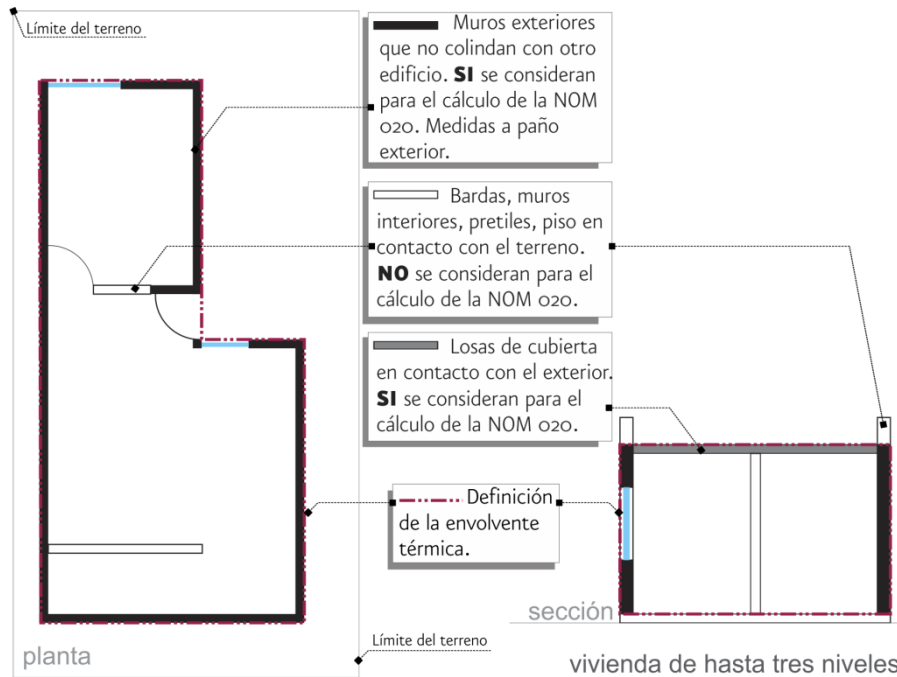


Fig. 3.14 Vivienda de hasta tres niveles.

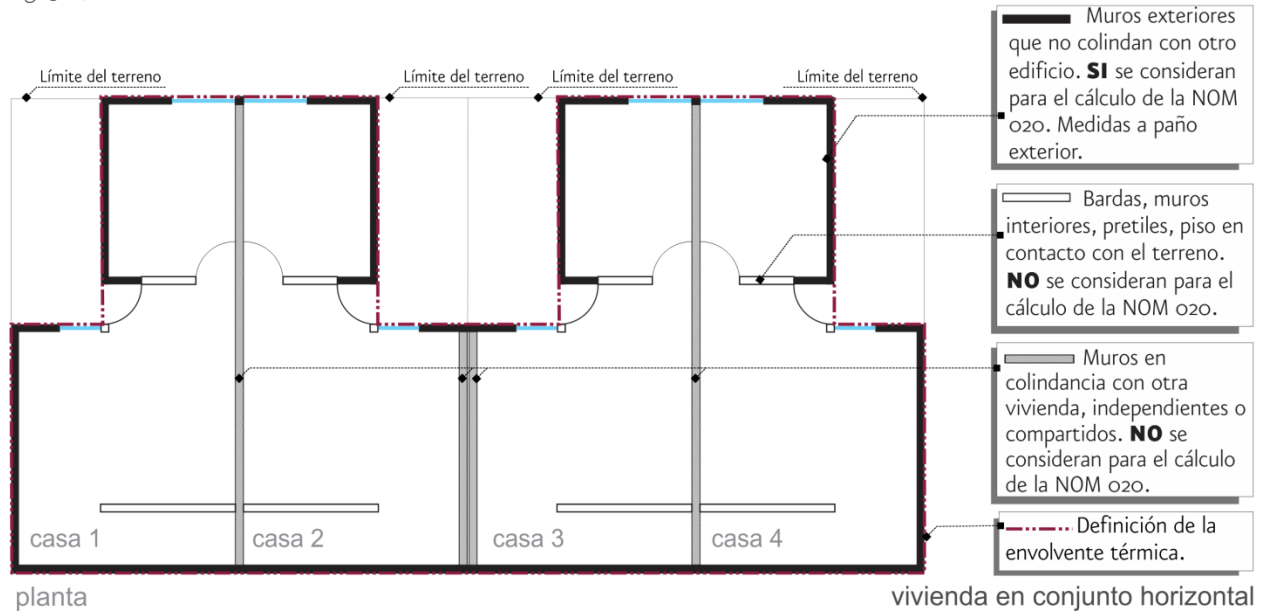


Fig. 3.15 Esquema de vivienda en conjunto.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA, COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS

Vivienda de más de tres niveles.

Es un conjunto de vivienda organizado de manera vertical, comúnmente conocido como vivienda multifamiliar, en donde se comparten losas de entrepiso en un edificio de más de tres niveles. En el cálculo de ganancia de calor para un edificio de vivienda se consideran aquellos elementos de la

envolvente que quedan en contacto directo con el exterior. Quedan excluidos del cálculo los pisos en contacto con el terreno, entrepisos, muros interiores, pretilos y muros en colindancia con otra vivienda; ya sean independientes o compartidos con otra vivienda. Ver Fig. 3.16.

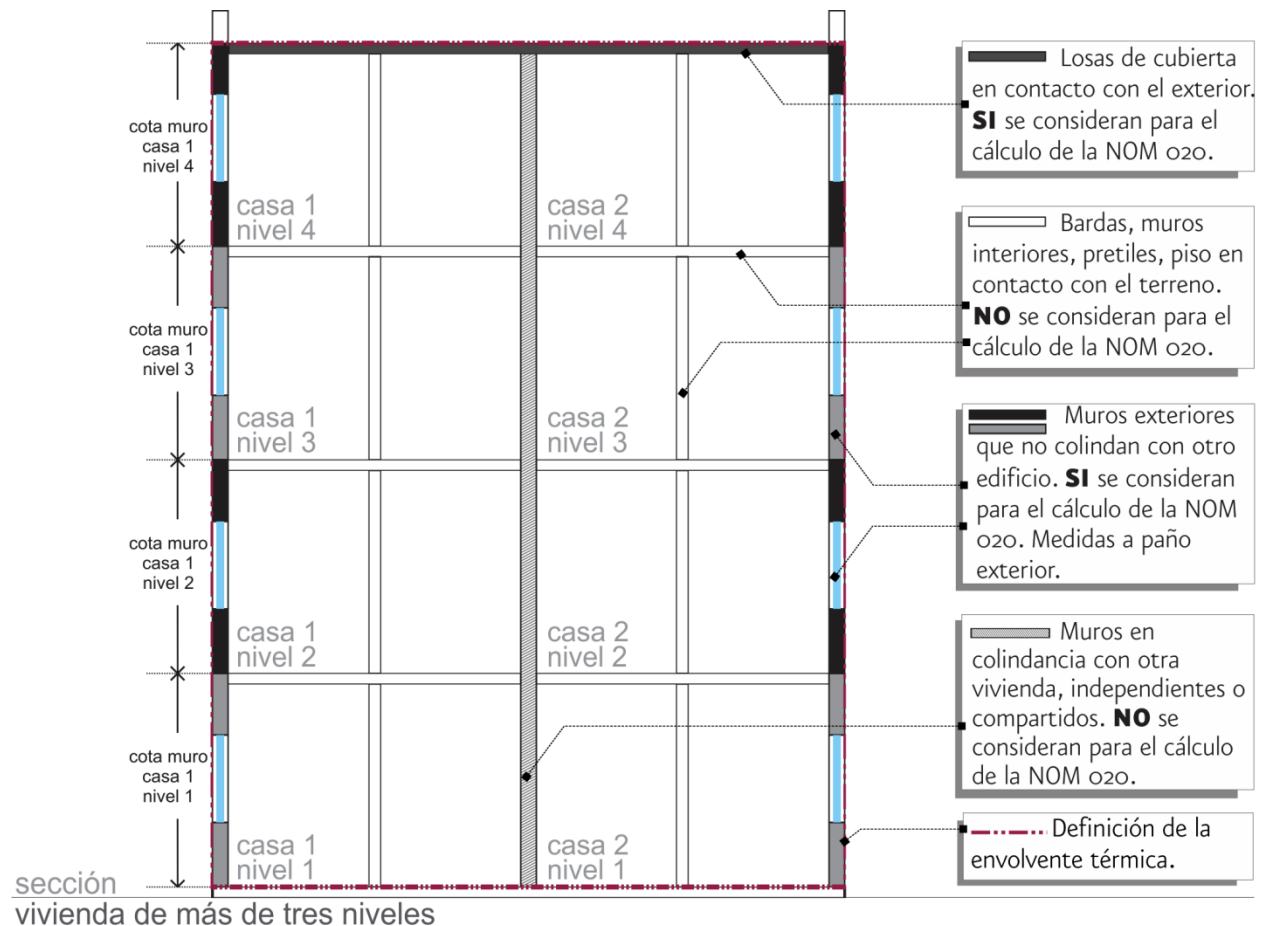


Fig. 3.16 Esquema de vivienda de más de tres niveles.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020- ENER-2011?

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

La Norma NOM-020-ENER-2011 cuenta con cinco diferentes tablas en su Apéndice Normativo A, Tablas, las cuales contienen valores que serán

utilizados para el cálculo del presupuesto. A continuación se explica cada una de estas tablas y en qué casos se requiere utilizarlas.

1.14. USO DE LA TABLA 1. VALORES PARA EL CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE.

La Tabla 1 contiene diferentes valores para las variables que se requieren para el cálculo del presupuesto energético para 91 ciudades principales del país. El proceso de selección de datos comienza

ubicando en el estado y la ciudad en donde se localiza el proyecto en estudio (columnas 1 y 2 en la Fig. 4.1).

ESTADO	CIUDAD	K DE REFERENCIA (W/m ² K)			CONDUCCIÓN										RADIACIÓN					Barrera para vapor																																																																						
		HASTA 3 NIVELES CONJUNTO HORIZONTAL CON MUROS COMPARTIDOS			MÁS DE 3 NIVELES			OPACA					TRANSPARENTE					TRANSPARENTE																																																																								
		TEMPERATURA EQUIVALENTE PROMEDIO (°C)			T interior	Superficie interior	Techo	Muro masivo					Muro ligero					Tragaluz y domo	Ventanas					Factor de ganancia solar promedio FG (W/m ²)																																																																		
		Techo y muro	Techo	Muro				N	E	S	O	N	E	S	O	N	E		S		O	Tragaluz y domo	N		E	S	O																																																															
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	0.833	0.833	0.909	24	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146																																																																	
BAJA CALIF. SUR	La Paz	0.526	0.526	0.714	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164	si																																																																
BAJA CALIFORNIA	Cabo San Lucas	0.526	0.526	0.714	25	30	44	30	34	32	32	36	39	38	39	25	27	28	28	28	322	70	159	131	164	si																																																																
	Ensenada	0.909	0.909	0.909	24	25	35	22	25	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	322	70	159	131	164	si																																																																
CAMPECHE	Mexicali	0.476	0.476	0.556	25	34	50	36	40	37	38	41	45	43	45	29	30	32	32	32	322	70	159	131	164																																																																	
	Tijuana	0.714	0.714	0.909	23	26	37	24	27	25	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	322	70	159	131	164	si																																																																
COAHUILA	Campeche	0.526	0.526	0.625	25	31	45	31	35	33	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	284	95	152	119	133	si																																																																
	Cd. Carmen	0.526	0.526	0.625	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	si																																																																
COLIMA	Monclova	0.526	0.526	0.625	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	29	29	322	70	159	131	164																																																																	
	Piedras Negras	0.526	0.526	0.625	25	31	46	32	35	33	33	37	41	39	40	26	28	29	29	29	322	70	159	131	164	si																																																																
	Saltillo	0.833	0.833	0.909	25	27	38	25	28	26	26	30	34	33	33	22	24	24	24	25	322	70	159	131	164																																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
		Torreón	0.526	0.526	0.625	25	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146																																																																
		Colima	0.556	0.556	0.625	25	29	42	28	32	30	30	34	38	36	37	24	26	27	27	27	274	91	137	118	146																																																																
Manzanillo	0.526	0.526	0.625	25	31	45	31	34	32	33	36	40	38	40	26	27	28	29	29	274	91	137	118	146																																																																		

Fig. 4.1 Extracto de la Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

Estado y ciudad.

El renglón a utilizar de la Tabla 1 del apéndice A de la Norma se selecciona ubicando el estado y la ciudad donde se encuentre el proyecto en estudio. Si la ciudad en donde se localiza la vivienda a calcular no se encuentra en la Tabla 1, ésta señala con los incisos (a),(b),(c) y (d) algunas ciudades que se pueden

utilizar en su lugar. Por ejemplo, al no aparecer las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao se indica con el inciso b que se utilicen los valores de la ciudad de León, Guanajuato. Ver Fig. 4.2.

Si la ciudad en donde se localiza la vivienda a calcular tampoco está incluida entre estos incisos; se tomarán los datos de otra ciudad similar en clima.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

GUANAJUATO	Guanajuato
	León (b)

- (a) Utilizar los mismos valores para los municipios conurbados del Estado de México que forman la zona metropolitana.
- (b) Utilizar los mismos valores para las ciudades de Celaya, Irapuato, Salamanca y Silao.
- (c) Utilizar los mismos valores para los municipios de Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.
- (d) Utilizar los mismos valores para los municipios de Apodaca, Garza García, Guadalupe, San Nicolás de los Garza y Santa Catarina.

Fig. 4.2 Ejemplo de ciudades faltantes en Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

Valor K edificio de referencia.

Las columnas 3, 4 y 5 de la Fig. 4.1, se utilizan únicamente para el cálculo del edificio de referencia específicamente para obtener el valor **K** (Coeficiente global de transferencia de calor). Se puede apreciar que se utiliza la columna tres para viviendas de 1 a 3 niveles de altura y los valores de las columnas 4 y 5 para edificios de vivienda de más de 3 niveles.

Cálculo por conducción.

En la sección ilustrada en verde y comprendida por las columnas de la 6 a la 12 en la Fig. 4.1, se seleccionan los datos de temperaturas equivalentes en °C para las componentes del edificio proyectado y de referencia. Se asigna la temperatura equivalente promedio en función de la orientación, para partes transparentes (ventanas, domos y tragaluces), y en función de la orientación y tipo para partes opacas (muro ligero y muro masivo).

Cálculo por radiación.

Las columnas 13 y 14 de la Fig. 4.1, se utilizan para obtener el factor de ganancia solar promedio **FG** (W/m^2) para el cálculo de ganancia de calor por radiación del edificio de referencia y proyectado. La

selección del valor dependerá de la orientación de la ventana (N, S, E, O) o dependiendo de si la parte en estudio se trata de un tragaluz o domo.

Barrera de vapor.

La última columna de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma indica si, para el clima de la ciudad en que se encuentra la vivienda en estudio, se requiere o no el uso de una barrera de vapor.

Se le da el nombre de barrera de vapor a un material, producto o componente de un muro o techo que proporciona resistencia a la transmisión de vapor de agua y que ayuda a proteger los componentes de la envolvente de la vivienda de daños causados por la condensación.

Si esta condensación se acumula puede causar daños menores como humedad en muros y losas hasta daños mayores, como daños estructurales.

La barrera de vapor se instala de forma continua sobre la totalidad del área del muro o techo; cubriendo el aislamiento térmico, principalmente en muros exteriores y techos en contacto con el exterior.

1.15. TABLAS PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN DE SOMBREADO EXTERIOR (SE).

Las Tablas 2 a la 5 del apéndice Normativo A de la Norma, se utilizan para determinar el factor de corrección de sombreado exterior (**SE**) cuando una o más ventanas de la vivienda en estudio cuentan con dispositivos de sombra como volados, partesoles o

remetimientos que proporcionen sombra a la parte transparente de la ventana.

Dependiendo del tipo de sombreado exterior será la tabla que se utilizará para determinar el valor de **SE**, de la siguiente forma:

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

- Tabla 2. Para ventanas con volados (dispositivos de sombra horizontales) que se extienden más allá del límite de la misma.
- Tabla 3. Para ventanas con volados que no se extienden más allá de los límites de la misma o que se extienden en una dimensión menor que el ancho (**L**) del volado.
- Tabla 4. Para ventanas remetidas.

- Tabla 5. Para ventanas con partesoles (dispositivos de sombra verticales).

Cabe mencionar que si la ventana presenta una combinación de tipos de sombreado exteriores, se calculará cada tipo de sombreado por separado y se utilizará el valor de **SE** que sea más favorable para el cálculo de ganancia de calor.

1.16. USO DE LA TABLA 2. VENTANA CON VOLADO CON EXTENSIÓN LATERAL MÁS ALLÁ DE LOS LÍMITES DE ÉSTA.

Cuando una ventana tiene un volado con una dimensión (**L**), y éste se extiende más allá de los límites de la ventana en una distancia (**A**) que sea

igual o mayor a **L**, entonces se utilizará la Tabla 2 del Anexo A de la Norma para calcular el valor de **SE** para el edificio proyectado. Ver Fig. 4.3.

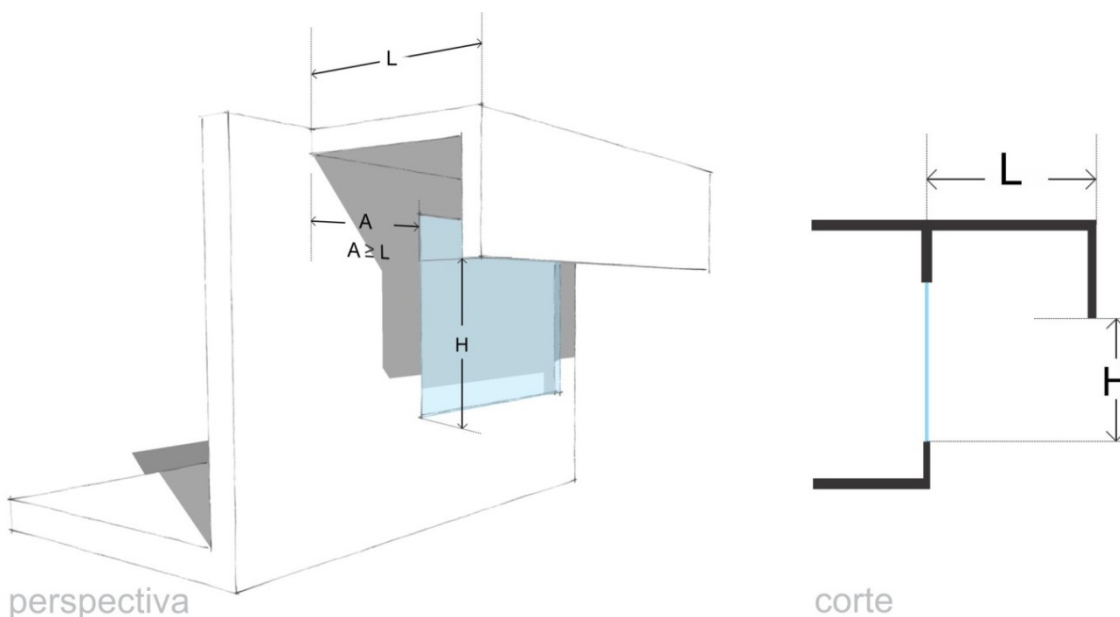


Fig. 4.3 Volado con extensión más allá de los límites de ventana.

En la Tabla 2 del Apéndice A de la Norma, los valores se seleccionan según la proporción del volado con la ventana (**L/H**), la orientación que tenga la ventana y la latitud en la que se encuentre ubicada la vivienda en estudio.

Tomando el ejemplo de una ventana ubicada en la Ciudad de Xalapa, Veracruz con latitud $19^{\circ} 32'$ con orientación hacia el Norte y con un volado con las siguientes dimensiones:

$$L = 0.50 \text{ m}, H = 1.66 \text{ m y } A = 0.55 \text{ m.}$$

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

El factor **SE**, de acuerdo a los datos de la Tabla 2, sería 0.88. Ver Fig. 4.4.

Si la proporción **L/H** de la ventana en estudio no se encuentra en los valores de la Tabla 2, o si se

encuentra entre dos valores mostrados (por ej. **L/H=0.47**), se debe aplicar el procedimiento de **interpolación** de datos **para una variable** como se explica más adelante en este capítulo.

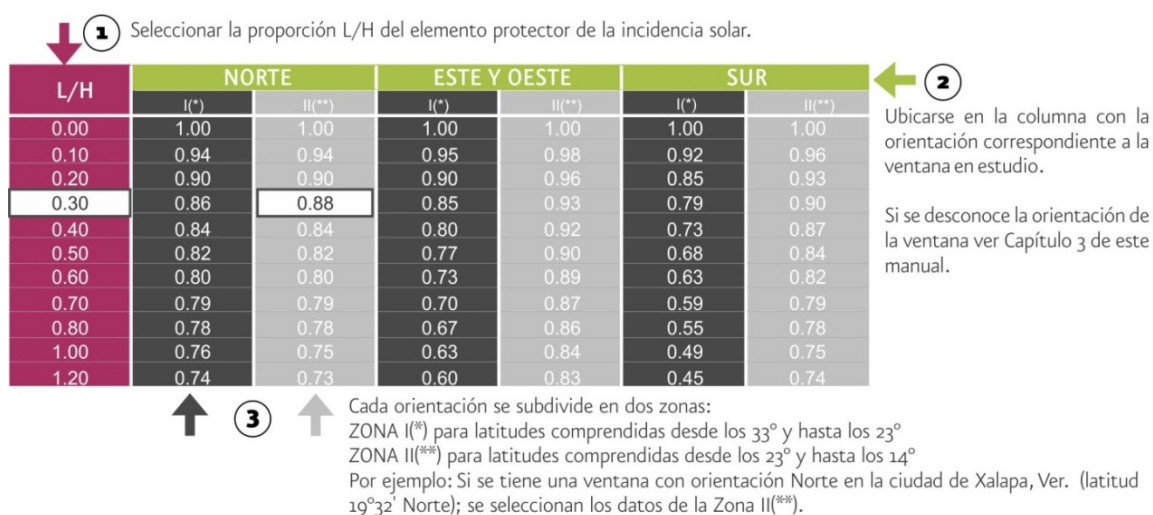


Fig. 4.4 Extracto de la Tabla 2 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

1.17. USO DE LA TABLA 3. VENTANA CON VOLADO CON EXTENSIÓN LATERAL HASTA LOS LÍMITES DE ÉSTA.

Cuando una ventana tiene un volado con una dimensión (**L**), y éste se extiende más allá de los límites de la ventana en una distancia (**A**) que sea menor a **L**, o se encuentre alineado a las límites de la ventana, entonces se utilizará la Tabla 3 del Anexo A

de la Norma para calcular el valor de **SE** para el edificio proyectado. La Fig. 4.5 ilustra un ejemplo de ventana con volado con extensión hasta los límites de ésta.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

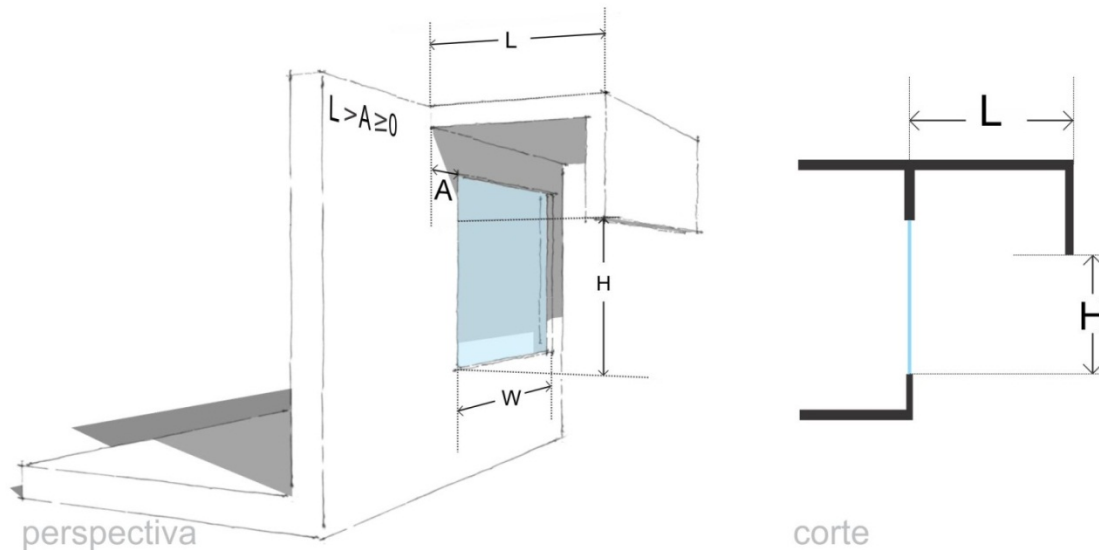


Fig. 4.5 Volado con extensión hasta los límites de la ventana.

En la Tabla 3 los valores se seleccionan según la proporción del volado con la ventana (L/H), la proporción (W/H), la orientación de la ventana y la latitud del lugar en estudio. La Tabla 3 está subdividida según orientaciones y latitudes; de tal manera que se deben conocer estos datos para poder elegir la sección correcta de la Tabla 3 para obtener el valor **SE**. La Fig. 4.6 ilustra los pasos a seguir para obtener el valor **SE** utilizando la Tabla 3.

Si alguna o ambas de las proporciones L/H o W/H de la ventana en estudio no se encuentran en los valores de la Tabla 3, o si se encuentran entre dos valores mostrados (por ej. $L/H = 0.47$, $W/H = 1.5$), se debe aplicar el **procedimiento de interpolación de datos para dos variables** como se explica más adelante en este capítulo.

		Ventana al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 19°						
2 →		W/H →	0.5	1	2	4	6	8 y mayor
Localizar la proporción W/H de la ventana	L/H							
	0.0		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.1		0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	0.2		0.87	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85
	0.3		0.82	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79
	0.4		0.78	0.76	0.74	0.73	0.73	0.73
	0.5		0.75	0.72	0.69	0.68	0.68	0.68
	0.6		0.73	0.68	0.65	0.64	0.64	0.63
	0.7		0.70	0.65	0.62	0.60	0.59	0.59
	0.8		0.68	0.62	0.59	0.57	0.56	0.56
	1.0		0.65	0.58	0.54	0.51	0.50	0.50
	1.2		0.63	0.55	0.50	0.47	0.45	0.45

1 → Determinar la tabla a utilizar dependiendo la orientación de la ventana y la latitud del lugar en estudio.

3 → Localizar la proporción L/H del volado o dispositivo de sombra.

4 → Obtención del factor de corrección de sombreado **SE**.

Fig. 4.6 Extracto de la Tabla 3 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

1.18. USO DE LA TABLA 4. VENTANA REMETIDA.

Cuando el vidrio de una ventana no se encuentra a paño con el muro, sino presenta un remetimiento con respecto a la cara exterior de éste, se utiliza la Tabla 4 del Apéndice A para calcular el valor de **SE**.

La Fig. 4.7 ilustra un ejemplo de ventana remetida. La Tabla 4 está subdividida según orientaciones y latitudes; de tal manera que se deben conocer estos datos para poder elegir la sección correcta de la

Tabla 4 para obtener el valor **SE** de la ventana remetida.

Se deben calcular e identificar las proporciones entre el ancho y alto de ventana (**W/E**) y la profundidad del remetimiento con respecto al alto de ventana (**P/E**) en la sección de la Tabla 4 que corresponda a la latitud y la orientación en estudio. Estos pasos se ilustran en la Fig. 4.8.

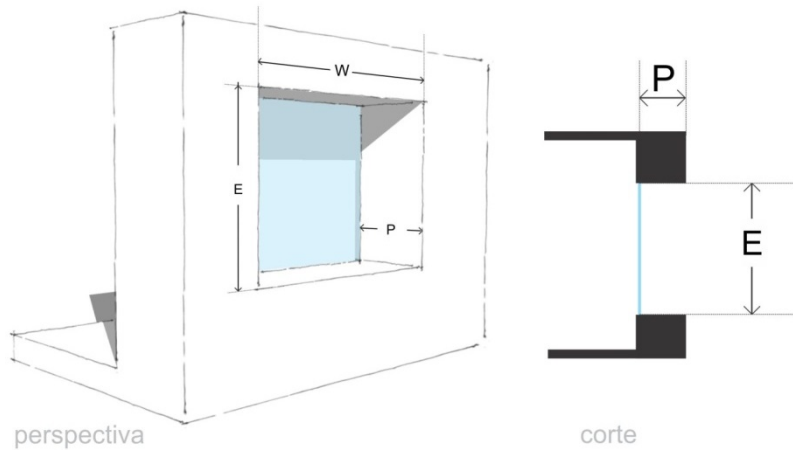


Fig. 4.7 Esquema de ventana remetida.

		Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 14°						
2 →		W/E →	0.5	1	2	4	6	8 y mayor
Localizar la proporción W/E de la ventana	P/E							
	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	0.1	0.71	0.82	0.87	0.88	1	0.89	
	0.2	0.57	0.64	0.74	0.75	0.79	0.80	
	0.3	0.45	0.54	0.62	0.68	0.68	0.72	
	0.4	0.38	0.48	0.53	0.62	0.63	0.65	
	0.5	0.28	0.42	0.47	0.57	0.57	0.57	
	0.6	0.27	0.33	0.42	0.50	0.52	0.52	
	0.7	0.22	0.29	0.37	0.46	0.49	0.49	
	0.8	0.21	0.25	0.35	0.40	0.45	0.45	
	1.0	0.17	0.17	0.29	0.34	0.38	0.40	
	1.2	0.13	0.15	0.23	0.30	0.32	0.36	

1 ← Determinar la sección de la Tabla 4 a utilizar dependiendo la orientación de la ventana remetida y de la latitud del lugar en estudio.

3 ↑ Localizar la proporción P/E del remetimiento con respecto a la altura de la ventana.

4 ↑ Obtención del factor de corrección de sombreado **SE**.

Fig. 4.8 Extracto de la Tabla 4 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

Si alguna o ambas de las proporciones **W/E** o **P/E** de la ventana en estudio no se encuentran en los valores de la Tabla 4, o si se encuentran entre dos valores mostrados (por ej. **P/E** = 0.47, **W/E** = 1.5),

se debe aplicar el **procedimiento de interpolación de datos para dos variables** como se explica más adelante en este capítulo.

1.19. USO DE LA TABLA 5. VENTANA CON PARTESOLES.

Cuando una ventana tiene uno o más partesoles (dispositivos de sombra verticales), entonces se utilizará la Tabla 5 del Apéndice A de la Norma para seleccionar el valor de **SE** que se utilizará en el cálculo del edificio proyectado. Ver Fig. 4.9.

La Tabla 5 está subdividida en cuatro rangos de latitudes: 14°-19°, 19°-23°, 23°-28° y 28°-32°. De este modo, es necesario conocer la latitud de la ciudad en donde se encuentra la vivienda para utilizar los valores de la sección que corresponde al lugar de estudio.

Se debe conocer la proporción entre el ancho de los partesoles y el ancho de la ventana (**L/W**), así como la orientación de la misma para obtener el valor de **SE**. Los pasos para conocer el valor de **SE** para una ventana con partesoles utilizando la Tabla 5, se ilustra en la Fig. 4.10.

Si la proporción **L/W** de la ventana en estudio no se encuentra en los valores de la Tabla 5, o si se encuentra entre dos valores mostrados (por ej. **L/W**=1.33), se debe aplicar el procedimiento de **interpolación de datos para una variable** como se explica más adelante en este capítulo.

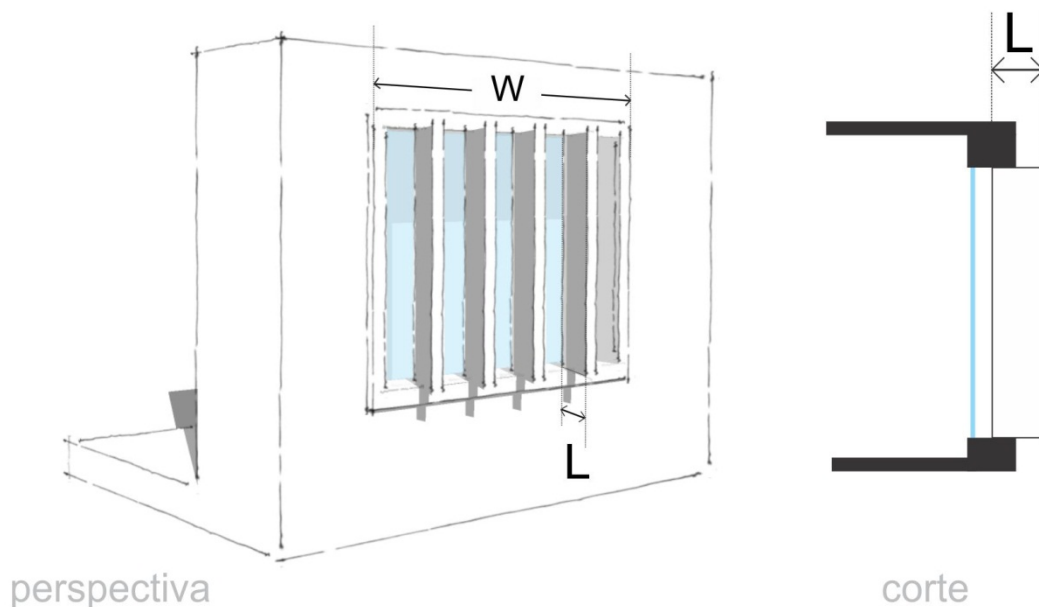


Fig. 4.9 Esquema de ventana con partesoles.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

LATITUD 14° HASTA 19°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
0.5	0.52	0.64	0.56
1	0.26	0.44	0.34
1.5	0.13	0.35	0.24
2	0.05	0.30	0.17

1 Seleccionar la latitud del lugar en estudio.
2 Seleccionar la orientación de la ventana en estudio.
3 Localizar la proporción L/W de la ventana en estudio.
4 Obtención del factor de corrección de sombreado **SE**.

Fig. 4.10 Extracto de la Tabla 5 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

1.20. PROCEDIMIENTO PARA INTERPOLACIÓN DE DATOS NO ENCONTRADOS EN LAS TABLAS.

La Norma establece los dos siguientes procedimientos para la interpolación de datos en función del número de variables usadas para el cálculo del factor de corrección de sombreado exterior (**SE**).

A. Procedimiento de **interpolación** de datos para factor **SE** con **una variable**.

Aplica para:

Tabla 2. Ventana con volado con extensión lateral más allá de los límites de ésta.

Tabla 5. Ventana con partesoles.

Cuando las proporciones **L/H**, para Tabla 2 y **L/W** para Tabla 5 dan como resultado un valor intermedio a aquellos que aparecen en las tablas o este valor es mayor o menor al primero o último que aparece en la Tabla se sigue el siguiente procedimiento para encontrar el valor de **SE**.

1. Obtener el valor de **Y** (la proporción de la ventana en estudio).

$$Y = L / W$$

2. Identificar en la tabla los valores inmediatamente superiores e inferiores al valor en estudio (**Y**).

Por ejemplo: suponiendo que el proyecto se encuentra en un lugar con latitud de 19° y que la ventana en estudio está orientada hacia el Norte y está sombreada con partesoles. La ventana tiene un ancho de 150 cm (**W**) y el partesol un ancho de 50 cm (**L**).

$$L / W = 0.50 / 1.50 = 0.3333$$

$$Y = 0.3333$$

Por el tipo de sombreado de la ventana (partesoles) se utiliza la Tabla 5, en donde, por la latitud del lugar en el que se encuentra el proyecto en estudio (19°), se utiliza únicamente la sección indicada con el rango de 14° hasta 19° (ver Fig. 4.11).

3. Con el valor resultante ($Y=0.3333$) realizar una interpolación entre los valores que sí se encuentran en la Tabla: **L/W** = 0.5 y 1; **Norte** 0.52 y 0.26. Como se ilustra en la Fig. 4.11.

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

Latitud 14° hasta 19°			
L/W	Norte	Este y Oeste	Sur
0	1.00	1.00	1.00
a 0.5	0.52 b	0.64	0.56
c 1	0.26 d	0.44	0.34
1.5	0.13	0.35	0.24
2	0.05	0.30	0.17

Fig. 4.11 Ejemplo de procedimiento de interpolación para una variable.

El método numérico para interpolar el valor **Y**, con los valores existentes en la tabla, utiliza la siguiente ecuación (ver Fig. 4.12):

$$SE = \left(\frac{d-b}{c-a} \right) * (Y-a) + b$$

Ecuación 5

$$SE = [(0.26 - 0.52)/(1.0-0.5)] * (0.3333-0.5) + 0.52$$

$$SE = 0.433$$

Factor de corrección de sombreado exterior (**SE**) = $[(d-b)/(c-a)] * (Y-a) + b$

* Valor buscado



Fig. 4.12 Fórmula para interpolar valor SE con una variable.

B. Procedimiento de **interpolación** de datos para factor **SE** con **dos variables**.

Aplica para:

Tabla 3: Ventana con volado con extensión lateral hasta los límites de ésta.

Tabla 4: Ventana remetida.

Si alguno o todos los valores de las proporciones **W/H** y **L/H** o **W/E** y **P/E** de la ventana en estudio se encuentran entre dos valores de las Tablas 3 y 4; o estos valores son mayores o menores que el primer y último valor de la Tabla, se debe realizar un procedimiento de interpolación para dos variables siguiendo los siguientes pasos.

1. Calcular los valores de **X** y **Y** de acuerdo a las proporciones **W/H** y **L/H** de la ventana en estudio:

$$X = W/H \text{ o } W/E$$

$Y = L/H$ o P/E

Siendo **X** y **Y** los valores no encontrados en la Tabla.

2. Identificar entre qué valores existentes en la tabla se encuentran los valores **X** y **Y** de la ventana en estudio. Por ejemplo, supongamos que se tienen unos valores como se ilustra en la Fig. 4.13.

W/H →	X _n	X	X _{n+1}
L/H ↓			
Y _n	a		b
Y		?	
Y _{n+1}	c		d

Fig. 4.13 Procedimiento de interpolación para dos variables. En donde los valores obtenidos y no encontrados en la tabla (**X** y **Y**) se encuentran entre los valores existentes "**X_n**" y "**X_{n+1}**" en el eje de la relación

4. ¿CÓMO UTILIZAR LAS TABLAS DE LA NOM-020-ENER-2011?

W/H (X) y "**Y_n**" y "**Y_{n+1}**" en el eje de la relación **L/H (Y)**, de acuerdo a la siguiente correspondencia:

$Y_n < Y < Y_{n+1}$ y $X_n < X < X_{n+1}$

3. Con los valores **X** y **Y**, encontrar los valores de **F_x** y **F_y**, utilizando los valores que sí se encuentran en la Tabla (a, b, c, d), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$F_x = \frac{(X - X_n)}{(X_{n+1} - X_n)}$$

Ecuación 6

$$F_y = \frac{(Y - Y_n)}{(Y_{n+1} - Y_n)}$$

Ecuación 7

4. Obtener el factor de corrección de sombreado exterior **SE** para la ventana en estudio mediante la sustitución de valores en la siguiente ecuación (ver Fig. 4.14):

$$SE = (F_x)(F_y)(d-c-b+a) + F_x(b-a) + F_y(c-a) + a$$

Ecuación 8

Factor de corrección de sombreado exterior (SE) =
*Valor buscado

$$F_x * F_y (d-c-b+a) + F_x (b-a) + F_y (c-a) + a$$



Fig. 4.14 Fórmula para interpolar valor SE con dos variables.

5. CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA

5. CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA

1.21. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO PARA USO HABITACIONAL DE REFERENCIA.

El edificio de referencia (**ER**), es una edificación supuesta o virtual, que no se construye, pero se calcula su presupuesto energético para tener una línea de referencia con la cual comparar la vivienda que se va a construir (edificio proyectado). El **ER** tiene una geometría igual al edificio proyectado, con algunos cambios en las especificaciones de los componentes. Estas especificaciones, según el tipo de componente, son:

Techo

Sin importar qué tipo de materiales estén considerados para la construcción del techo del edificio en estudio, el techo en el edificio de referencia se considera con el 100% de su área como opaco y el coeficiente global de transferencia de calor **K** se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.

- Se considera el 100% del área opaca (el valor **K** se obtiene en el Apéndice A, Tabla 1).
- Si existen partes transparentes no se toman en cuenta.

Pared

Del mismo modo, sin importar cuántas ventanas estén consideradas en las fachadas del edificio que se pretende construir, las fachadas en el edificio de referencia se consideran como si el 90% del área total de la fachada fuera opaca y el 10% restante, como transparente. Las fachadas que se encuentren en colindancia con otras construcciones se consideran como 100% opacas (no se consideran para el cálculo).

- El 90% del área total de las fachadas se considera como opaco (el coeficiente global de transferencia de calor **K** se obtiene en el Apéndice A Tabla 1 de la Norma).

- El 10% del área total de fachada se considera como transparente, con valor **K**=5.319 W/m²K y un valor de **CS** =1.
- Las colindancias con otras construcciones se consideran opacas en el 100% del área total (el valor **K** se obtiene en el Apéndice A, Tabla 1 de la Norma).

Piso

No se toma en cuenta la ganancia de calor si este se encuentra en contacto con el terreno; sólo se toma en cuenta para el cálculo si es una superficie inferior³.

La Fig. 5.1 muestra una vivienda de un solo nivel para ilustrar las diferencias entre el edificio proyectado y el de referencia. Se puede apreciar cómo ambos edificios tienen la misma geometría, la misma orientación y las mismas colindancias.

Sin embargo, aunque el edificio proyectado tiene, en su fachada principal, una puerta de acceso y dos ventanas, esa misma fachada se considera en el edificio de referencia como si el 90% de su área total fuera opaca y 10% de su área total fuera transparente.

³ La definición de superficie inferior y algunos ejemplos se pueden encontrar en el Capítulo 3 de este manual.

1.22. CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR EN EDIFICIO DE REFERENCIA Y PROYECTADO.

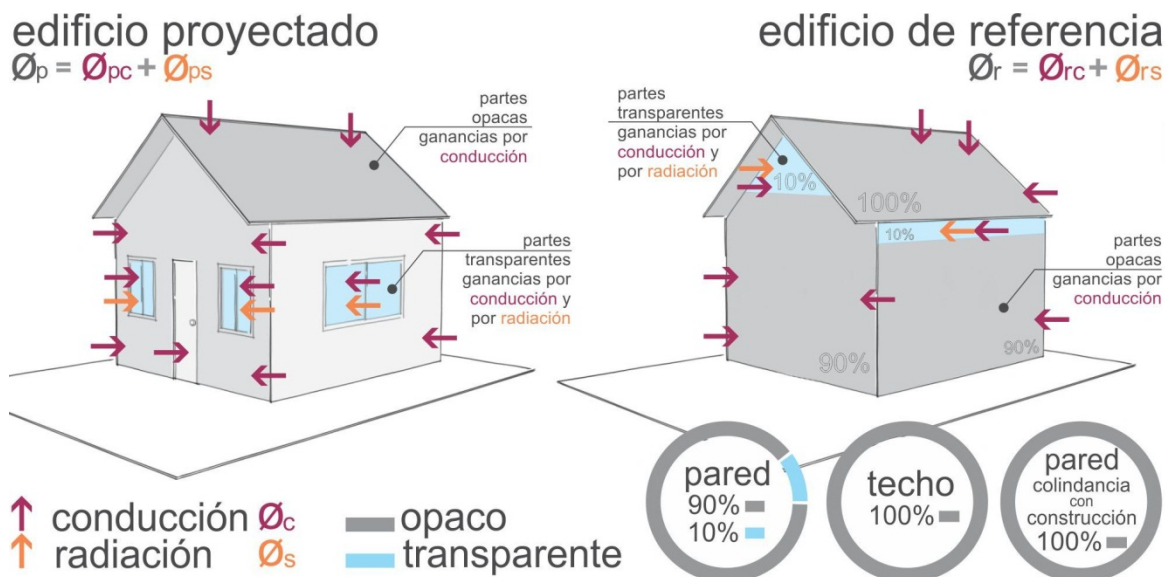


Fig. 5.1 Comparación de edificio proyectado y de referencia.

La ganancia de calor total es el resultado de sumar las ganancias de calor por conducción más las ganancias por radiación en watts (W). En la Norma se representan las ganancias de calor totales con el símbolo \varnothing (phi), y se refiere al edificio de referencia con el subíndice **r** (\varnothing_r) y al edificio proyectado con el subíndice **p** (\varnothing_p). Del mismo modo, se refiere a las ganancias de calor por **conducción** con el subíndice **c** y a las ganancias por **radiación** solar con el subíndice **s**. De esta manera, las ganancias por

conducción y radiación para el edificio de referencia (\varnothing_{rc}), (\varnothing_{rs}) y el proyectado (\varnothing_{pc}), (\varnothing_{ps}) se distinguen por sus respectivos subíndices.

Las ganancias por conducción se calculan para las partes opacas y las partes transparentes y las ganancias por radiación únicamente para las partes transparentes tanto en el edificio de referencia como en el proyectado, como se ilustra en la Fig. 5.1

1.23. MÉTODO DE CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR EN LA ENVOLVENTE DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA.

En la Fig. 5.2 se resume en 10 pasos, el procedimiento del cálculo del presupuesto energético que establece la Norma. Esta figura indica en dónde se pueden encontrar los valores para el cálculo y en qué sección de los formatos para informar el presupuesto energético se debe llenar esa información.

Para indicar la sección se usa una etiqueta como esta: 2.1 y el símbolo: F_1 indica, con el subíndice el número de hoja del formato.

Para más información sobre el cálculo del valor **K** de las porciones del **EP** (paso 3 en la Fig. 5.2), consultar la sección 3.3 de este manual.

5. CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA

1	Identificar los componentes de la envolvente del EP de acuerdo a su orientación (paredes, techo, superficie inferior, ventanas, puertas).				
2	Calcular las áreas de los componentes de acuerdo a su orientación.	Se llena en:	F₄		
	EDIFICIO PROYECTADO:				
	Superficie total por componente en m ²	<input type="checkbox"/>			
	Sup. Opaca (restando domos, ventanas, puertas).	<input type="checkbox"/>			4.2
	Sup. transparente (con medidas reales de ventanas, domos, etc).	<input type="checkbox"/>			4.2
	EDIFICIO DE REFERENCIA:				
	Sup. Opaca (90% del área total del componente).	<input type="checkbox"/>			4.1
	Sup. transparente (10% del área total del componente).	<input type="checkbox"/>			4.1
3	Determinar valores K para las partes opacas y transparentes de la envolvente. (Ver sección 3.3 de este manual)	Se llena en:	F₃	F₄	
	EDIFICIO PROYECTADO:				
	Cálculo para porciones homogéneas.	<input type="checkbox"/>	3.1		
	Cálculo para porciones no homogéneas.	<input type="checkbox"/>	3.1	3.2	3.3
	Valor K para partes transparentes (se puede obtener del certificado del producto).	<input type="checkbox"/>			4.2
	EDIFICIO DE REFERENCIA:				
	Identificar en la Tabla 1 del Apéndice A los valores K para partes opacas:				
	Menos de tres niveles: (mismo valor K para muros y techos).	<input type="checkbox"/>	4.1		
	Más de tres niveles: (un valor K para muros y otro para techos).	<input type="checkbox"/>	4.1		
	Valor K para partes transparentes en paredes en ER siempre es 5.319 W/m ² K	<input type="checkbox"/>			4.1
4	Identificar valores t y te en la Tabla 1 del Apéndice A. (Partes opacas, EP y ER).	Se llena en:	F₄	4.2	4.1
5	Calcular la ganancia de calor por conducción para EP (θ_{pc}) y ER (θ_{rc}).	Se llena en:	F₄	4.2.1	4.1.1
6	Determinar valores de Coeficiente de Sombreado (CS) de partes transparentes.	Se llena en:	F₄		
	Para EP se obtiene de certificado del producto.	<input type="checkbox"/>	4.2.2		
	Para ER siempre es igual a uno (1).	<input type="checkbox"/>			4.1.2
7	Identificar valores FG en la Tabla 1 del Apéndice A. (Partes transparentes, EP y ER).	Se llena en:	F₄	4.2.2	4.1.2
8	Calcular valores SE para ventanas del EP con sombreado exterior.	Se llena en:	F₄	4.2.2	
9	Calcular la ganancia de calor por radiación para EP (θ_{ps}) y ER (θ_{rs}).	Se llena en:	F₄	4.2.2	4.1.2
10	Calcular la ganancia de calor total para EP (θ_p) y ER (θ_r).	Se llena en:	F₅	5.1	

Fig. 5.2 Pasos para calcular el presupuesto energético.

5. CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA























Componente de acuerdo a su orientación	Área total del componente en m ²	EDIFICIO DE REFERENCIA		EDIFICIO PROYECTADO		Nomenclatura (para identificar los componentes en el cálculo)
		Superficie opaca m ² * Para cálculo por conducción	Superficie transparente m ² * Para cálculo por conducción y radiación	Superficie opaca m ² * Para cálculo por conducción	Superficie transparente m ² * Para cálculo por conducción y radiación	
1 Techo		 *Para el cálculo de edificio de referencia se considera el 100% de la superficie total del techo como opaca.	*No se consideran partes transparentes.	 *Se considera el área de la parte opaca sustrayendo domos y tragaluces.	 *Se considera el 100% de la superficie total de cada parte transparente en caso de existir.	T₁ T₁-V₁
2 Fachada Norte		 *Se considera el 90% de la superficie total como área opaca.	 *Se considera el 10% de la superficie total como área no opaca.	 *Se considera el área de la parte opaca sustrayendo ventanas y puertas.	 *Se considera el 100% de la superficie total de cada parte transparente en caso de existir.	MN₁ MN₁-V₁ MN₁-V₂ MN₁-PA₁
3 Fachada Este		 *Se considera el 90% de la superficie total como área opaca.	 *Se considera el 10% de la superficie total como área no opaca.	 *Se considera el área de la parte opaca sustrayendo ventanas y puertas.	*Se considera el 100% de la superficie total de cada parte transparente en caso de existir.	ME₁
4 Fachada Sur		 *Se considera el 90% de la superficie total como área opaca.	 *Se considera el 10% de la superficie total como área no opaca.	 *Se considera el área de la parte opaca sustrayendo ventanas y puertas.	*Se considera el 100% de la superficie total de cada parte transparente en caso de existir.	MS₁
5 Fachada Oeste		 *Se considera el 90% de la superficie total como área opaca.	 *Se considera el 10% de la superficie total como área no opaca.	 *Se considera el área de la parte opaca sustrayendo ventanas y puertas.	 *Se considera el 100% de la superficie total de cada parte transparente en caso de existir.	MO₁ MO₁-V₁

Fig. 5.3 Consideraciones de los componentes de la envolvente para EP y ER.

En la Fig. 5.3 se ilustra el porcentaje de las áreas de cada componente que se consideran para el cálculo de ganancias de calor para el **EP** y **ER**. Si el edificio de vivienda tiene paredes o losas que colinden con otras viviendas, éstos no se consideran para el cálculo de ganancias de calor ni del **ER** ni el **EP**.

1.24. CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR POR CONDUCCIÓN.

Para calcular las ganancias de calor por conducción tanto en el edificio de referencia como el proyectado es necesario calcular por separado la ganancia de calor por conducción de cada una de las componentes opacas y no opacas de la envolvente para posteriormente sumarlas y obtener un total, como se ilustra en la Fig. 5.4.

1.25. CÁLCULO DE GANANCIAS DE CALOR POR RADIACIÓN.

Para calcular la ganancia de calor total por radiación, tanto en el **ER** como en el **EP**, es necesario sumar las ganancias de radiación solar de cada una de las partes transparentes que conforman la envolvente del edificio, como se ilustra en la Fig. 5.5.

A Ganancia de calor por conducción para el edificio de referencia.





$\sum_{j=1}^n$	Coefficiente global de transferencia de calor de la parte W/m ² K	Área de la parte m ²	Diferencia entre la temperatura equivalente promedio (t _{ei}) y la temperatura interior del edificio (t) °C	=	∅ _{rci}
	[k _j	* A _{ij}	* (t _{ei} - t)]		
Partes que conforman la componente (j) * Se sigue este procedimiento para cada componente de la vivienda.	El valor K para partes transparentes en paredes siempre es 5.319 W/m ² K en el ER . Para partes opacas depende el número de niveles (se obtiene de Tabla 1, Ap. A de la Norma).	90% del área total (sin sustraer puertas y ventanas) se considera como opaca y 10% como transparente (para paredes). Como 100% opaca para techos, paredes con colindancia y sup. inferior.	Igual que edificio proyectado. Para ER se usan valores de muro masivo para paredes.		Igual que edificio proyectado.
↓					
Σ					
↓					
Parte Opaca	[k _j	* A _{ij} 90%	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{rc}
Parte Transparente	[5.319	* A _{ij} 10%	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{rc}
$\sum_{j=1}^n$	Coefficiente global de transferencia de calor de la parte W/m ² K	Área de la parte m ²	Diferencia entre la temperatura equivalente promedio (t _{ei}) y la temperatura interior del edificio (t) °C	=	∅ _{pci}
	[k _j	* A _{ij}	* (t _{ei} - t)]		
Partes que conforman la componente (j) * Se sigue este procedimiento para cada componente de la vivienda.	Se calcula de acuerdo a los materiales del proyecto arquitectónico para sup. homogéneas y no homogéneas. * K = 1/M	Se obtiene midiendo la parte como se indica en el Cap. 3. * Se considera al 100% (sustrayendo puertas, ventanas, etc).	Para partes opacas se obtiene de columnas 7 a la 10 y para partes transparentes de las columnas 11 ó 12 de la Tabla 1, Apéndice A de la Norma. * Depende de la ciudad, del tipo de componente y su orientación. Se usan valores de muro ligero para puertas de tambor. Ver Fig. 4.1.		Se obtiene de la columna 6 de la Tabla 1, Apéndice A de la Norma. * Depende del estado y ciudad en estudio.
↓					
Σ					
↓					
Superficies Opacas					
MN1 	[k _{muro}	* A _{muro} (menos ventanas y puertas)	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{pc}
MN1-PA1 	[k _{puerta}	* A _{puerta} 100%	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{pc}
+					
Superficies transparentes					
MN1-V1 	[k _{ventana1}	* A _{ventana1} 100%	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{pc}
MN1-V2 	[k _{ventana1}	* A _{ventana1} 100%	* (t _{ei} - t)]	=	∅ _{pc}
+					

Fig. 5.4 Guía para cálculo de ganancias de calor por conducción.

5. CÁLCULOS DE EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA

A Ganancia de calor por radiación para el edificio de referencia.

$\sum_{i=1}^5$	Área de la parte transparente de la componente con orientación en estudio. m^2	Coeficiente de sombreado del vidrio. Valor adimensional.	Ganancia de calor solar por orientación. W/m^2	= \emptyset_{rsi}
Partes que conforman la componente (j)	Es el 10% de la sup. total para paredes sin colindancia y no se calcula para techos y paredes con colindancia.	Siempre tiene un valor de 1.0 para las partes transparentes del edificio de referencia.	Igual que el edificio proyectado.	\downarrow Σ \downarrow
Ejemplo: Muro Norte (MN1) con dos ventanas y una puerta.				
Parte Transparente	$[A_{ri} * CS_{ri} * FG_{ri}]$ 10%	$*$	$*$	$= \emptyset_{rs}$

B Ganancia de calor por radiación para el edificio proyectado.

$\sum_{i=1}^5$	Área de la parte transparente de la componente con orientación en estudio. m^2	Coeficiente de sombreado del vidrio * Con valor adimensional entre cero y uno.	Ganancia de calor solar por orientación. W/m^2	Factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente.	= \emptyset_{psi}
Partes que conforman la componente (j) * Se sigue este procedimiento para cada componente transparente de la vivienda.	Se obtiene midiendo la parte transparente. (Medidas reales)	Se obtiene del fabricante o del certificado del producto.	Se obtiene de las columnas 13 y 14 de la Tabla 1, Apéndice A de la Norma. *Depende de la ciudad, del tipo de componente y de su orientación. Ver Fig. 4.1.	Se determina con las Tablas 2 a la 5 del Apéndice A de la Norma. Valor adimensional entre cero y uno.	\downarrow Σ \downarrow
Ejemplo: Muro Norte (MN1) con dos ventanas y una puerta.					
Superficies transparentes					
MN1-V1 ■	$[A_{ventana1} * CS_{ventana1} * FG_{vent1} * SE_{vent1}]$ 100%	$*$	$*$	$= \emptyset_{ps_{vent1}}$	$+$
MN1-V2 ■	$[A_{ventana2} * CS_{ventana2} * FG_{vent2} * SE_{vent2}]$ 100%	$*$	$*$	$= \emptyset_{ps_{vent2}}$	

Fig. 5.5 Guía para cálculo de ganancias de calor por radiación.

1.26. PRESUPUESTO ENERGÉTICO

Finalmente, se obtiene la ganancia total de calor sumando los resultados de las ganancias de calor por conducción (Φ_{rc} para **ER** y Φ_{pc} para **EP**) y por radiación (Φ_{rs} para **ER** y Φ_{ps} para **EP**). La ganancia total de calor para el edificio de referencia (Φ_r) será comparada posteriormente con el resultado de ganancia total de calor del edificio proyectado (Φ_p) para determinar si el edificio en estudio cumple o no con la Norma.

Se considera que un edificio para uso habitacional está en cumplimiento con la Norma si las ganancias

de calor totales del **EP** son menores o iguales que las ganancias de calor totales del **ER**.

Si se cumple la Norma, es decir si se cumple con que $\Phi_p \leq \Phi_r$; entonces el porcentaje de ahorro se puede calcular utilizando la fórmula:

$$\text{Ahorro de energía} = \left(1 - \frac{\Phi_p}{\Phi_r}\right) (100)$$

Ecuación 9

6. EJEMPLO DE CÁLCULO

6. EJEMPLO DE CÁLCULO.

Antes de comenzar nuestro cálculo debemos asegurarnos que contamos con la información que se señala en el Capítulo 2 de este manual, particularmente la que se refiere al proyecto ejecutivo y una copia de la NOM.020-ENER-2011 y sus anexos.

Se pueden utilizar los “checklists” que se encuentran al final del Capítulo 2 para verificar que contamos con la información necesaria. Una vez recabada la información del proyecto ejecutivo es necesario estudiar la documentación para comprender a profundidad del proyecto de vivienda. De este modo, se facilitará hacer las cuantificaciones y cálculos necesarios para realizar el presupuesto energético. Se puede utilizar una nomenclatura para identificar las componentes de la vivienda similar a la sugerida en el Capítulo 3.

En este capítulo explicaremos el procedimiento del cálculo del presupuesto energético para un grupo de viviendas en conjunto horizontal. Se seleccionó este ejemplo ya que, por su naturaleza, es posible ilustrar el cálculo de superficies homogéneas, no homogéneas, superficies inferiores, ventanas con sombreado exterior y muros con y sin colindancia.

Las cuatro etapas a seguir para el proceso de cálculo del presupuesto energético, y que seguiremos en este ejemplo, se resumen en la Fig. 6.1. En el desarrollo de este capítulo, identificaremos con estas etiquetas los procesos que pertenecen a cada etapa.

La primera etapa **A** consiste en presentar la información relativa al edificio en estudio. Esta información incluirá gráficas, datos e imágenes a las que se referirá durante todo el proceso de cálculo.

La segunda etapa **B** consiste en la explicación detallada del cálculo del edificio de referencia.

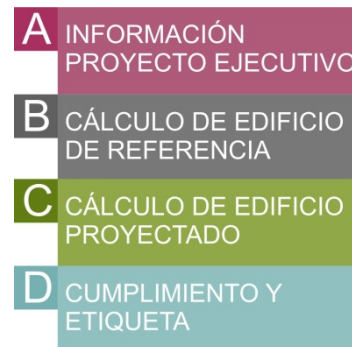


Fig. 6.1 Etapas del proceso de cálculo del presupuesto energético.

En donde se seguirán los siguientes pasos: 1) identificación de los componentes de la envolvente, 2) cálculo de áreas, 3) cálculo de ganancias de calor por conducción, 4) cálculo de ganancias de calor por radiación y 5) cálculo de la ganancia total de calor de edificio de referencia.

La tercera etapa **C** consiste en la explicación detallada del cálculo del edificio proyectado. En esta etapa, se seguirán los siguientes pasos: 1) identificación de los componentes de la envolvente, 2) cálculo de áreas, 3) cálculo de ganancias de calor por conducción - para superficies homogéneas y no homogéneas -, 4) cálculo de ganancias de calor por radiación y factores de corrección de sombreado exterior y 5) cálculo de la ganancia total de calor.

Finalmente, la cuarta etapa **D** consiste en verificar si la vivienda analizada cumple con la norma y, si es así, ilustrar el nivel de eficiencia energética del mismo mediante la etiqueta correspondiente.

Se indicará la información que se debe vaciar a los formatos para informar el cálculo del presupuesto energético que se encuentran en el **Apéndice C** de la Norma con el símbolo: **F₁** en donde el subíndice representa el número de hoja del formato a la cual se hacer referencia. Una etiqueta como esta: **2.1** mostrará la sección o secciones del formato a la que

se hace referencia en el texto. Indica que esa es la sección del formato en la que se deberán llenar los datos.


Del mismo modo, se utilizarán los símbolos

B **C** **D**

para hacer una anotación junto a la

1.27. VIVIENDA EN CONJUNTO HORIZONTAL.

Información del edificio habitacional a calcular.

La vivienda en estudio es parte de un conjunto de 6 viviendas que forman parte de un conjunto horizontal. El conjunto está ubicado en la ciudad de Playa del Carmen, Quintana Roo (Latitud 20.62° y Longitud -87.07°). 

Cada vivienda tiene un área de desplante de aproximadamente 102 m² distribuidos en dos plantas. La vivienda presenta una fachada principal con orientación Sur, un muro ciego sin colindancia hacia el Oeste, fachada posterior hacia el Norte y colinda con otra vivienda hacia el Este; sin compartir muro. La orientación y ubicación del conjunto de viviendas se puede apreciar en las Fig. 6.8 y Fig. 6.10.

El programa arquitectónico de la unidad de vivienda consiste en sala, comedor, cocina, medio baño, patio de servicio y cochera techada para dos vehículos en planta baja. Recámara principal con baño propio y dos recámaras con baño compartido en planta alta. La Fig. 6.2 ilustra la vivienda en estudio en corte y la distribución en planta de los espacios se puede apreciar en la Fig. 6.4.

La mayoría de los muros de la vivienda están contruidos de tabique industrializado de alta resistencia de 25 X 12 X 11.5 cm. El acabado en

información que se va a requerir posteriormente para las etapas B, C ó D del proceso de cálculo del presupuesto energético.

A INFORMACIÓN
PROYECTO EJECUTIVO

muros es a base de pintura vinílica al exterior y en algunas secciones de muro con acabado final de recubrimiento de piedra laja. El acabado final interior de muros es un emplaste de mortero más una pasta lisa hecha en obra, con acabado de pintura de esmalte para la cocina y azulejo para los baños.



C

Únicamente un muro al Norte (MN3) en planta baja es de concreto armado de 12 cm de espesor con una placa aislamiento térmico a base de poliestireno extruido (XPS) de 2.5 cm de espesor. La placa de XPS cumple con la certificación de la NOM-018-ENER. Este muro tiene un emplaste de mortero más una pasta lisa hecha en obra al interior y pintura vinílica al exterior.

Los detalles constructivos de los muros se pueden apreciar en las Fig. 6.5 y Fig. 6.6.

Las ventanas son de doble vidrio de 6mm de baja emisividad (LowE) con una separación entre vidrios de 12 mm de espesor con cancelería de aluminio. El coeficiente global de transferencia de calor (**K**) reportado por el fabricante es de 1.65 W/m²K y un coeficiente de sombra (**CS**) igual a 0.441.

A INFORMACIÓN
PROYECTO EJECUTIVO

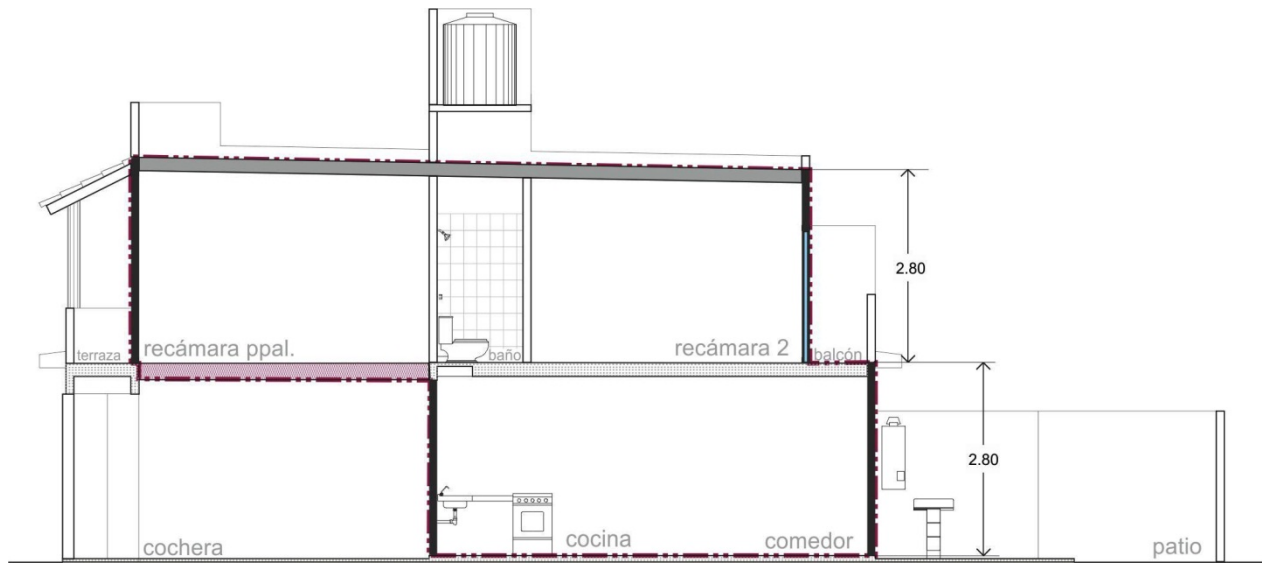
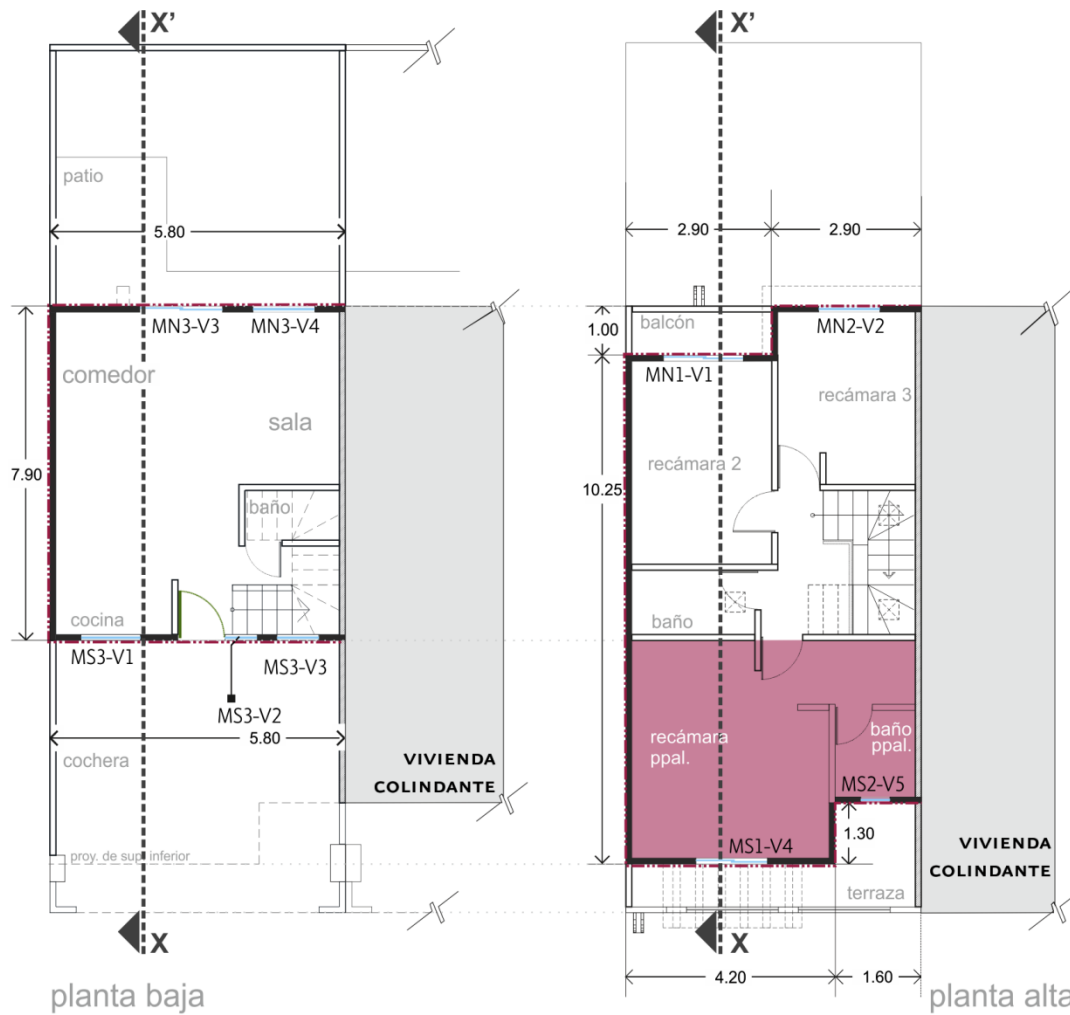


Fig. 6.2 Corte X-X' de la vivienda analizada.

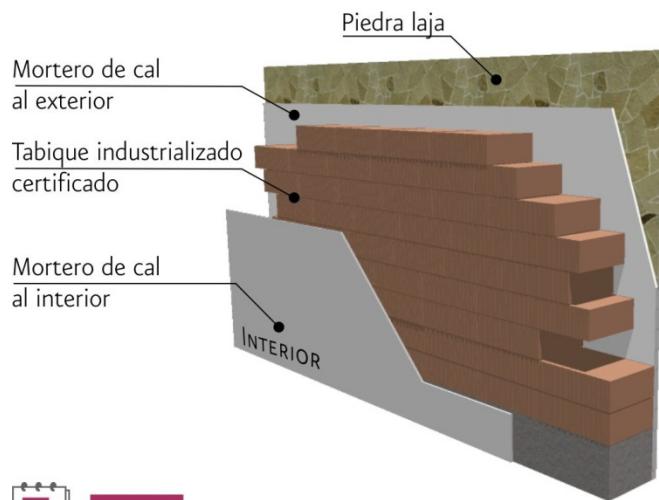


Fig. 6.3 Fachadas de la vivienda analizada.



- Bardas, muros interiores y pretiles. NO se consideran para el cálculo de la NOM 020.
- Muros exteriores que se consideran para el cálculo de la NOM 020. Medidas a paño exterior.
- Muros que colindan con otra vivienda. No se consideran para el cálculo de la NOM 020.
- Superficie inferior (losa de espacio habitable sobre cochera). Si se considera en el cálculo.
- Definición de la envolvente térmica.
- Puerta exterior de bastidor y pánles. Se calcula como muro ligero.
- Techo. Losa en contacto con el ambiente exterior, sí se considera en el cálculo.
- Piso en contacto con el terreno y entrepisos no se consideran para el cálculo.

Fig. 6.4 Plantas arquitectónicas de la vivienda analizada.

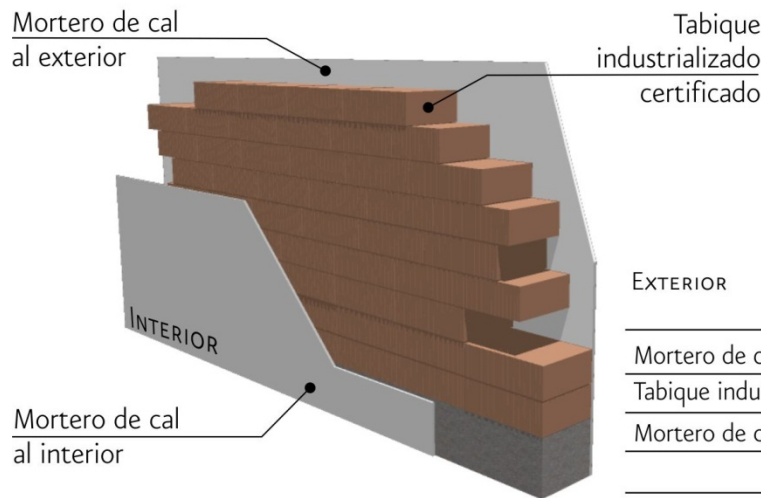


MS1

EXTERIOR	ESPESOR (metros)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Piedra laja (pizarra)	0.030	2.000
Mortero de cal exterior	0.010	0.872
Tabique industrializado certif.	0.115	0.110
Mortero de cal al interior	0.010	0.698
INTERIOR		

F₃ 3.1

C



MS2, MS3, ME1, ME2, MN1, MN2, MO1 y MO2

EXTERIOR	ESPESOR (metros)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Mortero de cal exterior	0.010	0.872
Tabique industrializado cert.	0.115	0.110
Mortero de cal al interior	0.010	0.698
INTERIOR		

Fig. 6.5 Composición de muros MS1, MS2, MS3, ME1, ME2, MN1, MN2, MO1 y MO2 de acuerdo a proyecto arquitectónico.

Las losas de azotea y de entepiso son losas nervadas de concreto de 20 cm de espesor con casetones de poliestireno. La losa de azotea tiene un acabado final exterior a base de impermeabilizante asfáltico. El acabado final interior de losas de entepiso es un emplaste de mortero más una pasta lisa hecha en

obra. Es importante resaltar que este tipo de losas se considera para efectos de la Norma como un elemento constructivo con porciones formadas por capas homogéneas y capas no homogéneas. Los detalles constructivos de la losa se pueden apreciar en la Fig. 6.7.

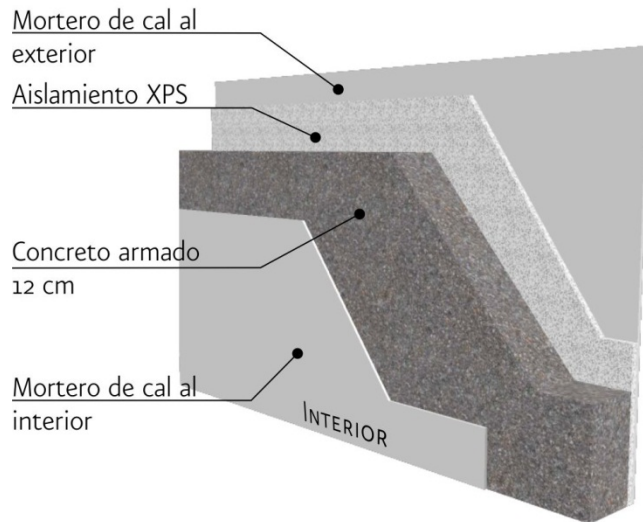
A INFORMACIÓN PROYECTO EJECUTIVO

F₃

3.1

C

MN₃

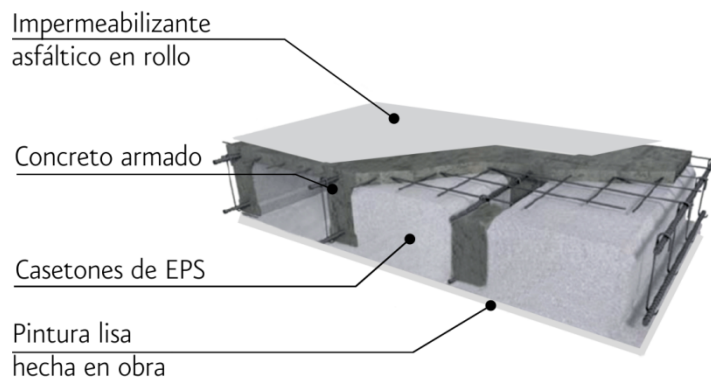


EXTERIOR	ESPESOR (metros)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Mortero de cal al exterior	0.010	0.872
XPS certificado	0.025	0.026
Concreto armado	0.120	1.740
Mortero de cal al interior	0.010	0.698
INTERIOR		

Fig. 6.6 Composición de muro MN₃ de acuerdo con proyecto arquitectónico.

T₁ y T₂

51



EXTERIOR	ESPESOR (metros)	CONDUCTIVIDAD (λ) W/mK
Membrana asfáltica	0.003	0.170
Concreto armado	0.050	1.740
EPS certificado	0.050	0.034
Mortero de cal al int.	0.010	0.698
INTERIOR		

F₃

3.1

C

3.2

3.3

Fig. 6.7 Composición de las losas T₁ y T₂ de acuerdo con proyecto arquitectónico.

Un caso común en los conjuntos de viviendas horizontales, como es el caso de este ejemplo de vivienda, es que el módulo de vivienda se “refleja” con la siguiente vivienda con la cual se adosa. Esto genera, en este caso del conjunto de seis viviendas, tres pares de viviendas; en donde el muro indicado en la Fig. 6.8 como **MO₁** será tres veces, en efecto **MO₁**, por encontrarse en orientación Oeste y tres

veces será **ME₁**, por encontrarse en orientación Este.

De tal manera que, para efectos de cálculo, únicamente se cuantifican el muro **MO₁** de la primera vivienda y el muro **ME₁** de la última vivienda del conjunto, es decir, las viviendas que se encuentran en los cabeceros.

6. EJEMPLO DE CÁLCULO

Del mismo modo, para efectos de cálculo, los muros **MO₂** y **ME₂** siempre se cuantifican, ya que nunca resultan en colindancia con otra construcción. Sin

embargo, **MO₂** aparecerá tres veces en orientación Oeste y tres veces en orientación Este como se ilustra en la Fig. 6.8.

A INFORMACIÓN PROYECTO EJECUTIVO

- ① **MO₁** Muro cabecero. Sí se cuantifica y se considera para el cálculo.
- ② **ME₁** Muro colindante. No se cuantifica ni se considera para el cálculo.
- ③ **MO₂** Muro cabecero. Sí se cuantifica y se considera para el cálculo.
- ④ y ⑤ **MO₂** Sí se cuantifican y se consideran para el cálculo.
- ⑥ **ME₂** Sí se cuantifican y se consideran para el cálculo.
- ⑦ **ME₁** y ⑧ **MO₁** Muro colindante. No se cuantifica ni se considera para el cálculo.

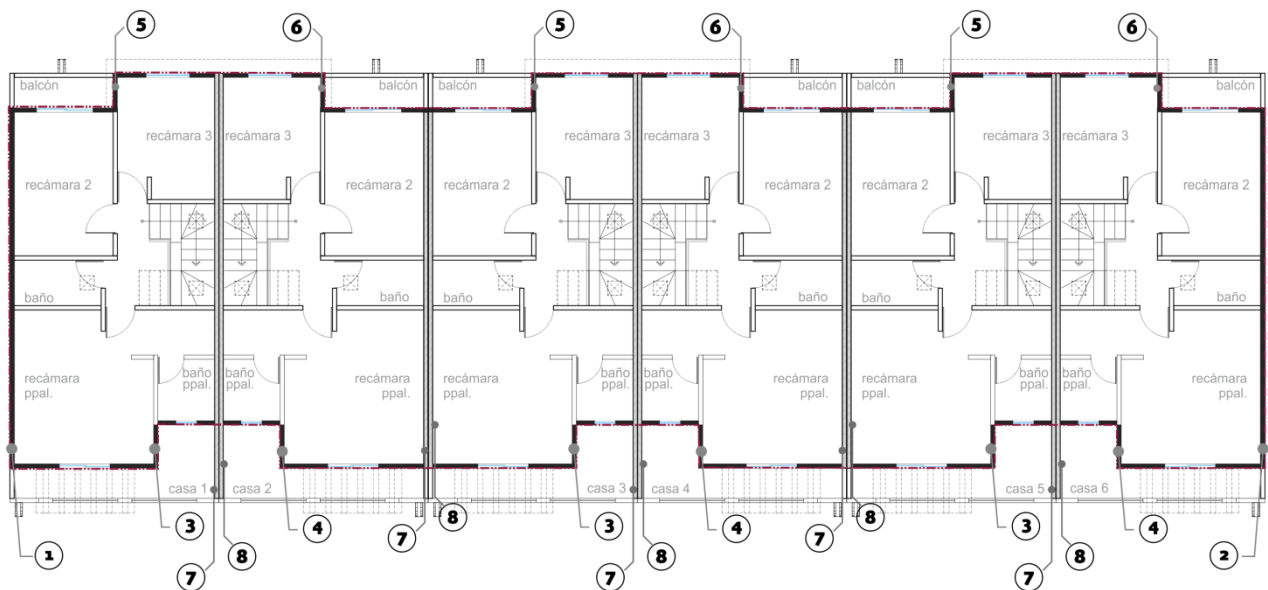


Fig. 6.8 Planta de viviendas en conjunto horizontal.

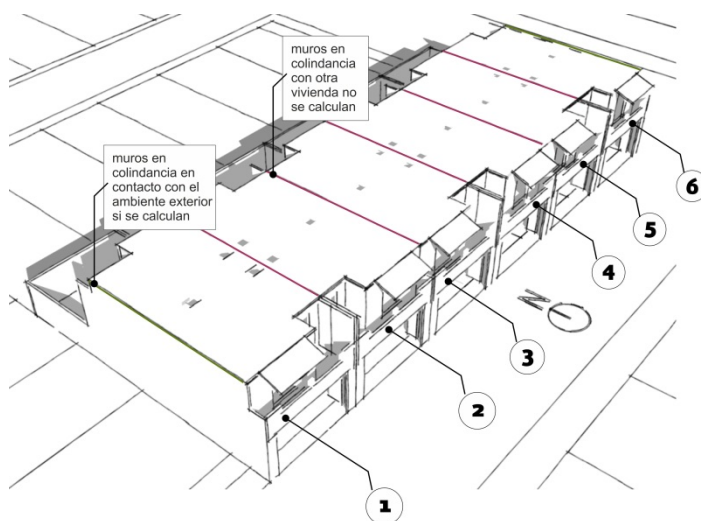
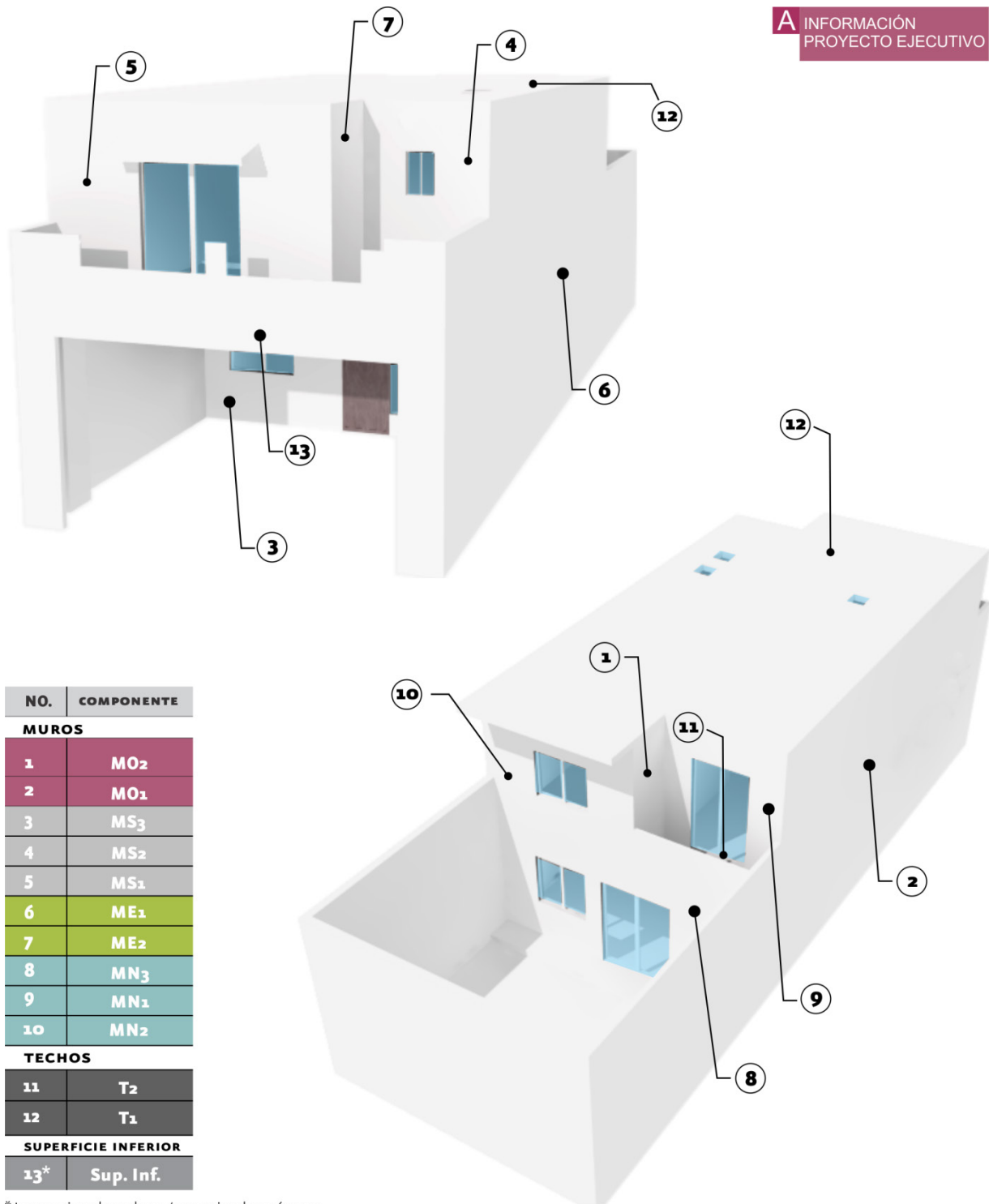


Fig. 6.9 Perspectiva de viviendas en conjunto horizontal.



* Losa encima de cochera / entepiso de recámara 1

Fig. 6.10 Identificación de componentes de vivienda analizada. Perspectiva.

6. EJEMPLO DE CÁLCULO

usar áreas totales para cálculo **ER**.
muros: 90% opaco
techo: 100% opaco

usar áreas de vanos para cálculo conducción y radiación **EP**

usar áreas menos vanos para cálculo conducción **EP**

		ÁREA TOTAL SUP. OPACA	VENTANA / PUERTA / DOMO	ÁREA MENOS VANOS	ÁREA TOTAL SUP. OPACA	VENTANA PUERTA DOMO	ÁREA MENOS VANOS	TOTAL	
UNA VIVIENDA				CONJUNTO 6 VIVIENDAS					
1	MO2	3.5		3.5	21		21	MO	área total de muro Oeste
2	MO1	51.44		51.44	308.64		308.64	329.64	
3	MS3	15.77	MS3-V1, MS3-V2, MS3-V3, MS3-P1	10.66	94.62		63.96	MS	área total de muro Sur
4	MS2	5.8	MS2-V5	5.42	34.8		32.52	214.08	
5	MS1	14.11	MS1-V4	11.25	84.66		67.5	163.98	área total de muro Sur menos ventanas y puertas
14	MS3-V1		1.07			6.42			
16	MS3-V2		1.25			7.5			
17	MS3-V3		0.88			5.28			
18	MS1-V4		2.86			17.16			
19	MS2-V5		0.38			2.28		MS-V	área total de superficie transparente hacia el Sur
15	MS3-P1		1.91			11.46		38.64	
6	ME1	51.44		51.44	308.64		308.64	ME	área total de muro Este
7	ME2	3.5		3.5	21		21	329.64	
8	MN3	17.25	MN3-V3, MN3-V4	12.23	103.5		73.38	MN	área total de muro Norte
9	MN1	8.77	MN1-V1	7.21	52.62		43.26	207.54	
10	MN2	8.57	MN2-V2	5.38	51.42		32.28	148.92	área total de muro Norte menos ventanas y puertas
20	MN3-V3		3.47			20.82			
21	MN3-V4		1.55			9.3			
22	MN1-V1		1.56			9.36			área total de superficie transparente hacia el Norte
23	MN2-V2		3.19			19.14		MN-V	58.62
11	T2	2.91		2.91	17.46		17.46	T	
12	T1	61.8	DOMOS	60.36	370.8		362.16	388.26	área total techo
24	DOMOS		1.44			8.64		T-D	área total de techo menos domos
13	SUP. INF.	24.6		24.6	147.6		147.6	379.62	
								8.64	
								SUP. INF.	área total de sup. inferior
								147.6	

Fig. 6.11 Tabla de áreas por componente y orientación.

1.28. CÁLCULO DEL EDIFICIO DE REFERENCIA. VIVIENDA EN CONJUNTO HORIZONTAL.

B CÁLCULO DE EDIFICIO DE REFERENCIA

La segunda etapa del cálculo del presupuesto energético es el cálculo del **edificio de referencia**.

La Fig. 6.10 ilustra unas perspectivas del módulo de la vivienda en estudio que forma parte del conjunto horizontal de seis viviendas. La información de ubicación, así como los datos que se requieren del proyecto ejecutivo, para este cálculo, se ha descrito en las páginas anteriores.

Siguiendo los pasos indicados en la Fig. 5.2, se inicia el cálculo con la identificación de los componentes de la envolvente y la obtención de las áreas de acuerdo a su orientación.

Es conveniente utilizar un sistema de identificación de los componentes de la envolvente como el que se sugiere en el Capítulo 3 de este manual en donde se utiliza un código de letras y números que indican la orientación del componente, por ejemplo el muro, y un número secuencial para identificar de qué muro se trata.

En la Fig. 6.11 se han desglosado los componentes de la envolvente por orientación con sus respectivas áreas. Se han calculado las áreas primero para una unidad de vivienda y posteriormente se han multiplicado por seis, para obtener las áreas del conjunto habitacional a calcular.

Se puede observar en la Fig. 6.11 que para el cálculo del edificio de referencia se utilizan las áreas totales del conjunto de viviendas (sin sustraer ventanas, domos, puertas, etc).

En la Fig. 6.12 se muestran los elementos de la envolvente con su nomenclatura y las áreas requeridas para el cálculo. Es importante destacar que estas áreas se utilizan para el cálculo del edificio de referencia sin descontar el área de ventanas,

puertas o domos. Es decir, es el área total del componente.

Se ordenarán estos componentes en una tabla, según su orientación como se muestra en la Fig. 6.13. En esta tabla se incluye la nomenclatura del componente, su orientación, su área y, en este caso, la suma de las áreas en m^2 para cada orientación de los componentes de las seis viviendas.

En cierto modo, se puede comparar el cálculo de este conjunto de viviendas con el cálculo de una vivienda de más de tres niveles. Equiparando cada nivel del edificio, con cada vivienda individual del conjunto horizontal. En donde, en el caso de la vivienda de más de tres niveles, las losas de entrepiso no se consideran para el cálculo al igual que en este caso los muros de colindancia no son considerados.

Una vez que hemos cuantificado las áreas, podemos llenar esa información en la hoja 4, sección 4.1.1 de los formatos para informar el presupuesto energético que se encuentra en el Anexo C de la Norma.

Como se puede apreciar en la Fig. 6.13, en la primera columna del formato se llena el nombre de la porción de la envolvente y su orientación. En este caso, se ha utilizado el primer renglón para llenar la información del muro Oeste. Se puede apreciar que en la tercera columna se escribe el área total (**A**) en m^2 de todos los muros orientación Oeste. La cuarta columna corresponde a la fracción del muro que se va a considerar opaca o transparente (**F**).

Para este ejemplo, el muro Oeste se está considerando como el primer muro cabecero de las seis viviendas que no tiene colindancia, por lo que se considera como si el 90% de su área fuera opaca y el 10% de su área fuera transparente. De esta manera, la cuarta columna para esta porción se llena como **0.9** para muro Oeste (fracción opaca de la componente) y como **0.1** para ventana Oeste (fracción transparente de la componente).

Del mismo modo, el muro Este, se considera como el cabecero de la última de las seis viviendas. Por lo que la cuarta columna se llena con un valor de 0.9

para la fracción opaca de la componente y con 0.1 para la fracción transparente de la componente.

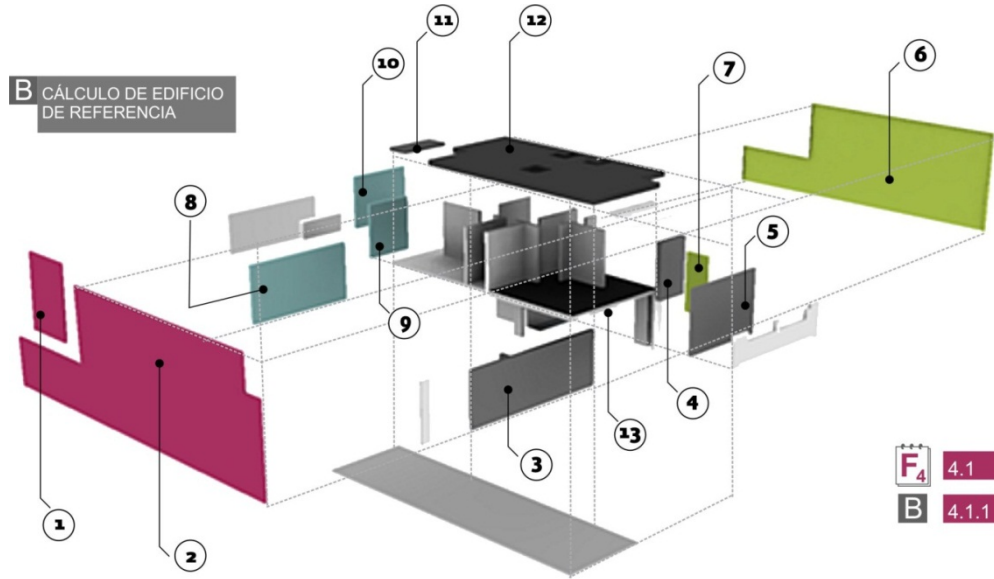


Fig. 6.12 Cálculo del edificio de referencia. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.

Área de componentes por orientación.

	ÁREA TOTAL SUP. OPACA	TOTAL	
CONJUNTO 6 VIVIENDAS			
1	MO2	20.97	MO
2	MO1	51.44	
		72.41	
3	MS3	94.62	MS
4	MS2	34.8	
5	MS1	84.66	
		214.08	
6	ME1	51.44	ME
7	ME2	20.97	
		72.41	
8	MN3	103.5	MN
9	MN1	52.62	
10	MN2	51.42	
		207.54	

4.- Cálculo comparativo de la ganancia de calor.							
4.1.-Edificio de referencia							
4.1.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)							
Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente global de transferencia de calor (W / m² K) [K]	Área total del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (C°) [te]	Temperatura interior (C°) [ti]	Ganancias de calor por conducción ϕ_{rc} [K°A°F(t _e -t _i)]	
Muro Oeste		72.4	0.90				0.9 indica que se considera el 90% de la sup. total como elemento opaco
Ventana Oeste			0.10				1 indica que se considera el 100% de la sup. total como elemento opaco
Superficie inferior		147.8	1				
Muro Sur		214.1	0.90				
Ventana Sur			0.10				
Muro Este		72.4	0.90				0.1 indica que se considera el 10% de la sup. total como elemento transparente
Ventana Este			0.10				
Muro Norte		207.5	0.90				
Ventana Norte			0.10				
Techo		388.1	1				0 indica que se considera el 0% de la sup. total como elemento transparente (muros en colindancia)
Tragaluz y domo			0				

Fig. 6.13 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Áreas.

B CÁLCULO DE EDIFICIO DE REFERENCIA

Calculo de ganancias por conducción. Edificio de Referencia.

Una vez identificados los componentes de la envolvente con sus respectivas áreas, se puede proceder a efectuar el cálculo de las **ganancias por conducción**, para lo cual necesitamos completar el formato de la hoja 4 del **Anexo C** de la Norma.

En la Fig. 6.14 se muestra de qué parte de la Tabla 1 del Anexo A de la Norma tomaremos la información necesaria para el cálculo de ganancias por conducción del edificio de referencia y en qué parte de la sección 4.1 se vacía esa información.

Este procedimiento está ilustrado en la Fig. 6.14 en el siguiente orden:

- ① Localice en la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma el estado y ciudad en la que se encuentra el proyecto. En este caso, Playa del Carmen.
- ② Identifique el valor de **K** que va a utilizar para muros, ventanas, techos y domos. Para este ejemplo se utilizan los valores de un edificio habitacional de tres niveles o menos, los cuales son iguales para muros y para techos. Este valor (que para este ejemplo es de $0.526 \text{ W/m}^2\text{K}$) será utilizado para todas las partes opacas de la envolvente.
- ③ Para el techo y todos los muros, escriba el valor de **K** identificado ($0.526 \text{ W/m}^2\text{K}$) en la segunda columna de la hoja 4 (sección 4.1.1) de los Formatos para Informar el Cálculo Energético que están en la Norma.
- ③' Para ventanas, domos y tragaluces, escriba el valor de **K** que marca la Norma en su sección 7.1.2.1. Para partes transparentes en paredes: $5.319 \text{ W/m}^2\text{K}$

y para partes transparentes en techos⁴: $5.952 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- ④ Identifique los valores de Temperatura Equivalente (**te**) que va a utilizar para las partes opacas: superficie inferior, techo y muros. Para el edificio de referencia siempre se utilizan los valores de muro masivo, pero estos varían según su orientación. Identifique los valores de **te** para partes transparentes: tragaluz, domo y ventana. Tenga en cuenta que los valores para ventanas varían según su orientación.
- ⑤ En la quinta columna de la hoja 4 (sección 4.1.1) de los Formatos para Informar el Cálculo Energético que están en la Norma escriba los valores de **te** identificados. Note como, para este ejemplo, el valor de **te** para el muro con orientación Oeste es de 33°C . Del mismo modo, el valor de **te** para la ventana Oeste es de 29°C .
- ⑥ Identifique el valor de Temperatura Interior (**t**) que va a utilizar. En este caso, el valor es 25°C . Este valor se utilizará en todas las partes de la envolvente.
- ⑦ Escriba el valor de **t** (que para este ejemplo es de 25°C) en la sexta columna de la hoja 4 (sección 4.1.1) de los Formatos para Informar el Cálculo Energético que están en la Norma.
- ⑧ Una vez que tenemos todos los datos de la sección 4.1.1, columnas 1 a la 6, se puede proceder a calcular las ganancias por conducción del edificio de referencia. Para eso, simplemente se multiplican los valores de las columnas 2, 3 y 4 (**K*A*F**) por la diferencia de la columna 5 menos la columna 6 (**te-t**).

⁴ El valor **K** para partes transparentes en techos no se utiliza en el cálculo ya que el edificio de referencia considera el techo como 100% opaco.

B CÁLCULO DE EDIFICIO DE REFERENCIA

Cálculo de ganancias por radiación. Edificio de referencia.

Una vez calculadas las ganancias por conducción, el siguiente paso es el cálculo de las ganancias por radiación, para lo cual necesitamos completar la parte inferior del formato, sección 4.1.2 de la hoja 4 del Anexo C de la Norma.

En la Fig. 6.15 se muestra de qué parte de la Tabla 1 del Anexo A de la Norma tomaremos la información necesaria para el cálculo de ganancias por radiación del edificio de referencia y en qué parte de la sección 4.1.2 se vacía esa información.

Este procedimiento está ilustrado en la Fig. 6.15 en el siguiente orden:

- ① Localice en la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma el estado y ciudad en la que se encuentra el proyecto. En este caso, Playa del Carmen.
- ② El valor de **CS** que va a utilizar para el edificio de referencia es siempre **1.0** para todas las partes transparentes, cualquiera que sea su orientación.
- ②' Es importante recordar que el techo, en el edificio de referencia, se considera 100% opaco. Por lo que las ganancias por radiación, en el componente techo, siempre serán igual a cero para el edificio de referencia.
- ③ En la sección 4.1.2, de la hoja 4 del formato para informar el presupuesto energético, los datos del área total del edificio (**A**), requeridos en la columna 3, son los mismos que se llenaron previamente para la columna 3 de la sección 4.1.1 (cálculo por conducción).

Del mismo modo, los datos de la columna 4 (fracción de la componente, **F**), se llenan con los datos para

ventanas de la columna 4, sección 4.1.1. Ver Fig. 6.14.

- ④ Identifique los valores de Factor de Ganancia Solar Promedio (**FG**) que va a utilizar para las partes transparentes en todas sus orientaciones.

Copie los valores de **FG** para la orientación correspondiente en la quinta columna de la sección 4.1.2.

- ⑤ Una vez que tenemos todos los datos de la sección 4.1.2, columnas 1 a la 5, podemos proceder a calcular las ganancias por radiación del edificio de referencia. Para eso, simplemente se multiplican los valores de las columnas 2, 3, 4 y 5 ($CS \cdot A \cdot F \cdot FG$) y se escribe el resultado en la columna 6.

En este ejemplo, el resultado de las ganancias por radiación ($CS \cdot A \cdot F \cdot FG$) para el componente **techo** es de **0.0 W** ya que para el edificio de referencia se considera como 100% opaco, por lo tanto, sin ganancias por radiación. El componente que resulta con mayores ganancias por radiación es el conjunto de las ventanas con orientación Sur, con ganancias por radiación de 2548.27 W (ver Fig. 6.15).

- ⑥ De este modo, al sumar las ganancias por radiación de cada componente, tenemos que, para este ejemplo, la **ganancia** de calor por **radiación** para el edificio de **referencia** es de **6583.58 W**.

Finalmente, se deben sumar los resultados de las ganancias de calor por conducción y radiación para el edificio de referencia, en este caso, las **ganancias totales** de calor para el edificio de **referencia** son:

14,245.34 W.



Este valor será utilizado posteriormente para compararlo con el resultado del edificio proyectado y, de este modo, determinar si el edificio cumple con la Norma.

B CÁLCULO DE EDIFICIO DE REFERENCIA

F₄ 4.1
B 4.1.2

Estado	Ciudad	K de referencia (W/m2K)		CONDUCCIÓN												RADIACIÓN TRANSPARENTE				Barrera para vapor						
				OPACA						TRANSPARENTE						Factor de ganancia solar promedio FG (W/m2)										
		Temperatura equivalente promedio (°C)												Tragaluz y domo							N E S O					
		Hasta 3 niveles conjunto horizontal con muros compartidos		Más de 3 niveles		T interior	Superficie inferior	Techo	Muro masivo			Muro ligero						Tragaluz	Ventanas							
Techo y muro	Techo	Muro				N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O									
QUERÉTARO	Querétaro	0.833	0.833	0.909	24	26	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	274	91	137	118	146	
	San Juan del Rio	0.833	0.833	0.909	24	24	34	22	24	23	23	27	30	29	29	20	21	22	22	22	274	91	137	118	146	
QUINTANA ROO	Cozumel	0.526	0.526	0.714	25	30	44	30	33	31	32	35	39	37	38	25	27	28	28	28	284	95	152	119	133	si
	Chetumal	0.526	0.526	0.625	25	31	45	31	34	32	32	36	40	38	39	26	27	28	29	29	284	95	152	119	133	si
	Cancún	0.526	0.526	0.625	25	31	46	32	35	33	34	37	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	si
	Playa Carmen	0.526	0.526	0.625	25	31	45	31	35	33	33	36	41	39	40	26	28	29	29	29	284	95	152	119	133	si

Extracto de Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. Valores para cálculo por conducción edificio de referencia.

Nota: mismos datos que en el cálculo por conducción. Sección 4.1.1. Ver. Fig. 6.13.

4.1.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} * CS_j * FG_i * SE_{ij}]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de sombreado [CS]	Área total del edificio proyectado (m²) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de calor (W/m2) [FG]	Ganancias de calor por radiación φ _{rs} [CS*A*F*FG]
Tragaluz y domo	1.0000	0	0	284	0.00
Ventana Norte	1.0000	207.50	0.1	95	1,971.63
Ventana Este	1.0000	72.4	0.1	152	1,100.63
Ventana Sur	1.0000	214.1	0.1	119	2,548.27
Ventana Oeste	1.0000	72.4	0.1	133	963.05
Subtotal					6,583.58

F₇ 5.1 **D**

Fig. 6.15 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.2. Valores CS y FG.

1.29. CÁLCULO DEL EDIFICIO PROYECTADO. VIVIENDA EN CONJUNTO HORIZONTAL.

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

La tercera etapa del cálculo del presupuesto energético es el cálculo del edificio proyectado.

Al igual que el edificio de referencia, para el edificio proyectado también se inicia identificando los elementos de la envolvente y sus componentes.

En la Fig. 6.16 se muestran los elementos de la envolvente con su nomenclatura y las áreas requeridas para el cálculo. Es importante destacar que estas áreas, a diferencia del edificio de referencia, se consideran restando las áreas de ventanas, huecos, domos, etc., como se indica en la Fig. 6.11.

Se ordenarán estos componentes en una tabla, según su orientación como se muestra en la Fig. 6.11. En esta tabla se incluye la nomenclatura del componente, su orientación, área de la componente opaca para una vivienda, área de la componente transparente para una vivienda y, para este ejemplo de 6 viviendas en conjunto horizontal, la suma de las áreas de las seis viviendas en m^2 para cada orientación de los componentes opacos y transparentes.

Una vez que hemos cuantificado las áreas, podemos llenar esa información en la hoja 5, sección 4.2.1 de los formatos para informar el presupuesto energético que se encuentra en el Anexo C de la Norma.

Como se puede apreciar en la Fig. 6.17, en la primera columna del formato se llena el nombre de la porción de la envolvente y su orientación. En este caso, se ha utilizado el primer renglón para llenar la información del componente techo.

En la cuarta columna se escribe el área (**A**) en m^2 del componente (muro, techo, etc), descontando áreas de ventanas, puertas, domos y multiplicando por el

número de unidades de vivienda, en este caso, seis viviendas.

Del mismo modo, se cuantifican las ventanas. Sumando el área de todas las partes transparentes en una misma orientación y multiplicando ese valor por el número de viviendas; y colocando el valor obtenido en la cuarta columna. Ver Fig. 6.11 y Fig. 6.17. Este procedimiento se hace para todos los muros, techos, superficies inferiores y sus partes transparentes si las tuvieran.

Cálculo de ganancias por conducción. Edificio proyectado. Cálculo del valor K.

A diferencia del edificio de referencia, para calcular las ganancias de calor por conducción en el edificio proyectado, debemos calcular el valor de **K** para cada elemento de la envolvente.

Con la información recabada del proyecto arquitectónico se debe llenar, si la porción es homogénea, la sección 3.1 de los formatos para informar el presupuesto energético que se encuentra en el Anexo C de la Norma. Y las secciones 3.1, 3.2, y 3.3 si la porción es no homogénea.

En la Fig. 6.18 se ilustra cómo se debe llenar el formato 3.1 para calcular el valor **K** de una superficie homogénea; en este caso los muros MS₂, ME₂, MN₂, MN₁, MN₂ y MO₂. Compuestos de mortero de cal al interior y exterior y tabique industrializado.

Los datos de las dos primeras columnas del formato 3.1 (Fig. 6.18), el nombre del material y espesor de la capa en metros (**I**), se obtienen de la información del proyecto arquitectónico. El valor de conductividad térmica (**λ**) de las capas (tercera columna del formato 3.1) se obtiene ya sea del Apéndice Informativo D de la Norma o del certificado del material, emitido por la autoridad competente, (para aislantes térmicos que cumplan con la NOM-018-ENER).

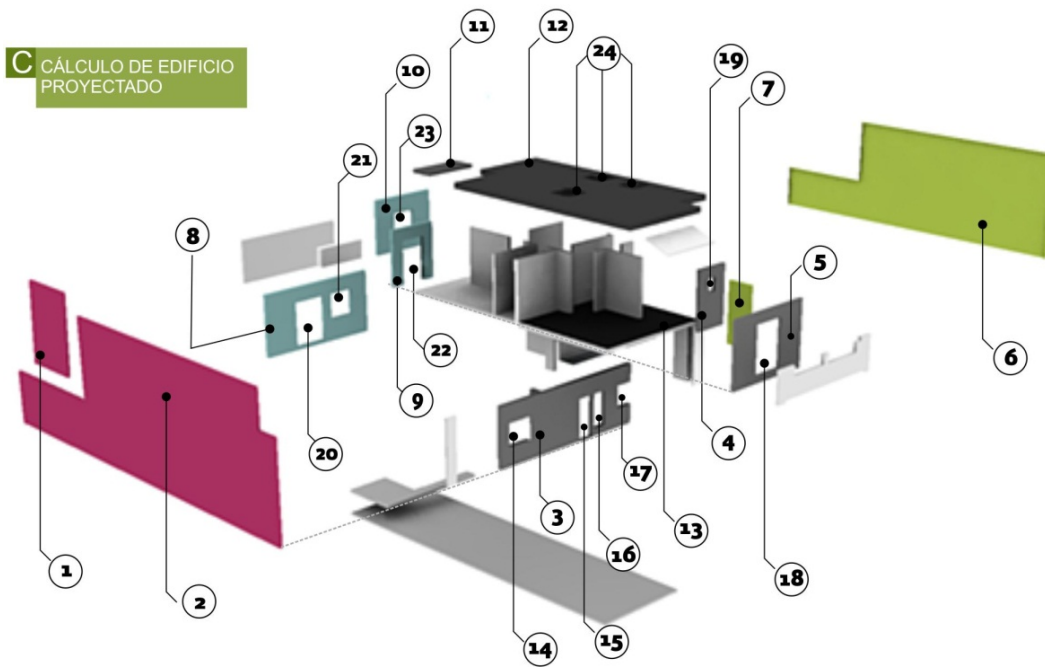


Fig. 6.16 Cálculo del edificio proyectado. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

		ÁREA MENOS VANOS	TOTAL
CONJUNTO 6 VIVIENDAS			
1	MO2	20.97	MO
2	MO1	51.44	72.41
3	MS3	63.96	
4	MS2	32.52	
5	MS1	67.5	MS
6	ME1	51.44	ME
7	ME2	20.97	72.41
9	MN1	43.26	
10	MN2	32.28	MN
8	MN3	73.38	148.97

F₅
4.2
C
4.2.1
F₆
4.2.2

4.- Cálculo comparativo de la ganancia de calor.(continuación)

4.2.-Edificio proyectado

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

$$\dot{q}_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j \cdot A_j \cdot (t_e - t_i)]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Número de la porción (**)	Valor calculado (W / m ² ·C) (***)	Subtotal (1) *****	Subtotal (2)	Subtotal (3)
1.1 Techo (balcón) PB		17.46			
1.1 Techo Planta Alta		367.756			
3.1 Domo Techo		2.88			
1.6 Superficie Inferior		147.84			
4.2 Muro norte 1		43.26			
4.2 Muro norte 2		32.28			
4.2 Muro norte 3 (MN3)		73.38			
5.2 Ventana norte		58.57			

HOJA 5 de 7

Fig. 6.17 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Áreas.

3.- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente. (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción **Tabique. Int: Mortero. Ext: Mortero**

Componente de la envolvente: **Techo** _____ **Pared** **X** _____

Material (**)	Espesor (M) l	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (***)	Aislante Térmico (m ² ·W) Fórmula [l / (h o λ)]
	1.000	13.00	0.077
Mortero de cal al exterior	0.010	0.872	0.011
Tabique industrializado certificado	0.115	0.110	1.045
Mortero de cal al interior	0.010	0.698	0.014
Convección interior (****)	1.000	8.100	0.123
Para obtener el aislamiento térmico total se debe sumar la M de todos los materiales y la convección exterior e interior [Fórmula M = Σ M]			M 1.2716 m ² /W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (K) [Fórmula K = 1/M]			K 0.7864 W/m ² K

HOJA 3 de 7

Todos los muros que sean de los mismos materiales, llevarán el mismo número de porción. En este caso los muros MS2, ME2, MN2, MN1, MN2 y MO2 son porción 1: tabique con mortero de cal al interior y exterior.

De las especificaciones del proyecto arquitectónico. Ver Figs. 6.5 a 6.7.

Del Apéndice Informativo **D** de la NOM-020, o del certificado del producto.

Se divide el espesor de la capa en metros (**l**), entre la conductividad (**λ**).

Se suman todos valores de (**l/λ**) de cada capa.

Del Apéndice Normativo **B** de la NOM-020.

Datos de la Tabla 1 del Apéndice **A** de la Norma. Ver Fig. 6.13.

Superficie no homogénea. Ver explicación en la siguiente hoja.

Se multiplican los valores de las columnas 3 y 4 (**K·A**) por la diferencia de la columna 5 menos la columna 6 (**te-ti**).

Valor obtenido del certificado del producto.

4.- Cálculo comparativo de la ganancia de calor.(continuación)

4.2.-Edificio proyectado

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

$$\phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t_i)]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Número de la porción (**)	Valor calculado de la porción (W / m ² ·C) [K] (***)	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Temperatura equivalente (C°) [te]	Temperatura interior(C°) [ti]	Ganancias de calor por conducción φ pc (****) [K·A·(te-t)]
1.1 Techo (balcón) PB	6	0.2860	17.46	45	25	99.86
1.1 Techo Planta Alta	6	0.2860	367.756	45	25	2,103.40
3.1 Domo Techo	5	1.6520	2.88	26	25	4.76
1.6 Superficie Inferior	7	0.3045	147.84	31	25	270.13
4.2 Muro norte 1 (MN1)	1	0.7854	43.30	31	25	204.30
4.2 Muro norte 2 (MN2)	1	0.7864	32.29	31	25	152.37
4.2 Muro norte 3 (MN3)	2	0.7861	73.37	31	25	346.06
5.2 Ventana norte	5	1.6520	58.57	28	25	290.29
Subtotal (1) *****						
Subtotal (2)						
Subtotal (3)						

HOJA 5 de 7

Fig. 6.18 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 4.2.

Los valores de convección exterior (**he**) e interior (**hi**) se colocan en el primer y último renglón de la tercera columna del formato 3.1. Para muros, estos

valores serán siempre 13 y 8.1 W/mK respectivamente.

Cálculo del valor K - No homogéneas

Para las superficies no homogéneas, se requieren llenar las secciones 3.1, 3.2 y 3.3 del formato para informar el presupuesto energético, incluidos en la Norma en su Apéndice C.

En la Fig. 6.19 se puede observar que la porción no homogénea se compone de capas homogéneas, las cuales recorren uniformemente (sin interrupciones) toda el área de la losa. Estas capas se calculan como se ilustra en la Fig. 6.18.

En la Fig. 6.19 se observan también las porciones no homogéneas, las cuales se tienen diferentes proporciones (porcentajes con respecto al área total de la losa) y se presentan de forma no continua a lo largo de la losa. Consultar el Capítulo 3 de este manual para la definición de componentes con porciones no homogéneas y las fórmulas que se utilizan para su cálculo (Fig. 3.7, Fig. 3.8 y Fig. 3.9).

Las secciones 3.1 y 3.2 que se utilizan para el cálculo de la porción no homogénea están ilustradas en la Fig. 6.20.

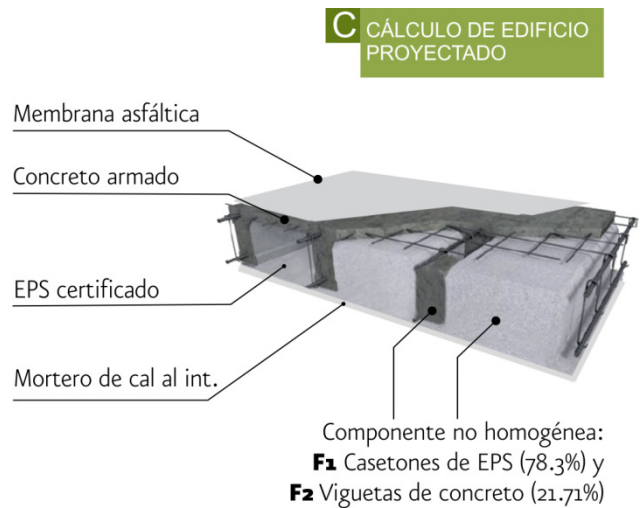


Fig. 6.19 Identificación de capas homogéneas y porciones no homogéneas para cálculo de valor K.

3.- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente. (*) (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción No homogénea (l) losa vigueta bovedilla EPS Número (**) 6

Componente de la envolvente: Techo Pared

Área de la componente en m² (A) 61.77 Alto X Ancho

Área que ocupa la componente no homogénea 1 48.3659

Fracción de la combinación (F1) (b) 78.30%

Área que ocupa la componente no homogénea 2 13.4041

Fracción de la combinación (F2) 21.70%

Área que ocupa la componente no homogénea 3

Fracción de la combinación (F3)

3.2.- Aislamiento térmico parcial.

Material (**)	Espesor (M) l	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (***)	Aislante Térmico (m ² K/W) Fórmula [l / (h o λ)]
Convección exterior (****)	1.000	13.000	0.077
1.Membrana asfáltica	0.003	0.170	0.018
2.Concreto armado	0.050	1.740	0.029
3.EPS Certificado	0.050	0.034	1.471
4.Mortero de cal al interior	0.010	0.698	0.014
Convección interior	1.000	6.600	0.152

Para obtener el aislamiento térmico parcial sumar la M de todos los materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M_{parcial} = \sum M$]

$M_{parcial}$ 1.760 m²K/W

Número de porción, escribir en la segunda columna de la sección 4.2.1. Ver Fig. 6.17.

Área total de la componente (losa).

Área y porcentaje (F1) de la losa que es de bovedilla.

Área de la losa que es de vigueta.

Porcentaje de la losa que es de vigueta (F2).

Del Apéndice Normativo B de la NOM-020. Convección exterior siempre es 13 W/mK y convección interior siempre es 6.6 W/mK para techos. Nota: Para la superficie inferior, este coeficiente de convección interior siempre es 9.4 W/mK.

Se divide el espesor de la capa en metros (l), entre la conductividad (λ). Ver Fig. 6.17.

Se suman todos valores de (l/λ) de cada capa homogénea. Este resultado se conoce como Mparcial (Σ) y será sumado en la sección 3.3 del formato para informar el presupuesto energético.

Fig. 6.20 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 3.2. Valor M superficies no homogéneas.

F₅ 4.2.1

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

3.- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente.* (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.3.-Aislamiento térmico parcial ($M_{parcial}$) **1.760** ①

Fracción (**)	Material (***)	Grueso (m) g (****)	Conductividad Térmica (W/mK) h o λ (*****)	(g/λ)
F1.- 0.78 ②	EPS Certificado	0.100	0.0340	2.941
				$\Sigma [g/\lambda_i]$ 2.941 ③
				$\Sigma \frac{F_i}{M_{parcial} + (g/\lambda_m)} =$ 0.167 ④
F2.- 0.22 ⑤	Concreto armado	0.100	1.7400	0.057
				$\Sigma [g/\lambda_2]$ 0.057 ⑥
				$\Sigma \frac{F_2}{M_{parcial} + (g/\lambda_m)} =$ 0.119 ⑦
				$\Sigma_{i=1, j=1}^{n,m} \frac{F_i}{M_{parcial} + (g/\lambda_m)} =$ 0.286 ⑧
				$M = \frac{1}{\frac{F_1}{M_{parcial} + (g/\lambda_1)} + \frac{F_2}{M_{parcial} + (g/\lambda_2)} + \dots + \frac{F_n}{M_{parcial} + (g/\lambda_n)}}$ $M =$ 3.4968 ⑨ m^2K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (K) [Fórmula $K = 1 / M$]				$K =$ 0.2860 W/m^2K

Resultado **Mparcial** de la sección 3.2. Ver Fig. 6.20.

Porcentaje de la losa que es de bovedilla de EPS (**F1**) y porcentaje de la losa que es de vigueta de concreto armado (**F2**). Ver Fig. 6.19.

Se divide el grueso de la fracción en metros (**g**), entre la conductividad (**λ**).

Se suma el resultado de (**g/λ**) si hubiera varias fracciones.

Se divide el porcentaje de la fracción **F1** ② entre **Mparcial** ① y la sumatoria de (**g/λ**) ③.

Se divide el porcentaje de la fracción **F2** ⑤ entre **Mparcial** ① y la sumatoria de (**g/λ**) ⑥.

Se suman los resultados parciales de todas las fracciones. En este caso ④ y ⑦.

Se divide 1 entre ⑧ para obtener el valor de aislamiento térmico **M** de la componente no homogénea (losa).

Se divide 1 entre **M** para obtener el valor de **K** que se requiere ingresar en la sección 4.2.1. Ver Fig. 6.18.

Fig. 6.21 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 3.3. Valor K superficies no homogéneas.

En este ejemplo de vivienda en conjunto horizontal, los valores de **K** para los muros restantes MS1 y MN3 y la puerta exterior, se calculan también como superficies homogéneas (ver Capítulo 3 de este manual). La superficie inferior (losa por encima del estacionamiento), se calcula como una superficie no homogénea como se indica en las Fig. 6.19 a Fig. 6.21, recordando que el coeficiente de convección interior para superficie inferior es de 9.4 W/mK. El valor **K** para las ventanas ha sido obtenido directamente del certificado del producto y es de 1.652 W/m²K, por lo que se llena ese valor directamente en la sección 4.2.1.

Una vez calculados todos los valores de **K** para todas las partes, se puede completar la sección 4.2.1 del formato para informar el presupuesto energético. El resultado de las **ganancias por conducción del edificio proyectado** (sumando las ganancias de todos los componentes, registrados en la séptima columna de la sección 4.2.1), es de **5,871.69 W**.

F₇ 5.1 **D**

El formato completo para el cálculo de ganancias por conducción para el edificio proyectado, se presenta en la Fig. 6.22.

4.- Cálculo comparativo de la ganancia de calor.(continuación)

4.2.-Edificio proyectado

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

$$\varphi_{pci} = \sum_{j=1}^n [K_j * A_{ij} * (t_{ei} - t)]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Número de la porción (**)	Valor calculado (W / m²·C) [k] (***)	Área del edificio proyectado (m²) [A]	Temperatura equivalente (C°) [te]	Temperatura interior(C°) [t]	Ganancias de calor por conducción φ_{pc} (****) [k*A*(te-t)]
1.1 Techo (balcón) PB	6	0.2860	17.46	45	25	99.86
1.1 Techo Planta Alta	6	0.2860	367.756	45	25	2,103.40
3.1 Domo Techo	5	1.6520	2.88	26	25	4.76
1.6 Superficie Inferior	7	0.3045	147.84	31	25	270.13
4.2 Muro norte 1 (MN1)	1	0.7854	43.30	31	25	204.30
4.2 Muro norte 2 (MN2)	1	0.7864	32.29	31	25	152.37
4.2 Muro norte 3 (MN3)	2	0.7861	73.37	31	25	346.06
5.2 Ventana norte	5	1.6520	58.57	28	25	290.29
4.3 Muro este 1	1	0.7854	20.97	35	25	164.91
4.3 Muro este 2	1	0.7854	51.44	35	25	404.52
4.4 Muro sur 1	3	0.7772	67.52	33	25	419.81
4.4 Muro sur 2	1	0.7854	32.57	33	25	204.90
4.4 Muro sur 3	1	0.7854	63.92	33	25	402.13
4.4 Puerta sur	4	0.5807	11.46	39	25	93.14
5.4 Ventana sur	5	1.6520	38.68	29	25	255.58
4.5 Muro oeste 1	1	0.7854	51.44	33	25	323.62
4.5 Muro oeste 2	1	0.7854	20.97	33	25	131.93
Total						5,871.69

* Abreviar considerando tipo: 1 Techo, 2 Tragaluz, 3 Domo, 4 Muro y 5 Ventana, y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur, 5 oeste y 6 superficie inferior. Por ejemplo 4.2 corresponde a un muro en la orientación norte.
 ** Número consecutivo asignado en el inciso 3.1
 *** Valor obtenido en el inciso 3.1
 **** Si los valores son negativos significan una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente
 ***** Cuando el número de porciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una hoja, utilice el subtotal 1 para la primera hoja, y así sucesivamente.

HOJA 5 de 7

El valor de **te** se toma de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. Únicamente la puerta se considera como muro ligero y, en ese caso, orientación Sur.
 * Ver Fig. 6.14.

F₇ 5.1 D

Fig. 6.22 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Edificio proyectado.

Cálculo de ganancias por radiación. Edificio proyectado.

A continuación, se deben calcular las ganancias por radiación para las partes transparentes del edificio proyectado.

A diferencia del edificio de referencia, en donde el Coeficiente de Sombreado (**CS**) es siempre uno (**1.0**) para todas las ventanas; para el edificio proyectado el **CS** se debe obtener del certificado del producto. En este caso, **CS** = **0.441** y, como todas las ventanas tienen la misma especificación constructiva, el valor de **CS** es igual para todas las ventanas. Sin embargo, si las ventanas del proyecto variaran en su material, es de esperarse que el coeficiente de sombreado también varíe.

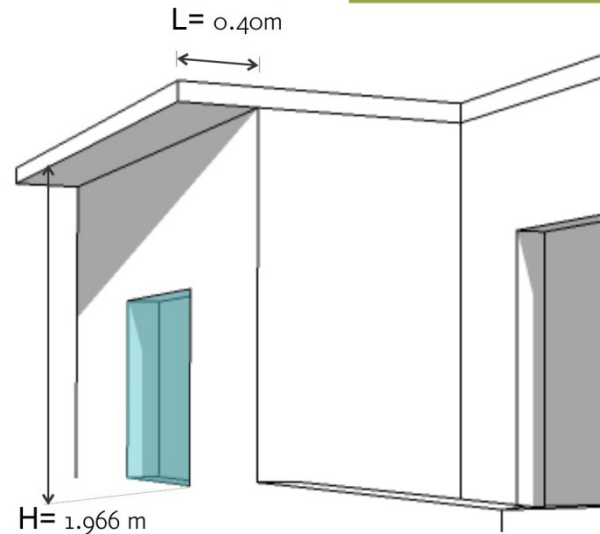
Una diferencia significativa en el cálculo de ganancias por radiación en el edificio proyectado es la aparición del Factor de Sombreado Exterior (**SE**); que toma en cuenta el efecto que los dispositivos de sombra exteriores (volados y partesoles) tienen sobre las ventanas. Si una ventana no tiene protección solar exterior, el valor de **SE** será siempre uno (**1.0**).

En este ejemplo, las ventanas MN1-V1, MS3-V1, MS3-V2, MS3-V3 y MS1-V4 son las únicas que tienen algún tipo de sombreado exterior (ver Fig. 6.4 y Fig. 6.10), por lo que se deberán ocupar las Tablas 2-5 del Apéndice Normativo A de la NOM 020 para calcular el valor de **SE**, dependiendo del tipo de sombreado de cada ventana.

La ventana Norte, **MN1-V1**, está sombreada por el volado de la losa de azotea que se extiende más allá de los límites de la ventana, por lo que se utilizará la **Tabla 2** para calcular el valor de **SE**.

Las dimensiones del volado y de la ventana se MN1-V1, se ilustran en la Fig. 6.23. Se observa que la proporción **L/H** es igual a 0.20, por lo que el valor de **SE** que se utilizará de acuerdo a la latitud de Playa del Carmen (Zona 1), en la Tabla 2 es de **0.90**.

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO



F₆ 4.2.2

L/H = 0.20

L/H	NORTE	
	I (*)	II (**)
0.00	1.00	1.00
0.10	0.94	0.94
0.20	0.90	0.90
0.30	0.86	0.88
0.40	0.84	0.84
0.50	0.82	0.82
0.60	0.80	0.80
0.70	0.79	0.79
0.80	0.78	0.78
1.00	0.76	0.75
1.20	0.74	0.73

(*) ZONA I (latitud desde 33° y hasta 23°)
 (**) ZONA II (latitud menor de 23° y hasta 14°)

Extracto de Tabla 2 del Apéndice A de la Norma. Factores **SE**.

Fig. 6.23 Sombreado de ventana MN1-V1. Valores L y H.

La ventana MS₁-V₄ de la recámara principal tiene un volado y las ventanas MS₃-V₁, MS₃-V₂ y MS₃-V₃ están sombreadas por la losa de la cochera. Para efectos de cálculo, se consideraran todas ellas como sombreadamiento con extensión lateral hasta los límites de la ventana, por lo que se utilizará la Tabla 3 para calcular el valor de SE.

Para el caso de la ventana **MS₁-V₄**, ubicada en la planta alta, en la recámara principal los valores de **L**, **H**, y **W** se ilustran en la Fig. 6.26. Siendo las proporciones:

$$L/H = 1.55 / 2.22 = \mathbf{0.698}$$

$$W/H = 1.40 / 2.22 = \mathbf{0.631}$$

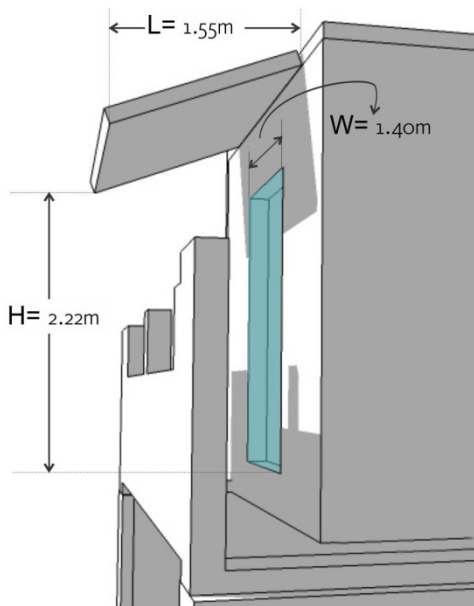


Fig. 6.24 Sombreado de ventana MS₁-V₄. Valores L, H y W.

Como se puede observar, ninguno de los valores de **L/H** y **W/H** se encuentra exactamente en la Tabla 3: Ventanas al Sur con latitud de 23° hasta 19°. Por lo tanto, para obtener el valor de **SE**, se tendrá que realizar el procedimiento de interpolación para dos variables descrito en el Capítulo 4 de este manual. Es valor de **SE** buscado para la ventana MS₁-V₄ es igual a **0.692**.

Valores para la interpolación MS₃-V₁, MS₃-V₂ y MS₃-V₃

Ventanas al Sur con latitud de 23° hasta 19°			
W/H →	0.5	1	2
L/H			
0.0	1.00	1.00	1.00
0.1	0.92	0.91	0.91
0.2	0.87	0.84	0.84
0.3	0.82	0.79	0.77
0.4	0.79	0.74	0.72
0.5	0.75	0.71	0.67
0.6	0.73	0.67	0.63
0.7	0.71	0.64	0.60
0.8	0.70	0.62	0.57
1.0	0.68	0.60	0.53
1.2	0.67	0.58	0.50

Valores para la interpolación de MS₁-V₄.

Fig. 6.25 Extracto de Tabla 3 del Apéndice A de la Norma. Factores SE.

Para el caso de las ventanas MS₃-V₁, MS₃-V₂ y MS₃-V₃, ubicadas en la planta baja, también se deberá realizar un procedimiento de interpolación. Los valores de **L**, **H**, y **W** se ilustran en la Fig. 6.26. Siendo las proporciones para MS₃-V₁:

$$L/H = 5.48 / 1.39 = \mathbf{3.942} \quad (\mathbf{Y})$$

$$W/H = 1.20 / 1.39 = \mathbf{0.863} \quad (\mathbf{X})$$

Para MS₃-V₂:

$$L/H = 5.48 / 2.02 = \mathbf{2.713} \quad (\mathbf{Y})$$

$$W/H = 0.644 / 2.02 = \mathbf{0.319} \quad (\mathbf{X})$$

Para MS₃-V₃:

$$L/H = 5.48 / 1.39 = \mathbf{3.942} \quad (\mathbf{Y})$$

$$W/H = 0.844 / 1.39 = \mathbf{0.607} \quad (\mathbf{X})$$



Fig. 6.26 Sombreado de ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3. Valores L, H y W.

Se puede observar en la Fig. 6.25 que el valor máximo de **L/H** es igual a 1.2, y para las ventanas MS3-V1 y MS3-V3, este valor es de **3.942**. Del mismo modo, el valor **W/H** para la ventana MS3-V2 es de **0.319**, y el menor valor de **W/H** encontrado en la tabla es de 0.5.

Si los valores de **L/H** o **L/W** se encuentran entre dos valores dados en tabla, o si están fuera del rango de valores contemplados en la tabla, como es el caso para las ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3, es necesario realizar un procedimiento de interpolación para encontrar los valores de **SE**. (Ver Capítulo 5 de este manual). Los valores utilizados para la interpolación de las ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3 se encuentran indicados en la Fig. 6.25 y en la Fig. 6.27.

A continuación se explica el procedimiento de interpolación para las ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3.

Valores para interpolación. Ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3.

W/H		X _n	X _{n+1}
		0.5	1
L/H			
Y _n	1.0	0.68	0.60
Y _{n+1}	1.2	0.67	0.58

F₆ 4.2.2

$$F_x = \frac{(X - X_n)}{(X_{n+1} - X_n)} \quad F_y = \frac{(Y - Y_n)}{(Y_{n+1} - Y_n)}$$

Fórmulas para calcular F_x y F_y. Procedimiento interpolación.

Fig. 6.27 Procedimiento de interpolación de ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3.

Los valores de **W/H** para MS3-V1 (**X=0.863**) y MS3-V3 (**X=0.607**) se encuentran entre 0.5 y 1.0, por lo que se requiere un cálculo adicional para encontrar un valor que llamaremos **F_x**.

Para la ventana MS3-V2 el valor **W/H** ó **X=0.319**, es decir, menor que el valor más bajo (0.5) de la tabla.

Cuando los valores de **W/H** o **L/H** son menores o mayores a los valores mínimos y máximos de la tabla, se utilizan los dos últimos valores (máximos o mínimos) para calcular **F_x** o **F_y**.

Este es el caso de los valores **L/H (Y)** de las tres ventanas, en donde los valores son mayores que el valor máximo de 1.2 encontrado en la Tabla, por lo que se utiliza este valor y el inmediato anterior (1.0) para el cálculo de **F_y**.

Para la ventana **MS3-V1** el valor de **(X)** o **W/H** es de **0.863**, y el valor de **(Y)** o **L/H** es de **3.942**, con estos valores, la Ecuación 6, la Ecuación 7 (ilustradas en la Fig. 6.27) y con los valores para interpolación mostrados en la Fig. 6.27 podemos calcular los valores de **F_x** y **F_y** de la siguiente manera:

$$F_x = \frac{(0.863 - 0.5)}{(1 - 0.5)} = 0.727$$

$$F_y = \frac{(3.942 - 1)}{(1.2 - 1)} = 14.712$$

Los valores de **F_x** y **F_y** y los valores indicados con **a**, **b**, **c** y **d** en la Fig. 6.27, se utilizan para calcular el valor de **SE** para la ventana **MS3-V1**, empleando la Ecuación 8:

$$SE = (F_x)(F_y)(d - c - b + a) + F_x(b - a) + F_y(c - a) + a$$

Sustituyendo los valores de **F_x** y **F_y** y los valores indicados con **a**, **b**, **c** y **d** en la Fig. 6.27, tenemos:

$$SE = 0.727 * 14.712 (0.58 - 0.67 - 0.60 + 0.68) + 0.727 (0.60 - 0.68) + 14.712 (0.67 - 0.68) + 0.68$$

$$SE = 10.695 (-0.01) + 0.727 (-0.08) + 14.712 (-0.01) + 0.68$$

$$SE = -0.107 - 0.058 - 0.1471 + 0.68$$

$$MS3-V1: SE = 0.368$$



Para las ventanas **MS3-V2** y **MS3-V3** se sigue el mismo procedimiento de interpolación, de tal manera que se obtienen los siguientes valores:

MS3-V2:

$$F_x = -0.362, \quad F_y = 8.564$$

$$SE = 0.654$$



MS3-V3:

$$F_x = 0.214, \quad F_y = 14.712$$

$$SE = 0.484$$



Una vez calculados todos los valores de Factor de Sombreado **SE** para las ventanas, se procede a llenar el formato para informar el cálculo de ganancias por radiación del edificio proyectado, en la hoja 6, sección 4.2.2 como se ilustra en la Fig. 6.28.

Se puede observar como las columnas 1 y 2 corresponden a la descripción de la parte transparente y su material. La columna 3 es el valor de Coeficiente de sombreado **CS**, que para el edificio proyectado se obtiene del certificado del producto y que, para este caso, es de 0.44. La cuarta columna corresponde al área de la parte transparente, y en este caso, multiplicada por 6 (el número de viviendas calculadas).

La columna 5 corresponde a los valores de Ganancia de Calor **FG** que, al igual que en el edificio de referencia, se obtienen de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma, dependiendo de la orientación del elemento transparente. (Ver Fig. 6.15).

Las columnas 6 y 7 corresponden a los valores de **SE** calculados individualmente para cada ventana o elemento transparente que tenga algún dispositivo de sombra y con valor 1 para los elementos transparentes que no tengan elementos de sombra.

Para calcular las ganancias de calor por radiación de cada elemento transparente, se multiplican los valores de **(CS * A * FG * SE)**.

Para determinar la ganancia total por radiación en el **edificio proyectado** se suman las ganancias parciales de cada elemento transparente. En este caso la **ganancia total por radiación** es de

$$4,035.15 \text{ W.}$$



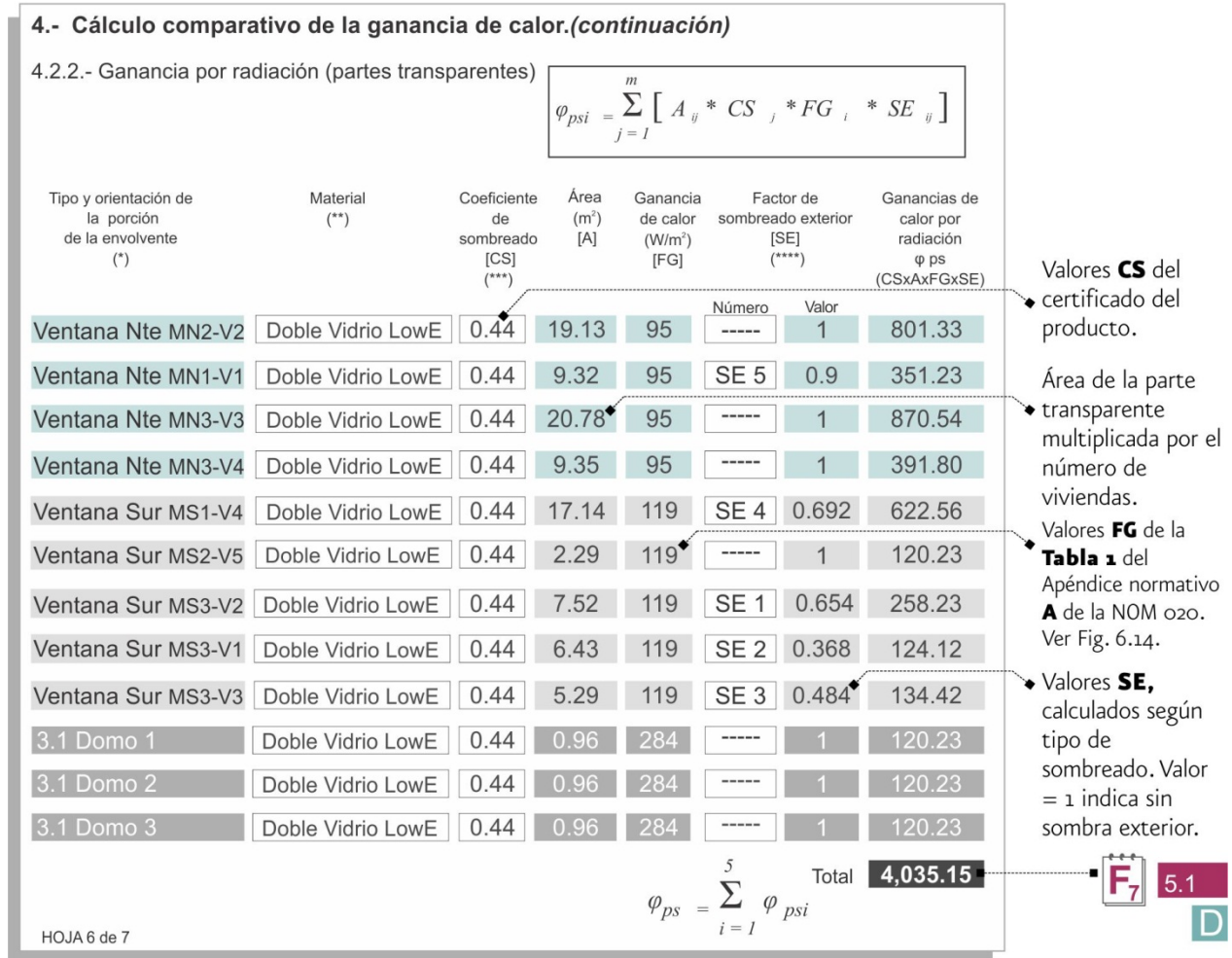


Fig. 6.28 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.2. Edificio proyectado. Ganancias por radiación.

Finalmente, se suman los resultados de las ganancias de calor por conducción y radiación para el edificio proyectado, en este caso el resultado de las **ganancias de calor total para el EP** es de: **9,906.84 W**.

De esta manera, se han calculado ya las ganancias de calor por conducción y radiación tanto para el edificio de referencia como para el edificio proyectado. Con este paso se concluye el cálculo del presupuesto energético.

1.30. CUMPLIMIENTO Y ETIQUETA

D CUMPLIMIENTO Y ETIQUETA

Corresponde ahora, comparar los resultados del edificio de referencia con los resultados del edificio proyectado y, de este modo, determinar si el edificio cumple con la Norma. Los valores a comparar son:

Las ganancias por **conducción** del **edificio de referencia: 7,661.76 W** (Fig. 6.14), las ganancias por **radiación** del **ER: 6,583.58 W** (Fig. 6.15), las **ganancias totales** de calor del **ER: 14,245.34 W**.

Las ganancias por **conducción** del **edificio proyectado: 5,871.69 W** (Fig. 6.22) las ganancias por **radiación** del **EP: 4,035.15 W** (Fig. 6.28), las **ganancias totales** de calor del **EP: 9,906.84 W**.

Estos valores se reportan en la hoja 7 de los formatos para informar el presupuesto energético en la sección 5.1 como se muestra en la Fig. 6.29.

Para establecer el porcentaje de ahorro de energía del edificio en estudio, se utiliza la Ecuación 9 (ver Capítulo 5 de este manual).

En donde el Ahorro de energía para este ejemplo sería:

$$\text{Ahorro de energía} = \left(1 - \frac{9,906.84}{14,245.34}\right) (100)$$

Ahorro de energía = 30.5%

Para la elaboración de la etiqueta de ahorro se requiere introducir los datos de la ubicación del edificio para uso habitacional en estudio, así como las ganancias totales de calor del **ER** y el **EP**.

Las características de la etiqueta y el formato que se debe emplear para su elaboración (dimensiones, tipo de letra, material, etc.) se explican en el apartado 11 de la NOM-020-ENER-2011.

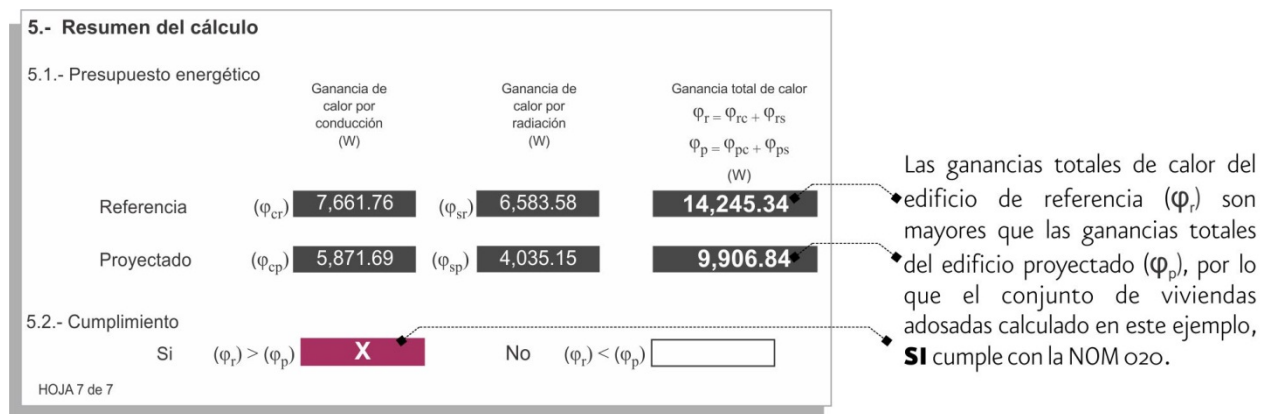
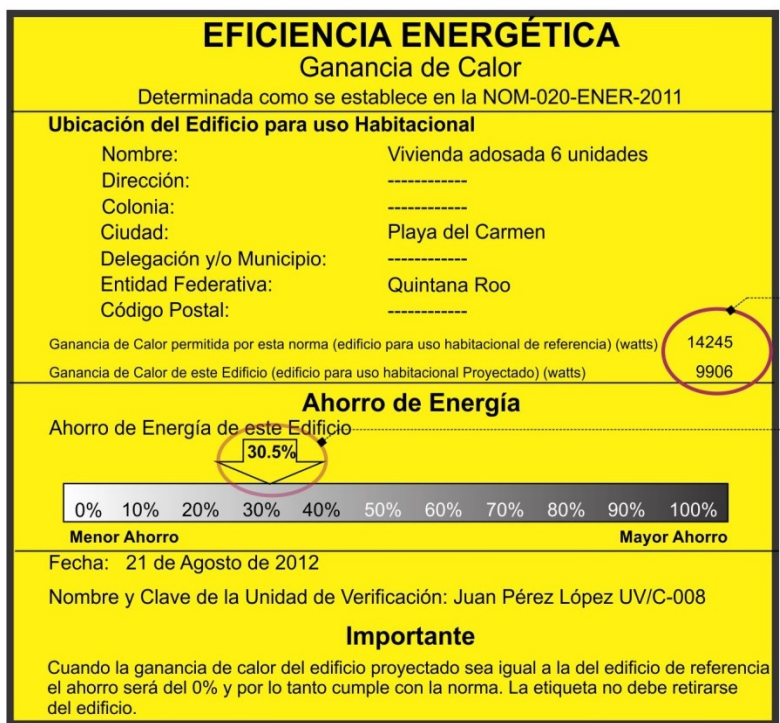


Fig. 6.29 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 5.1. Resumen de cálculo.

D CUMPLIMIENTO Y ETIQUETA



Las ganancias totales de calor del **ER** y el **EP**.

Porcentaje de ahorro de energía. Calculado con la fórmula del apartado 11.3.15 de la NOM-020.

Fig. 6.30 Ejemplo de etiqueta energética del proyecto.

Es importante señalar que el porcentaje de ahorro que se indica en esta etiqueta es el porcentaje de ahorro de energía con respecto al caso base. Esto no significa que sea el ahorro en la facturación.

ANEXO 1
REQUISITOS PARA
LAS UNIDADES
DE VERIFICACIÓN

A.1 REQUISITOS PARA LAS UNIDADES DE VERIFICACIÓN.

Una vez que se ha realizado el cálculo del presupuesto energético de la vivienda, se puede conocer el porcentaje de ahorro que ésta tenga. Sin embargo, este ahorro dependerá de que las especificaciones con las que se elaboró el cálculo, se cumplan de la misma manera durante la construcción de la vivienda.

Cualquier cambio en los materiales, acabados, dimensiones, etc., cambiarán las ganancias de calor de la vivienda y, por lo tanto, los resultados calculados.

Una Unidad de Verificación (UV), verifica a que lo que se ha reportado en el presupuesto energético sea lo que se hace en obra. Una UV⁵ es “la persona física o moral que realiza actos de verificación, conforme a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que se encuentra debidamente acreditada y aprobada para verificar el cumplimiento con la NOM.”

REQUISITOS PARA LA ACREDITACIÓN COMO UV.

Las personas físicas y morales que busquen ser unidades verificadoras deben estar acreditadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011 por parte de una Entidad de Acreditación autorizada. Actualmente, la Entidad Mexicana de Acreditación (**EMA**) es la encargada de acreditar a las unidades verificadoras⁶.

Corresponde a la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la

Energía (**Conuee**), aprobar a las unidades de verificación acreditadas para efectos de la evaluación de la conformidad respecto de la Norma Oficial Mexicana objeto de esta Convocatoria.

Para obtener dicha aprobación, los solicitantes pueden optar por las siguientes opciones:

- a) Llenar el formato en línea, disponible en la página de la **Conuee** en Internet en la siguiente dirección electrónica y seguir las indicaciones que se mencionan:
http://www.Conuee.gob.mx/wb/Conae/CO_NA_formatos_aprobacion_u_v
- b) Entregar en Oficialía de Partes, debidamente requisitado, el formato de solicitud de aprobación de personas acreditadas para la evaluación de la conformidad de normas oficiales mexicanas de eficiencia energética, cumpliendo con los requisitos que se describen en el trámite Conae-00-001, en su modalidad “B Solicitud de aprobación de unidades de verificación”, del Registro Federal de Trámites y Servicios, a fin de proceder con lo conducente. El trámite es gratuito⁷.

El responsable de firmar y efectuar la verificación debe contar con:

- Título y cédula profesional expedida por la SEP a nivel licenciatura en alguna de las siguientes carreras: Ingeniero Civil, Arquitecto, Ingeniero-Arquitecto, Ingeniero

⁵ Fuente: Procedimiento para la evaluación de la conformidad de la norma oficial mexicana NOM-020-ENER-2011, eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional.

⁶ Para más información sobre el proceso de acreditación como UV visitar: www.ema.org.mx. Este trámite tiene un costo.

⁷ Fuente: Convocatoria para la aprobación de unidades de verificación para la evaluación de la conformidad de la norma oficial mexicana NOM-020-ENER-2011, eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de noviembre de 2011.

A.1 REQUISITOS PARA LAS UNIDADES DE VERIFICACIÓN

Mecánico, Ingeniero Mecánico-Electricista, Ingeniero en Energía, Ingeniero Químico.

- Experiencia profesional y/o técnica, en materias relacionadas con conductividad térmica y/o transferencia de calor, o en el área de la NOM-020-ENER-2011, a través de evidencia documentada y comprobable (currículum vitae).

Es importante notar que la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (**Conuee**) ofrece capacitación gratuita en el manejo de la NOM-020-ENER-2011. Del mismo modo, la Conuee también aplica el examen de formación en la Norma de manera gratuita.

- Incluir dentro de sus procedimientos técnicos, guías de verificación contemplando los siguientes aspectos:
 1. Memoria de cálculos.
 2. Utilizar el método de cálculo y los formatos que contiene la Norma, para el cálculo de ganancia de calor.
 3. Especificar las etapas de la verificación, documental y en sitio.
 4. Criterio de aceptación-rechazo para cumplir con las especificaciones de la Norma.
 5. Espacio para observaciones.

ANEXO 2

BUENAS PRÁCTICAS

A.2 BUENAS PRÁCTICAS

Es posible que después de realizar el cálculo del presupuesto energético resulte que el ahorro de energía, de acuerdo a la NOM 020, no sea el esperado.

En el caso de que se desee incrementar el nivel de ahorro, este apartado provee con una lista de parámetros de diseño que pueden ayudar a reducir las ganancias de calor en las viviendas.

En un país como México, que presenta una gran variedad de climas, es necesario conocer la interacción entre los factores climáticos, las condiciones de confort térmico humano y el diseño de la vivienda para poder establecer estrategias de diseño que impacten en el ahorro de energía, en el confort térmico de los usuarios, su bienestar y salud

Es por eso que las estrategias descritas en este anexo, dependerán del clima de la ciudad en donde se sitúe el proyecto.

Las viviendas que se encuentren emplazadas en ciudades diferentes, pero con condiciones de temperatura similares, pueden utilizar estrategias de diseño iguales o con ligeras variaciones.

Las recomendaciones de eficiencia energética que se incluyen en este anexo se presentan para tres áreas de diseño que intervienen en la ganancia solar a través de la envolvente:

- 1) Para la orientación
- 2) Para el control solar
- 3) Para la envolvente

CIUDADES	
1	Mexicali, Hermosillo, Cd. Juárez, Chihuahua, Cd. Obregón, Culiacán, Gómez Palacios, La Paz, Monterrey, Torreón, entre otras.
2	Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutierrez, entre otras.
3	Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Villahermosa, Tampico, Veracruz, entre otras.
4	Cuernavaca y Tepic.
5	Guanajuato, Chilpancingo, Guadalajara, entre otras.
6	Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Oaxaca, Tijuana, entre otras.
7	Zacatecas y Tulancingo.
8	Tlaxcala, Puebla, Morelia, México y Toluca.
9	Jalapa.

Dentro de las recomendaciones para la envolvente, se hace referencia a materiales que retrasen la entrada de calor. Este tipo de materiales son conocidos como materiales de alta inercia térmica. Ejemplo de estos materiales son: la piedra, el concreto, la tierra (adobe).

También se hace referencia a recomendaciones sobre materiales aislantes. Al final de este anexo se encuentra una descripción de los aislantes térmicos usados comúnmente en la industria de la construcción.

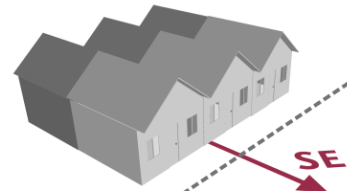
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Mexicali, Hermosillo, Cd. Juárez, Chihuahua, Cd. Oregón, Culiacán, Gómez Palacios, La Paz, Monterrey, Torreón, Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutierrez, Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Tampico, Villahermosa, Veracruz, entre otras.

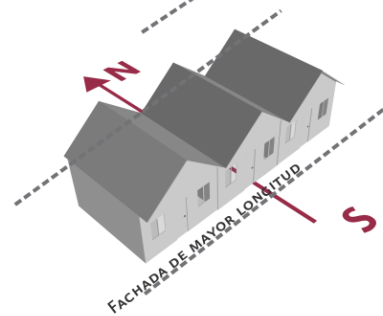
01 RECOMENDACIONES PARA LA ORIENTACIÓN

01.1 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

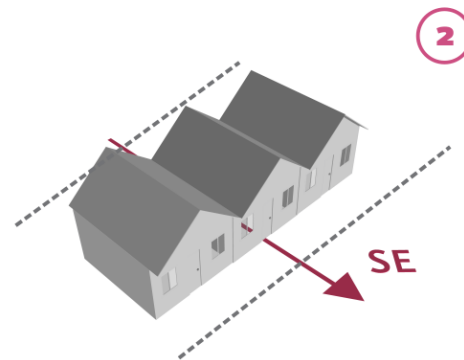
1 Orientar la fachada de mayor longitud perpendicular al eje Sur-Este.



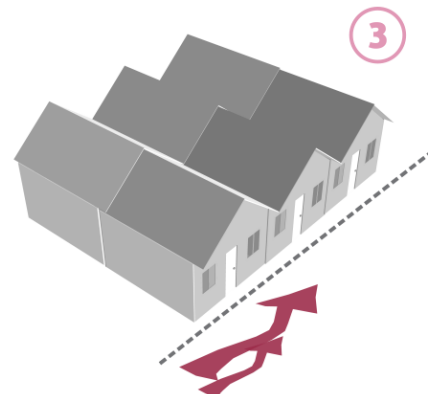
1 Orientar fachada de mayor longitud perpendicular al eje Norte-Sur, con dispositivos de control solar en ambas fachadas.



2 Dar preferencia a orientación de las fachadas perpendiculares al eje Sur-Este.



3 Orientar fachada de menor longitud en el sentido de los vientos dominantes. No se recomienda la orientación de la fachada de mayor longitud en sentido Norte-Sur.



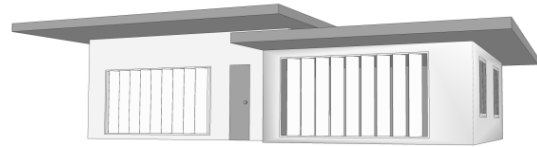
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Mexicali, Hermosillo, Cd. Juárez, Chihuahua, Cd. Obregón, Culiacán, Gómez Palacios, La Paz, Monterrey, Torreón, Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutierrez, Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Tampico, Villahermosa, Veracruz, entre otras.

02 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL SOLAR

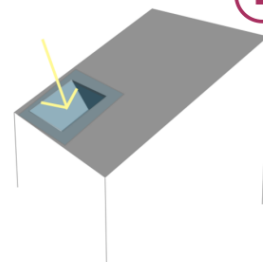
02.1 VOLADOS

- 1** • Volados en todas las fachadas.
- 2** • Volados grandes sobre la fachada Sur para evitar asoleamientos por la tarde, dominando partesoles. **1 2 3**
- 2** • Volados en todas las fachadas, al Sur de mayor dimensión.
- 3** • Volados en todas las fachadas.
- 3** • Volados de mayor dimensión en fachadas Sur y Sureste.



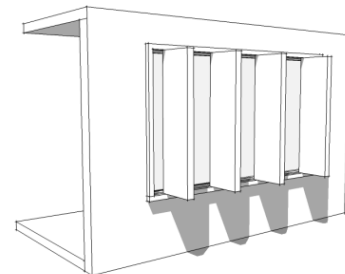
02.2 TRAGALUCES

- 1** • Orientados al Sur con control solar en verano. **1 2 3**
- 2** • No se requieren.
- 3** • Orientación Norte, con dispositivos de control solar.



02.3 PARTESOLES

- 1** • En fachada Norte para control solar en las tardes en verano.
 - En fachadas Este, Noreste, Oeste, Noroeste y Suroeste. **1 2 3**
- 2** • En ventanas con orientación Sureste, Oeste, Suroeste, combinados con volados, persianas, pórticos y celosías.
- 3** • En fachadas Este, Oeste, Suroeste y Noroeste.



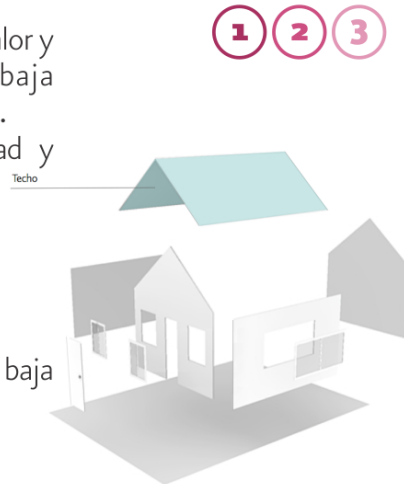
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Mexicali, Hermosillo, Cd. Juárez, Chihuahua, Cd. Obregón, Culiacán, Gómez Palacios, La Paz, Monterrey, Torreón, Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutierrez, Campeche, Manzanillo, Tapachula, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Tampico, Villahermosa, Veracruz, entre otras.

03 RECOMENDACIONES PARA LA ENVOLVENTE

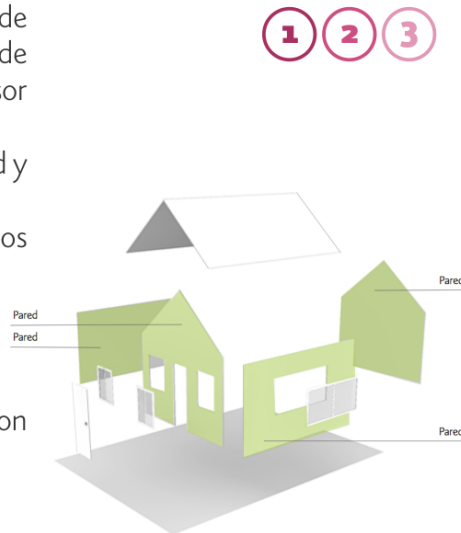
03.1 TECHO

- 1** • Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, de baja conductividad térmica, con el mayor espesor posible.
 - Cara exterior con materiales de baja densidad y conductividad térmica.
- 2** • Con aislante térmico.
 - Muros masivos - con ventilación.
 - Muros ligeros - sin ventilación, sombreados y con baja conductividad térmica.
- 3** • De poca densidad y baja conductividad.
 - Doble cubierta con paso de aire entre ambas.



03.2 PAREDES EXTERIORES

- 1** • Materiales que permitan retrasar la entrada de calor y amortiguar las temperaturas externas, de baja conductividad térmica, con el mayor espesor posible.
 - Cara exterior con materiales de baja densidad y conductividad térmica.
 - Son recomendables los taludes y espacios semienterrados.
- 2** • Con aislante térmico.
 - Muros masivos - con ventilación.
 - Muros ligeros - sin ventilación, sombreados y con baja conductividad térmica.



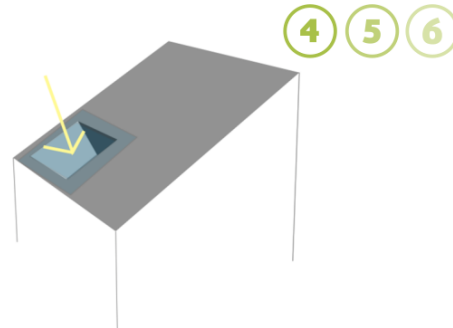
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Cuernavaca, Tepic, Guanajuato, Chilpancingo, Guadalajara, Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Oaxaca, Tijuana, entre otras.

01 ESTRATEGIAS PARA CONTROL SOLAR

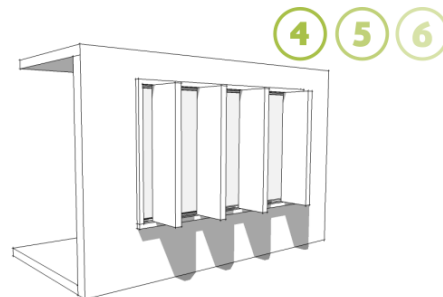
01.1 TRAGALUCES

- 4** • Orientados al Norte con protección solar en verano.
 - Evitar los horizontales.
- 5** • Control solar en verano y en primavera.
- 6** • Con dispositivos de control solar y ventanas operables.



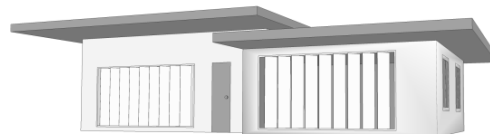
01.2 PARTESOLES

- 4** • Cuidando no obstruir los vientos.
- 5** • Combinados con volados en fachadas Noreste, Este, Noroeste y Oeste.
- 6** • En ventanas con orientación Suroeste, Oeste y Noroeste.



01.3 VOLADOS

- 4** • En todas las fachadas para proteger del sol y la lluvia.
 - Fachada Sur para protección solar en primavera y verano.
 - Fachada Norte, para control solar dejando pasar los vientos.
 - Al Suroeste, Oeste y Noroeste.
- 5** • En fachadas Sur.
 - En otras orientaciones combinados con partesoles.
- 6** • Combinados con partesoles y remetimientos en ventanas.



RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Cuernavaca, Tepic, Guanajuato, Chilpancingo, Guadalajara, Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Saltillo, León, Oaxaca, Tijuana, entre otras.

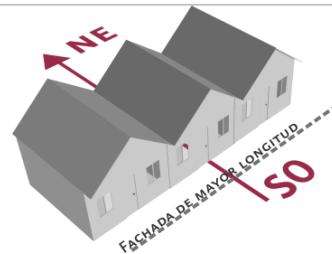
02 RECOMENDACIONES PARA LA ORIENTACIÓN

02.2 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

- 5 Orientar la fachada de menor longitud perpendicular al eje Sureste.



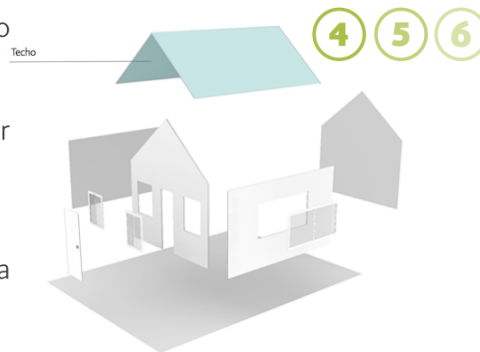
- 6 Orientar la fachada de mayor longitud perpendicular al eje Noreste-Suroeste con dispositivos de control solar.



03 RECOMENDACIONES PARA LA ENVOLVENTE

03.1 TECHO

- 4 • Techo masivo con aislamiento térmico en la cara exterior.
- 5 • Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas extremas.
 - Baja conductividad térmica.
- 6 • Masivos, con relleno, de alta inercia térmica.



03.2 PAREDES EXTERIORES

- 4 • Muros masivos.
- 5 • Materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas extremas.
- 6 • De alta inercia térmica, masivos.
 - Ciegos en las orientaciones Suroeste, Este y Noroeste.



RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Zacatecas, Tulancingo, Tlaxcala, Puebla, Morelia, México, Toluca, Jalapa, entre otras.

01 RECOMENDACIONES PARA LA ORIENTACIÓN

01.2 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

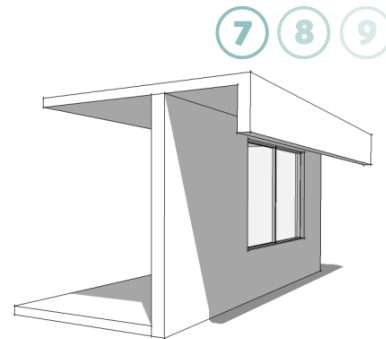
Orientar la fachada de menor longitud perpendicular al eje Sur-Sureste.



02 ESTRATEGIAS PARA CONTROL SOLAR

02.1 VOLADOS

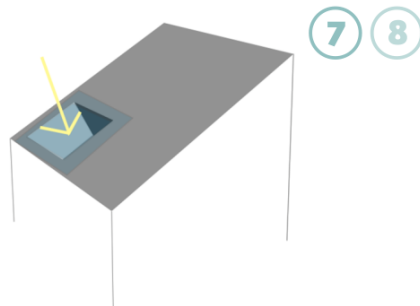
- 7 • En ventanas de fachada Sur para evitar sobrecalentamiento en verano.
- 8 • En aberturas de fachada Sur para evitar sobrecalentamiento en verano.
- 9 • No se requieren.



02 ESTRATEGIAS PARA CONTROL SOLAR

02.2 TRAGALUCES

- Sólo en espacios de uso diurno en orientación Sureste.

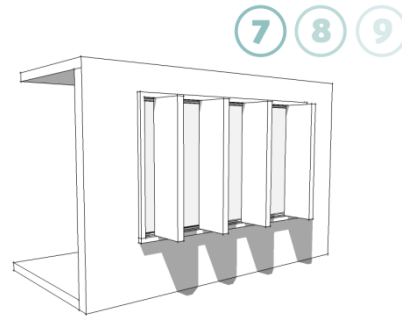


RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Zacatecas, Tulancingo, Tlaxcala, Puebla, Morelia, México, Toluca, Jalapa, entre otras.

03.3 PARTES OLES

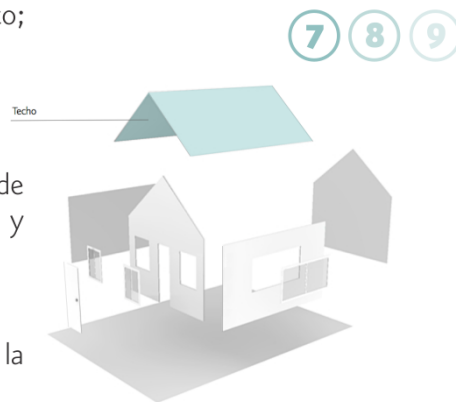
- En fachadas Suroeste para evitar calentamiento en las tardes de primavera y verano.



03 RECOMENDACIONES PARA LA ENVOLVENTE

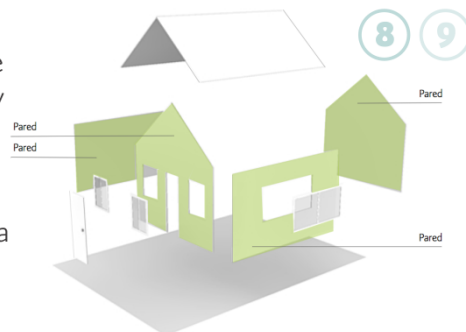
03.1 TECHOS

- 7 • Techo masivo o con aislamiento térmico; de preferencia en el exterior.
 - Horizontal.
 - Con relleno.
- 8 • Fomentar inercia térmica con el uso de materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas exteriores.
- 9 • Masivos o con aislamiento térmico.
 - Materiales impermeables y resistentes a la humedad.



03.2 PAREDES EXTERIORES

- 8 • Con aislamiento térmico.
 - Fomentar inercia térmica con el uso de materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas extremas.
- 9 • Masivos.
 - Materiales impermeables y resistentes a la humedad.



MATERIALES DE AISLAMIENTO TÉRMICO

01 DEFINICIÓN

Como se ha visto en la metodología del presupuesto energético, un aspecto fundamental es la conductividad térmica de los materiales (λ). Los aislantes térmicos son materiales específicamente diseñados para reducir el flujo de calor limitando la conducción, convección o ambos.

Aquellos materiales con baja conductividad se consideran como aislantes térmicos. Los valores más utilizados para describir la capacidad de aislamiento térmico que tiene un material son:

- Conductividad térmica (λ) con unidades W/mK. Valores (λ) más cercanos a cero indican mejor aislamiento térmico.
- Transmitancia térmica (**U**) ó (**K**) con unidades W/m²K. Valores (**K**) más cercanos a cero indican mejor aislamiento térmico.
- Resistividad térmica (**R**) con unidades m²K/W. Valores (**R**) mayores (más lejanos a cero) indican mejor aislamiento térmico.

La selección del tipo de material aislante y su espesor dependerán de la zona climática en la que se encuentre emplazada la vivienda.

02 TIPIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE AISLAMIENTO TÉRMICO

Existen muchos tipos de materiales aislantes térmicos. En México, el organismo que actualmente emite certificados según la NOM-018* para materiales aislantes es el ONNCCE**.

- **Fibras Minerales** (fibra mineral de roca: rango de conductividad térmica **0.033 - 0.037 (W/mK)** y fibra de vidrio: rango de conductividad térmica **0.038 - 0.048 (W/mK)**)
- **Poliestireno expandido (EPS):** rango de conductividad térmica **0.034 - 0.047 (W/mK)** y **poliestireno extruído (XPS)** rango de conductividad térmica **0.024 - 0.028 (W/mK)**.
- **Poliuretano y Polisocianurato:** rango de conductividad térmica **0.023 - 0.037 (W/mK)**.
- **Materiales estructurales con propiedades térmicas.** Concreto celular: rango de conductividad térmica **0.109 - 0.416 (W/mK)** y ladrillos, bloques de barro, etc: rango de conductividad térmica **0.142 - 0.269 (W/mK)**.
- **Recubrimientos y acabados:** rango de conductividad térmica **0.045 - 0.499 (W/mK)**.
- **Paneles:** rango de conductividad térmica **0.025 - 0.071 (W/mK)**.

02.1 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. Aplicación: 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 retícula a las medidas de la placa que se pone encima y/o del ancho del material aislante.

02.2 POLIESTIRENO (EXPANDIDO Y EXTRUÍDO).

La abreviación para aislantes de poliestireno expandidos es EPS y para poliestireno extruído es XPS. El

*La NOM-018 se puede descargar del portal de CONUEE: www.conuee.gob.mx/wb/

** Para un listado de los materiales con certificado vigente consultar: www.onncce.org.mx/

MATERIALES DE AISLAMIENTO TÉRMICO

02 TIPIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE AISLAMIENTO

02.2 POLIESTIRENO (CONTINUACIÓN)

El poliestireno extruído es elaborado a partir de resina de poliestireno por un proceso de extrusión continua. Los productos finales tienen la misma presentación.

Aplicaciones: El poliestireno se presenta comúnmente en placas 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 placas montadas y/o en su intersección con otras partes constructivas. Las placas se pueden recubrir con una malla como portador del revoque o directamente con un aplicado (por ejemplo, cemento).

02.3 POLIURETANO.

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 sandwich.

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, a través de los agujeros perforados en revestimientos o paneles, o en las cavidades de un muro terminado.

02.4 MATERIALES ESTRUCTURALES CON PROPIEDADES TÉRMICAS.

El concreto ligero celular es un concreto de peso ligero, el cual contiene células macroscópicas estables de aire distribuidas uniformemente dentro de la mezcla. Otros materiales como ladrillos extruidos, bloques de barro, tejas de barro, etc. pueden ayudar a reducir las ganancias de calor.

Aplicaciones: Existen tapeques, bloques, paneles y otros elementos prefabricados de concreto que se colocan como cualquier otro tipo de tabique. También existen losas de barro que se colocan por encima de la cubierta, las cuales proporcionan sombra.

02.5 RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS.

Productos utilizados para dar acabados en muros y losas, que por su composición, reducen las ganancias de calor como perlita mineral, yeso, aplanados, etc.

Aplicaciones: Uno es el de la construcción con aislamiento térmico como: relleno con perlita mineral dentro de losas y muros, como agregado ligero a bloques de cemento termoaislantes, o como acabados para servir como recubrimiento térmico de muros y fachadas.

02.6 PANELES.

Son tableros de fibras de madera, fibrocemento o una combinación de madera con cemento, 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.

ANEXO 3

GLOSARIO DE TÉRMINOS

DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana se definen los siguientes términos:

Edificio de vivienda

Aquel que comparte losa de entrepiso, en un edificio de más de 3 niveles.

Evaluación de la conformidad

La determinación del grado de cumplimiento de la edificación con la NOM, mediante la verificación.

Orientaciones

Norte: cuyo plano normal está orientado desde 45° al Oeste y menos de 45° al Este del Norte.

Este: cuyo plano normal está orientado desde 45° al Norte y menos de 45° al Sur del Este.

Sur: cuyo plano normal está orientado desde 45° al Este y menos de 45° al Oeste del sur.

Oeste: cuyo plano normal está orientado desde 45° al Sur y menos de 45° al Norte del Oeste.

Unidad de verificación

La persona física o moral que realiza actos de verificación, conforme a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que se encuentra debidamente acreditada y aprobada para verificar el cumplimiento con la Norma.

Vivienda en conjunto

Son aquellas con las mismas dimensiones, distribución espacial y materiales, ubicadas en diferentes orientaciones, que pueden o no compartir muros y estar mezcladas con otro diseño de viviendas en una misma superficie.

Nota: Para otras definiciones se puede consultar la sección 4 de la Norma.

ANEXO 4

PREGUNTAS FRECUENTES

A.4 PREGUNTAS FRECUENTES

SOBRE LOS COMPONENTES DE LA VIVIENDA

¿Qué es la envolvente de la vivienda?

Se refiere al techo, paredes, vanos, puertas, piso y superficies inferiores, que conforman el espacio interior de un edificio para uso habitacional.

¿Qué es una porción?

Es el elemento constructivo de la envolvente de la edificación, integrado por uno o más materiales.

¿Cómo se calculan los muros de colindancia?

Los muros de colindancia entre unidades adyacentes de viviendas en conjunto horizontal, del mismo desarrollo, no se toman en cuenta para el cálculo.

Los muros de colindancia hacia edificaciones existentes que no forman parte del edificio/proyecto en estudio, sí se toman en cuenta en el cálculo. Ejemplos de este tipo de muros serían muros que colinden con edificaciones adyacentes en predios colindantes que no son consideradas parte de la vivienda en estudio.

¿Cómo se calcula una puerta?

Sólo se calculan las puertas exteriores. Una puerta es considerada como un muro ligero y se calcula como una porción homogénea de la envolvente; aunque ésta esté construida a base de un bastidor.

¿Cómo se calcula una puerta exterior que es acristalada? (Puerta con vidrio o cancel)

Se calcula como si fuera una ventana. Con ganancias por conducción y radiación.

¿Cómo se calcula una ventana?

Se toman las medidas de albañilería. No se considera el marco de la ventana. Se calcula una superficie homogénea con el valor "R" del vidrio o material transparente.

SOBRE EL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

¿Qué es el edificio de referencia (ER)?

Es el edificio para uso habitacional que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio para uso habitacional proyectado, es utilizado para determinar un presupuesto energético máximo, con características de la envolvente definidas en la norma.

Este edificio no se construye en ningún lugar es virtual, sólo se calcula para referencia.

¿Qué es el Factor de corrección de sombreado exterior SE?

Es un valor adimensional entre cero y uno, se determina por la sombra que proyecta el elemento sombreador en la parte translúcida. Se calcula únicamente para el cálculo del edificio proyectado cuando existen ventanas con elementos sombreadores, tales como: volados, ventanas remetidas, o partesoles.

¿Qué hacer si los valores para calcular SE que resultan de las proporciones de las ventanas en estudio son valores intermedios a aquellos que aparecen en las tablas?

Se debe realizar un procedimiento para la interpolación de datos en las tablas. Véase sección A.2.5 de la Norma. Consultar Capítulo 4 y 6 de este manual.

¿Qué hacer si los valores para calcular SE que resultan de las proporciones de las ventanas en estudio son valores que quedan fuera del rango de aquellos que aparecen en las tablas?

Se debe realizar un procedimiento para la interpolación tomando el primero ó último valor que aparezca en la Tabla. Consultar Capítulo 6 de este manual.

¿Cómo se calcula el valor SE de un volado o partesol cuyo ángulo con respecto a la ventana no es de 90°?

Se mide la distancia L del volado o partesol. No se toma en cuenta el ángulo respecto a la pared.

¿Qué se requiere para calcular el Coeficiente global de transferencia de calor K?

La información que se requiere para calcular **K** de una porción, son: materiales que la conforman, espesor y conductividad de cada material.

El valor **K** se calcula por cada una de las porciones que conformen la envolvente del edificio, por medio del formato 3 del Apéndice C de la Norma. Este formato se llena tantas veces como porciones diferentes se tengan en la envolvente.

¿De dónde se obtiene la conductividad de los materiales de construcción?

Se puede obtener directamente con los fabricantes, distribuidores, o del Apéndice D Informativo de la norma. Con relación a materiales aislantes, estos deben contar con un certificado de cumplimiento con la NOM-018-ENER Aislantes térmicos para edificaciones.

SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA

¿Quién verifica el cumplimiento de la Norma?

La unidad de verificación debidamente acreditada y aprobada podrá, a petición de parte interesada, verificar el cumplimiento de la norma oficial mexicana.

ANEXO 5

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

LISTA DE ACRÓNIMOS

ABREVIATURA	DEFINICIÓN
ASHRAE	Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance
CCNNPURRE	Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos
Conae	Comisión Nacional de Ahorro de Energía
Conuee	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
ISO	International Organization for Standardization
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación
NOM	Norma Oficial Mexicana
SENER	Secretaría de Energía
UV	Unidad Verificadora

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
---------	------------

Φ_p	Ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en W.
Φ_{pc}	Ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado.
Φ_{ps}	Ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado.
Φ_r	La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W.
Φ_{rc}	La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por conducción, en W.
Φ_{rs}	La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por radiación solar, en W.
λ	El coeficiente de conductividad térmica de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, en W/m K.
A	El área de la porción de la envolvente, en m ² .
CS	Coficiente de sombreado
FG	La ganancia de calor solar por orientación, en W/m ² .
hi	La conductancia superficial interior, en W/m ² K.
he	La conductancia superficial exterior, y es igual a 13 W/m ² K.
K	El coeficiente global de transferencia de calor de una porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, de superficie a superficie, en W/m ² K.
l	El espesor de cada uno de los materiales que componen la porción de la envolvente del edificio, en metros.
M	El aislamiento térmico total de una porción de la envolvente del edificio, de superficie a superficie, en m ² K/W.
Mparcial	El aislamiento térmico parcial de una porción de la envolvente del edificio para uso habitacional, de superficie a superficie (m ² K/W). Es la suma de todos los aislamientos térmicos de todas las capas y aislamientos superficiales que componen la parte de la envolvente del edificio para uso habitacional, excepto lo de la capa no homogénea.
n	El número de capas que forman la porción de la envolvente del edificio.
SE	Factor de sombreado exterior.

MANUAL TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011.
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. ENVOLVENTE DE EDIFICIOS PARA USO HABITACIONAL.



Con el apoyo de
Programa de Energía Sustentable en México, SENER - GIZ
Componente Edificación

