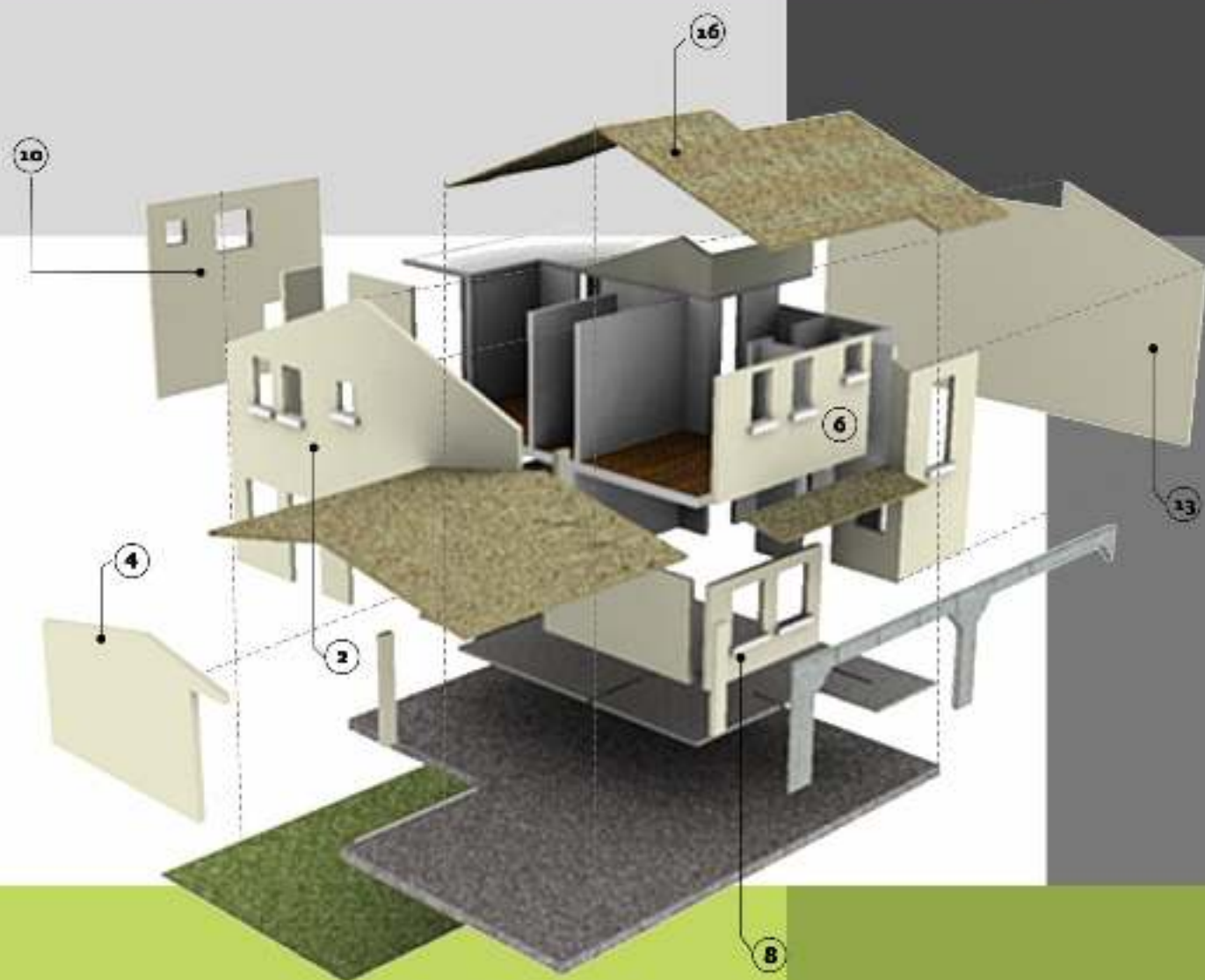


MANUAL TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN DE LA NOM-020-ENER-2011

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



Preparado por:
LOW CARBON architecture
para GOPA – Integration.

Liliana Campos Arriaga
Arq. MSc. PhD.

México
Programa Energía Sustentable
Componente Edificación, GIZ

Enero 2013.

GOPA Consultants
Hindenburgring 18
61348 Bad Homburg
Teléfono: +49-6172-930 215
Fax: +49-6172-930 200

E-mail: gopa-en@gopa.de

INTEGRATION
Bahnhofstraße 9
91322 Gräfenberg
Teléfono: +49-9192-9959-0
Fax: +49-9192-9959-10

E-mail: int-ee@integration.org

1. Introducción.	4
1.1. Beneficios de la aplicación de la nom-020-ener-2011.	5
1.2. Campos de la aplicación de la nom-020-ener-2011.	6
1.3. Visión general de la nom-020-ener-2011.	6
1.4. Estructura y objetivo del manual.	7
2. Información necesaria para el cálculo.	10
2.1. Ubicación.	10
2.2. Valores para el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente.	10
2.3. Proyecto arquitectónico.	12
3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características.	17
3.1. Las componentes de la envolvente térmica y sus características.	17
3.2. Componentes de la envolvente térmica.	18
3.3. Cálculo del valor K (partes homogéneas y no homogéneas).	21
3.4. La orientación de los componentes.	27
3.5. Nomenclatura para los componentes de la envolvente.	28
3.6. Particularidades de cálculo según la tipología de vivienda.	29
4. ¿Cómo utilizar las tablas de la nom-020-ener-2011?	34
4.1. Uso de la tabla 1. Valores para el cálculo del flujo de calor a través de la envolvente.	34
4.2. Tablas para determinar el factor de corrección de sombreado exterior (SE).	35
4.3. Uso de la Tabla 2. Ventana con volado con extensión lateral más allá de los límites de ésta.	36
4.4. Uso de la tabla 3. Ventana con volado con extensión lateral hasta los límites de ésta.	38
4.5. Uso de la tabla 4. Ventana remetida.	40
4.6. Uso de la tabla 5. Ventana con partesoles.	41
4.7. Procedimiento para interpolación de datos no encontrados en las tablas.	43

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia.....	47
5.1. Características del edificio para uso habitacional de referencia.....	47
5.2. Cálculo de ganancias de calor en edificio de referencia y proyectado.....	48
5.3. Método de cálculo de ganancia de calor en la envolvente de edificio proyectado y de referencia.	48
5.4. Cálculo de ganancias de calor por conducción.....	51
5.5. Cálculo de ganancias de calor por radiación.	51
5.6. Presupuesto energético.....	55
 6. Ejemplo de cálculo.	 57
6.1. Vivienda en conjunto horizontal.	58
6.2. Cálculo del edificio de referencia. Vivienda en conjunto horizontal.....	68
6.3. Cálculo del edificio proyectado. Vivienda en conjunto horizontal.	75
6.4. Cumplimiento y etiqueta	90

Índice de figuras

Fig. 1.1 Ilustración simplificada de la metodología de cálculo utilizada en la NOM-020-ENER-2011	7
Fig. 2.1 Comparación sobre las letras usadas en la Norma y su nomenclatura en Normas ISO	12
Fig. 2.2 Ejemplo de detalle constructivo de muro de concreto armado.	13
Fig. 2.3 Cuadro de información necesaria para el cálculo del presupuesto energético.	15
Fig. 3.1 Componente techo de 0° a 45°	18
Fig. 3.2 Ejemplo de muro masivo.	18
Fig. 3.3 Ejemplo de muro ligero.....	19
Fig. 3.4 Identificación de los componentes de la envolvente térmica en corte.....	20
Fig. 3.5 Identificación de los componentes de la envolvente en planta.	21
Fig. 3.6 Variables necesarias para calcular el coeficiente global de transferencia de calor para cálculo de edificio proyectado. Superficies homogéneas.	24
Fig. 3.7 Cálculo de valor K. Porción homogénea.	24
Fig. 3.8 Cálculo de valor K. Porción no homogénea.....	26
Fig. 3.9 Variables para el cálculo de porciones no homogéneas.	26
Fig. 3.10 Orientación de componentes según NOM 020.	27
Fig. 3.11 Conjunto de viviendas iguales con diferentes orientaciones.	28
Fig. 3.12 Nomenclatura sugerida para los componentes de la envolvente.	29
Fig. 3.13 Valor K de acuerdo al número de niveles del edificio de uso habitacional.....	29
Fig. 3.14 Vivienda hasta tres niveles.	31
Fig. 3.15 Esquema vivienda en conjunto.	31
Fig. 3.16 Esquema de vivienda de más de tres niveles.	32
Fig. 4.1 Extracto de la Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	34
Fig. 4.2 Ejemplo de ciudades faltantes en Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	35
Fig. 4.3 Volado con extensión más allá de los límites de ventana.	37
Fig. 4.4 Extracto de la Tabla 2 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	38
Fig. 4.5 Volado con extensión hasta los límites de la ventana.....	39
Fig. 4.6 Extracto de la Tabla 3 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	40
Fig. 4.7 Esquema de ventana remetida.	41
Fig. 4.8 Extracto de la Tabla 4 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	41
Fig. 4.9 Esquema de ventana con partesoles.	42
Fig. 4.10 Extracto de la Tabla 5 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.	42
Fig. 4.11 Ejemplo de procedimiento de interpolación para una variable.....	43
Fig. 4.12 Fórmula para interpolar valor SE con una variable.	44
Fig. 4.13 Procedimiento de interpolación para dos variables.	44

Índice de figuras

Fig. 4.14 Fórmula para interpolar valor SE con dos variables.	45
Fig. 5.1 Comparación edificio proyectado y de referencia.	48
Fig. 5.2 Pasos para calcular el presupuesto energético.....	50
Fig. 5.3 Consideraciones de los componentes de la envolvente para EP y ER.	51
Fig. 5.4 Guía para cálculo de ganancias de calor por conducción.....	53
Fig. 5.5 Guía para cálculo de ganancias de calor por radiación.	54
Fig. 6.1 Etapas del proceso de cálculo del presupuesto energético.	57
Fig. 6.2 Corte X-X' de la vivienda analizada.....	59
Fig. 6.3 Fachadas de la vivienda analizada.....	60
Fig. 6.4 Plantas arquitectónicas de la vivienda analizada.	61
Fig. 6.5 Composición de muros MS1, MS2, MS3, ME1, ME2, MN1, MN2, MO1 y MO2 de acuerdo a proyecto arquitectónico.	62
Fig. 6.6 Composición de muro MN3 de acuerdo a proyecto arquitectónico.....	63
Fig. 6.7 Composición de las losas T1 y T2 de acuerdo a proyecto arquitectónico.	63
Fig. 6.8 Planta de viviendas en conjunto horizontal.....	64
Fig. 6.9 Perspectiva viviendas en conjunto horizontal.	65
Fig. 6.10 Identificación de componentes de vivienda analizada. Perspectiva.....	66
Fig. 6.11 Tabla de áreas por componente y orientación.	67
Fig. 6.12 Cálculo del edificio de referencia. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.	69
Fig. 6.13 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Áreas.	70
Fig. 6.14 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Valores K, te y t.....	72
Fig. 6.15 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.2. Valores CS y FG.	74
Fig. 6.16 Cálculo del edificio proyectado. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.....	76
Fig. 6.17 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Áreas.	77
Fig. 6.18 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 4.2.	78
Fig. 6.19 Identificación de capas homogéneas y porciones no homogéneas para cálculo de valor K.	79
Fig. 6.20 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 3.2. Valor M sup. no homogéneas.	80
Fig. 6.21 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 3.3. Valor K superficies no homogéneas.	81
Fig. 6.22 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.1. Edificio proyectado.....	82
Fig. 6.23 Sombreado ventana MN1-V1. Valores L y H.	84
Fig. 6.24 Sombreado ventana MS1-V4. Valores L, H y W.	85
Fig. 6.25 Extracto de Tabla 3 del Apéndice A de la Norma. Factores SE.	85
Fig. 6.26 Sombreado ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3. Valores L, H y W.....	86
Fig. 6.27 Procedimiento de interpolación ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3.	87

Índice de figuras

Fig. 6.28 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.2.2. EP . Ganancias por radiación.....	89
Fig. 6.29 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 5.1. Resumen de cálculo.	91
Fig. 6.30 Ejemplo de etiqueta energética del proyecto.....	92

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 edificios, 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.

Sin embargo, en el ciclo de vida del edificio, la energía que se requiere para su operación representa una gran área de oportunidad para la implementación de medidas de eficiencia energética. Esto es porque los sistemas y equipos que utilizamos cotidianamente en el ambiente construido incrementan el consumo energético (electricidad y gas) en las edificaciones; especialmente si éstas no consideran estrategias de eficiencia energética en su diseño.

Existen acciones encaminadas a la implementación de estrategias que aporten soluciones de ahorro energético para la disminución de dichos consumos. Estas acciones incluyen consideraciones en el diseño urbano, una correcta orientación, uso de aislamiento térmico, ventilación e iluminación naturales;

entre otros. La correcta aplicación de estas -y otras estrategias - traen consigo beneficios de ahorro en el gasto energético para los usuarios y el decremento de la demanda en el sistema eléctrico, lo cual se refleja en un menor número de centrales eléctricas necesarias para abastecer las demandas.

En promedio en un año una vivienda de interés social en México, con un sistema constructivo tradicional, puede alcanzar una demanda de energía primaria de 330 kWh/m²; dependiendo de la tipología y la ciudad en la que se encuentre emplazada¹.

La mayor parte del consumo total, se atribuye a equipos de calefacción y enfriamiento de aire para mantener condiciones de confort dentro de la vivienda. Por esta razón, los niveles de consumo dependerán de la zona climática en la que se emplace la edificación, siendo los climas cálidos en donde existen mayores consumos energéticos debido al uso de aires acondicionados.

En un país como México, en el que el 98% de la energía primaria es producida con combustibles fósiles, este consumo de energía en los edificios habitacionales implica emisiones anuales de CO₂ de aproximadamente 120 kg/m² por vivienda¹.

Ya que el CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático, es evidente entonces que una disminución en el consumo de energía en las viviendas traerá como consecuencia, además de

¹CONAVI/SEMARNAT (2011).Supported NAMA for Sustainable Housing in Mexico.Mitigation Actions and Financing Packages.(Disponible en: www.conavi.gob.mx/viviendasustentable).

los ahorros económicos, una disminución de las emisiones de CO₂ y los beneficios ambientales que esto conlleva.

El objetivo de la NOM-020-ENER-2011 es limitar la ganancia de calor de los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, racionalizando el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento y mejorando las condiciones de confort térmico al interior de los espacios de la vivienda.

En México, el acondicionamiento térmico de las viviendas repercute en gran medida en la demanda pico del sistema eléctrico, siendo

mayor su impacto en las zonas Norte y costeras del país, en donde es más común el uso de equipos de enfriamiento que el de calefacción.

En este sentido, esta Norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, la disminución de la temperatura al interior y con ello el ahorro de energía por la reducción de la capacidad de los equipos de enfriamiento.

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 a 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 el 90% o más del área construida del edificio, ésta aplica a la totalidad del edificio.

En cambio, si el uso habitacional constituye menos del 90% aplicará únicamente a la parte de uso habitacional.

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 el 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.

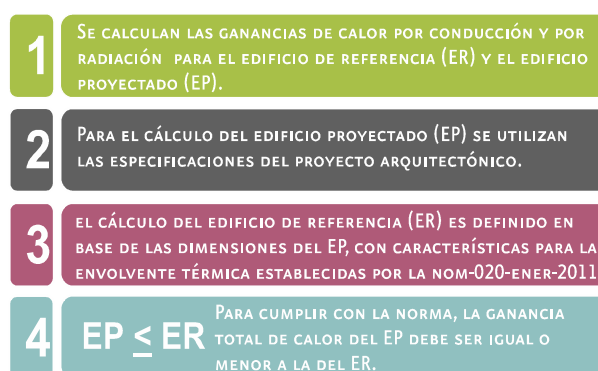


Fig. 1.1 Ilustración simplificada de la metodología de cálculo utilizada en la NOM-020-ENER-2011

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 para 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 que 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

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.

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/NOM020ENER2011.pdf

2.1. 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.

Nota: En caso de que la ciudad no se encuentre dentro de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma, se tomará la más cercana geográficamente.

10

2.2. 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).

2. Información necesaria para el cálculo

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.

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 fórmula²:

$$CS = CGCS / 0.87$$

En donde:

CS = Coeficiente de sombreado [SC shadingcoefficient]

CGCS = Coeficiente de Ganancia de Calor Solar Máximo [SHGC, Solar HeatGainCoefficient]

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 t_e , t_i , 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

²Fuente: ASHRAE Fundamentals. 2001.

2. Información necesaria para el cálculo

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”.

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.	$W/(m^2 \cdot K)$
Valor R	Valor M	Coefficiente de aislamiento térmico.	Metro cuadrado Kelvin por watt.	$(m^2 \cdot K)/W$
λ	λ	Conductividad térmica.	Watt por metro Kelvin.	$W/m \cdot K$
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

2.3. 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.

2. Información necesaria para el cálculo

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

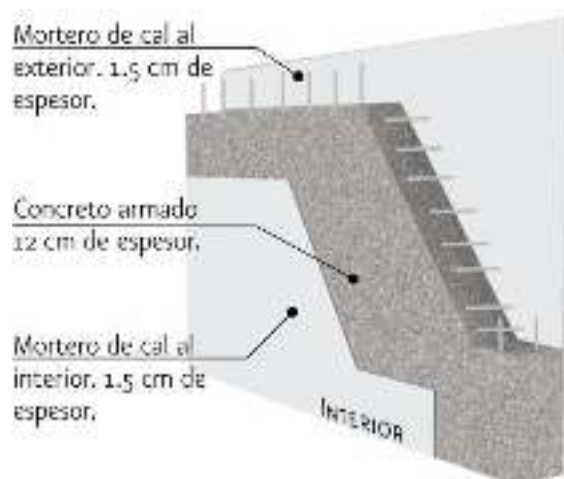


Fig. 2.2 Ejemplo de detalle constructivo de muro de concreto armado.

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.

Planos de acabados.

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

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

2. Información necesaria para el cálculo

y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE).

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.

Es importante mencionar que los aislantes térmicos utilizados en el proyecto deberán cumplir con la NOM-018-ENER y, por lo tanto, contar con un certificado de cumplimiento. Será en este certificado en donde se consulten los valores (λ) necesarios para calcular el presupuesto energético de la NOM 020.

Por otro lado, para el resto de los materiales constructivos (tabique, concreto, maderas, etc.)

la NOM 020 no exige un certificado que indique los valores de conductividad térmica. Estos valores se pueden consultar en el Apéndice D de la Norma, de la literatura o de la ficha técnica del fabricante.

Para mayor información sobre las características térmicas de algunos materiales de construcción y su efecto en el desempeño energético de la vivienda se pueden consultar el Apéndice informativo D de la Norma y el Anexo A.2 Buenas Prácticas, al final de este manual.

A manera de resumen, la Fig. 2.3 ilustra la información que se debe tener a la mano antes de iniciar el cálculo del presupuesto energético. Se puede utilizar como un “checklist” para verificar que contamos con lo necesario para el cálculo.

2. Información necesaria para el cálculo

INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL CÁLCULO DEL EDIFICIO PROYECTADO Y DE REFERENCIA		
DATO / VALOR / INFO	EDIFICIO PROYECTADO	EDIFICIO REFERENCIA
☐ Estado, Ciudad, Latitud, orientación del edificio.	☐ Se obtiene del proyecto arquitectónico.	☐ Es igual que el edificio proyectado.
☐ Áreas y orientación de las partes que componen la envolvente térmica: muros, losas, ventanas, puertas, domos.	☐ Se obtienen del proyecto arquitectónico. Se restan las áreas de ventanas, puertas y domos a los muros y losas.	☐ 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.
☐ Temperatura equivalente (T_e), Temperatura interior (t_i)	☐ Se obtienen de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.	☐ Son iguales que el edificio proyectado.
☐ Coeficiente de transferencia de calor (K).	☐ Se calcula de acuerdo al espesor y conductividad (λ) del material de cada capa que conforma la porción.	☐ Para sup. opacas: de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. Para ventanas es igual a $5.1319 \text{ W/m}^2\text{K}$.
☐ Coeficiente de Sombreado (CS)	☐ Se obtiene de la ficha técnica del vidrio.	☐ Siempre es igual a 1.
☐ Factor de Ganancia (FG)	☐ Se obtiene de la Tabla 1 del Apéndice A de la Norma.	☐ Es igual que el edificio proyectado.
☐ Factor de Sombreado Exterior (SE)	☐ Se calcula según el tipo de sombreado ext. de ventana.	☐ 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.

3.1. 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 superficies opacas, son aquellas construidas con materiales que impiden el paso de la luz solar a través de su superficie 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

3.2. Componentes de la envolvente térmica

Techos. En la Norma, se define al techo como: “La componente de la envolvente de un edificio para uso habitacional que tiene una superficie exterior 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.

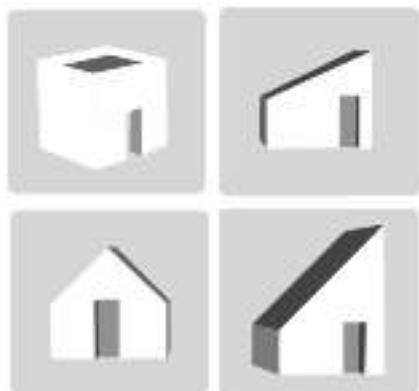


Fig. 3.1 Componente techo de 0° a 45°.

Pared. Se define en la Norma como: “La componente de la envolvente 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 superficie. 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.

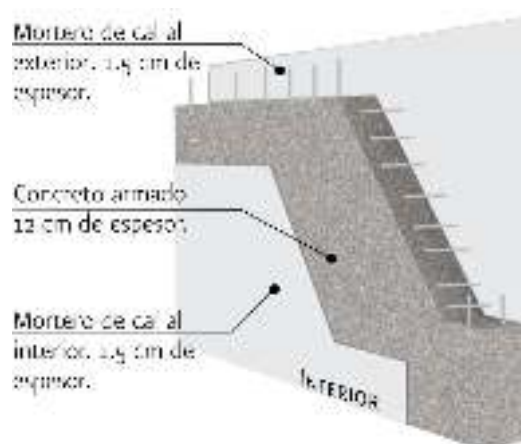


Fig. 3.2 Ejemplo de muro masivo.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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.

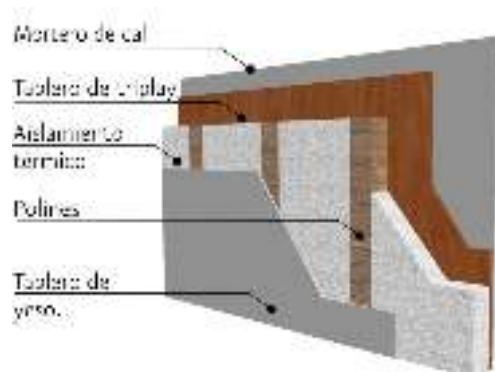


Fig. 3.3 Ejemplo de muro ligero.

Piso y superficie inferior. El piso se refiere a la superficie 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.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

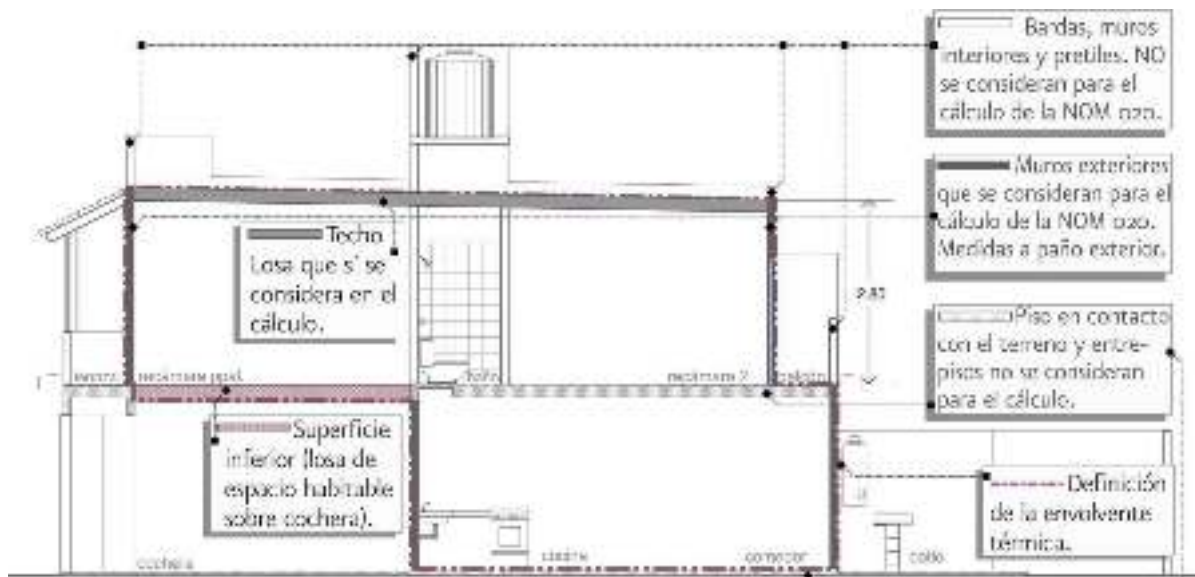


Fig. 3.4 Identificación de los componentes de la envolvente térmica en corte.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

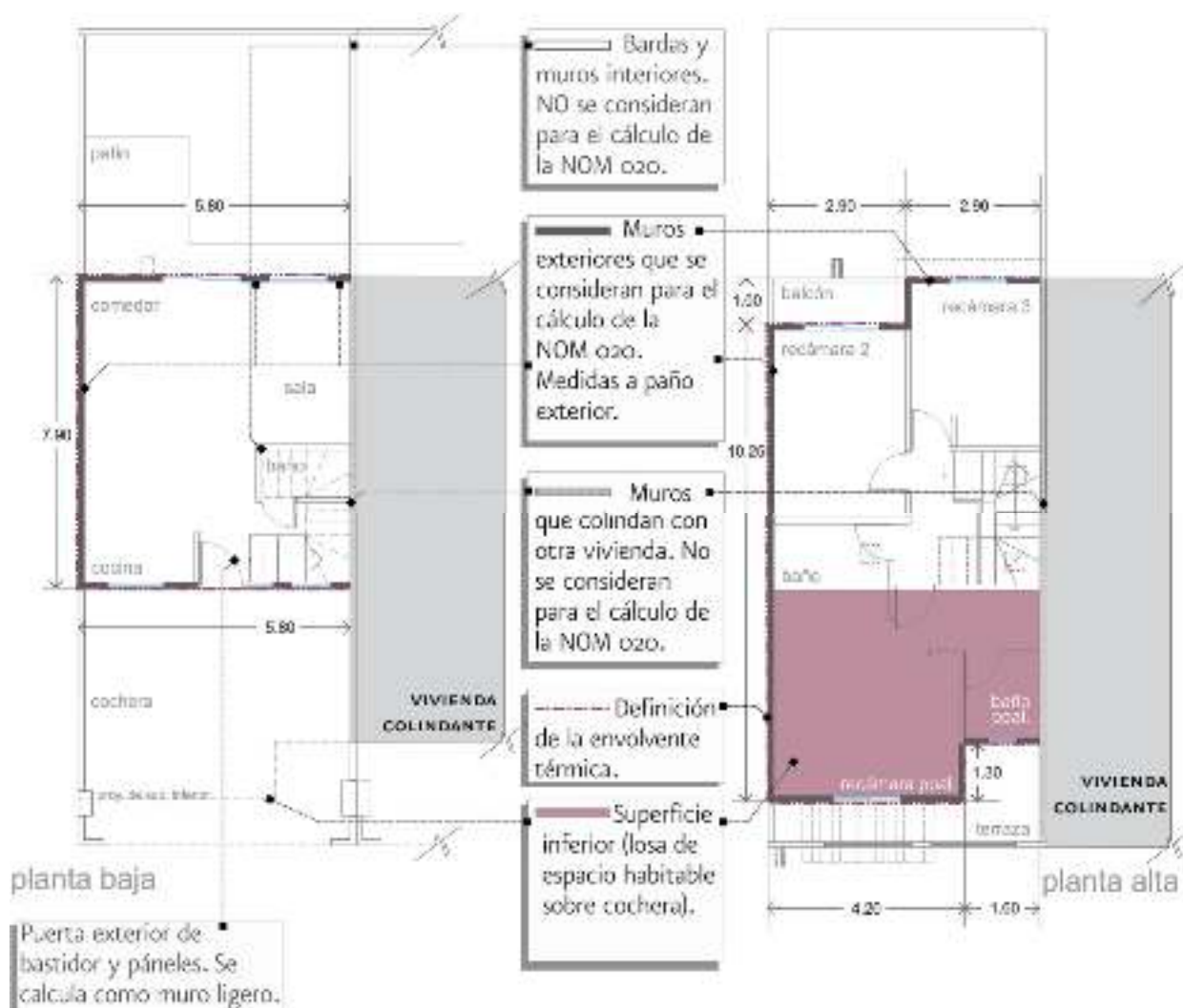


Fig. 3.5 Identificación de los componentes de la envolvente en planta.

3.3. 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 la superficie 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).

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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 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 superficie. 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 superficies verticales, $9.4 W/m^2K$ para superficies horizontales con flujo de calor hacia arriba (superficie inferior) y de $6.6 W/m^2K$ para superficies 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

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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:

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

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

Sustituyendo el valor de M en la Ecuación 1:

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

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.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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: 
h_e	Es la conductancia superficial exterior, y es igual a $13 W/m^2K$ 
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 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.

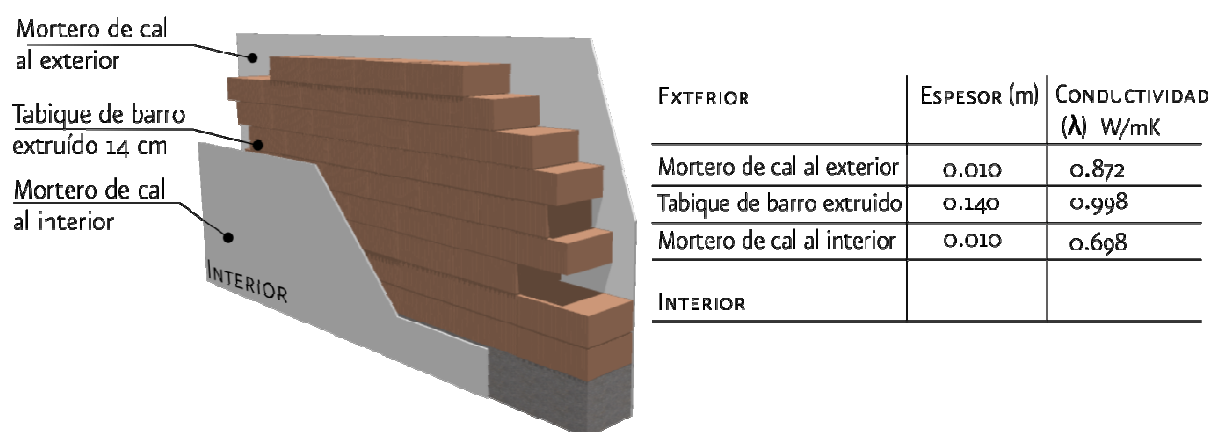


Fig. 3.7 Cálculo de valor K. Porción homogénea.

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

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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 5cm de espesor. Por debajo de las bovedillas, se aprecia una capa de 5cm 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 la superficie 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 $M_{parcial}$.

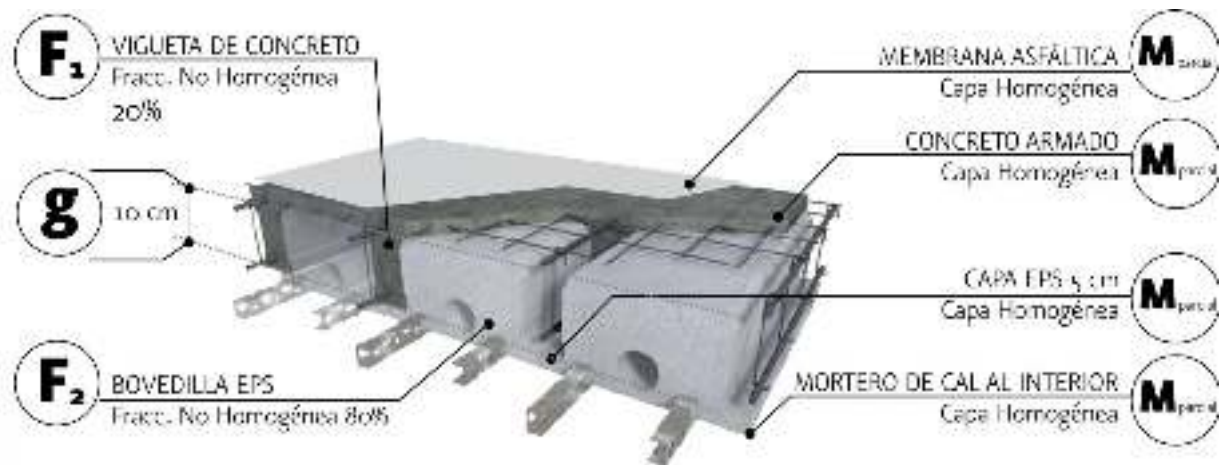
Entre estas cuatro capas continuas, se encuentran las viguetas de concreto y las bovedillas de EPS. Esta parte de la losa es

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 (g) 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
F2 0.80	Bovedilla EPS certificado	0.100	0.034
F1 0.20	Vigüeta Concreto armado	0.100	1.740

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

26

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 lm 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 (F _i) 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.

3.4. 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 entre los 45° hacia el Este o hacia el Oeste 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.

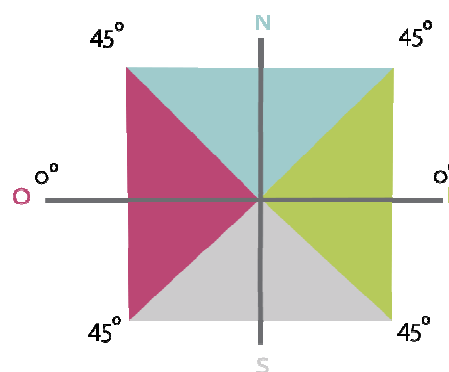


Fig. 3.10 Orientación de componentes según NOM 020.

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

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

diferentes orientaciones; lo que implica diferentes comportamientos energéticos para cada vivienda.

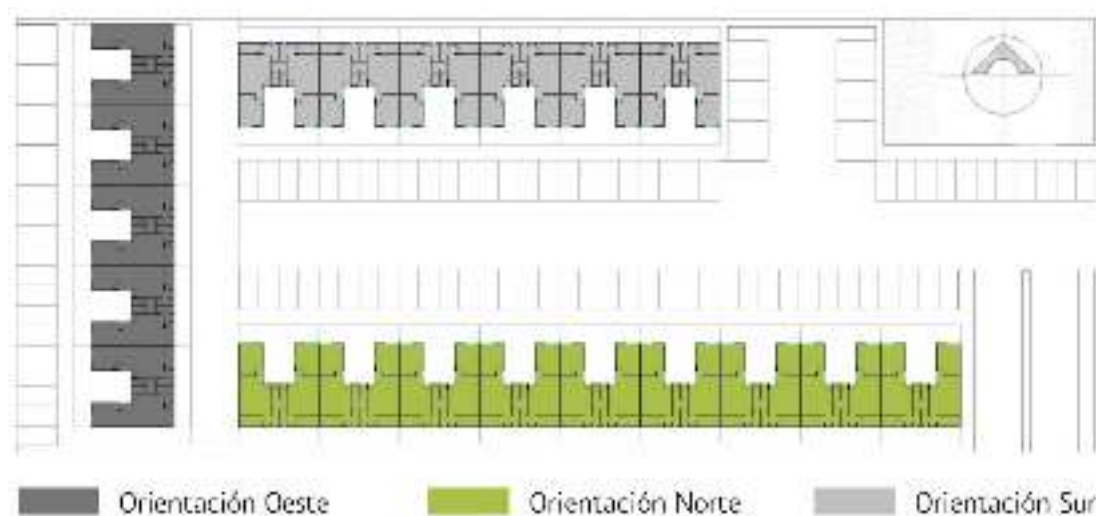


Fig. 3.11 Conjunto de viviendas iguales con diferentes orientaciones.

3.5. 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.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características



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

3.6. Particularidades de cálculo según la tipología de vivienda.

EDIFICIOS DE HASTA 3 NIVELES
Se utilizará un sólo valor **K** para muros y techos (incluye conjuntos horizontales con muros compartidos).

EDIFICIOS DE MÁS DE 3 NIVELES
Se calcula un valor **K** específico para muros y otro para techos.

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 de la superficie 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 techos³ como se ilustra en la Fig. 3.13.

Vivienda de hasta tres niveles

³ Ver Tabla 1 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

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 entrepiso 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.

3. Identificación de la envolvente térmica, componentes y características

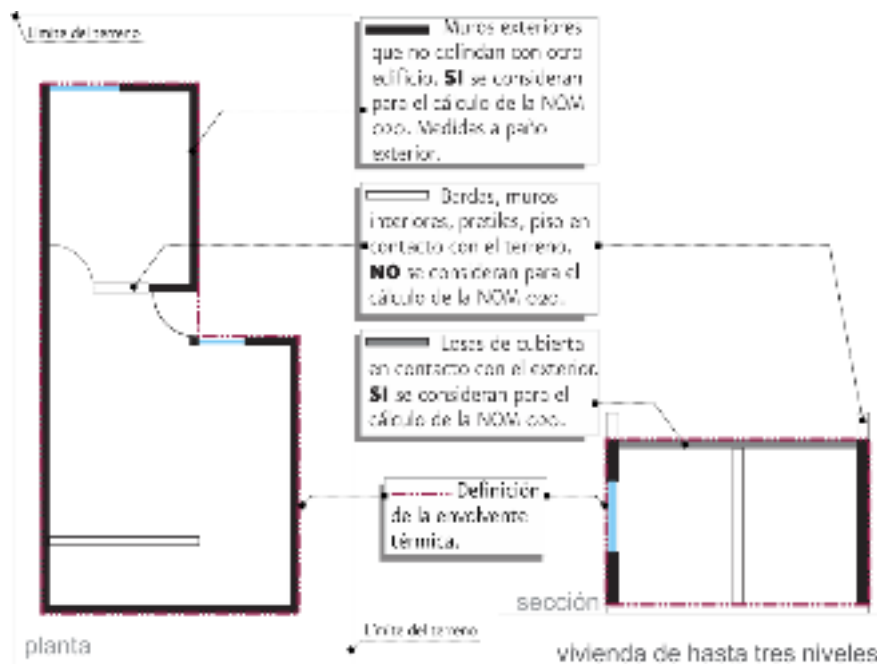


Fig. 3.14 Vivienda hasta tres niveles.

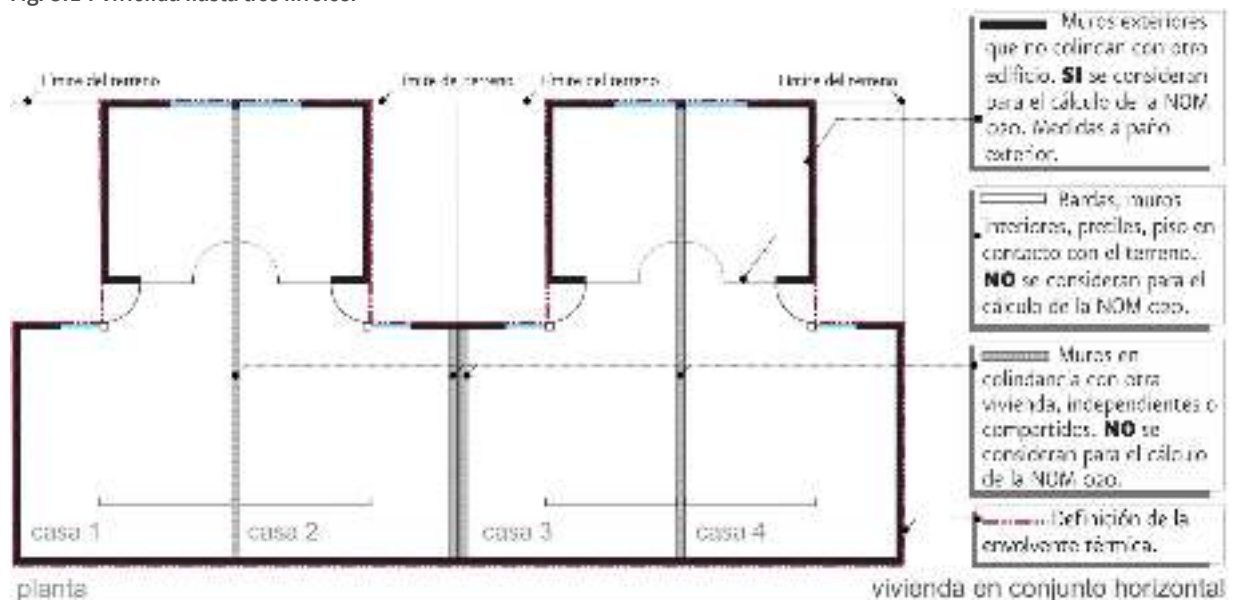


Fig. 3.15 Esquema vivienda en conjunto.

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.

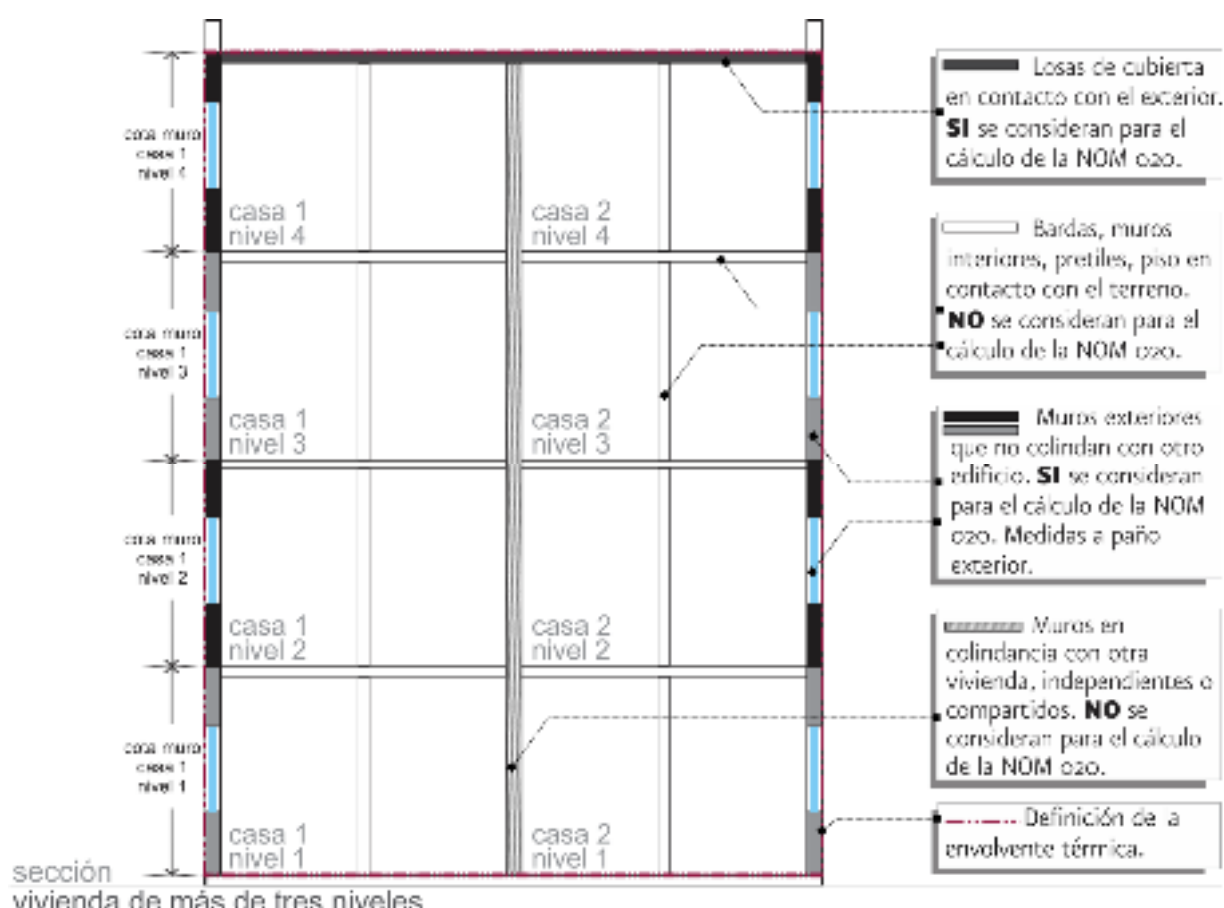


Fig. 3.16 Esquema de vivienda de más de tres niveles.

4. ¿Cómo utilizar las tablas de la nom-020- ener-2011?

4. ¿Cómo utilizarlas 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.

4.1. 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	Clima	K en paredes (W/m²K)			CONSTRUCCIÓN										RADIACIÓN		Barrido por viento						
					OFACA					TEMPERATURE					Factor de ganancia solar en el eje del IMCiel								
					TEMPERATURA ambiente promedio (°C)																		
					Superficie interior - exterior		Materiales		Materiales		Temperatura interior y exterior		Temperatura										
Techo y piso	Techo	Piso			M	T	C	H	S	O	T	E	A	T	E	A							
NORTE Y SUR CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24	45	31	24	27	25	22	30	33	32	25	25	24	24	274	21	197	12	146
	Al Frío	1.804	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
	Temperatura ambiente	1.836	2.535	2.712	25	51	35	1	24	31	31	26	30	35	36	25	26	26	259	22	198	13	145
CLIMA DESIERTO	Agua caliente	1.838	2.811	2.989	24																		

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 utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?



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 superficie 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 de la superficie del muro o techo; cubriendo el aislamiento térmico, principalmente en muros exteriores y techos en contacto con el exterior.

4.2. 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

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

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:

- 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.

4.3. 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.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

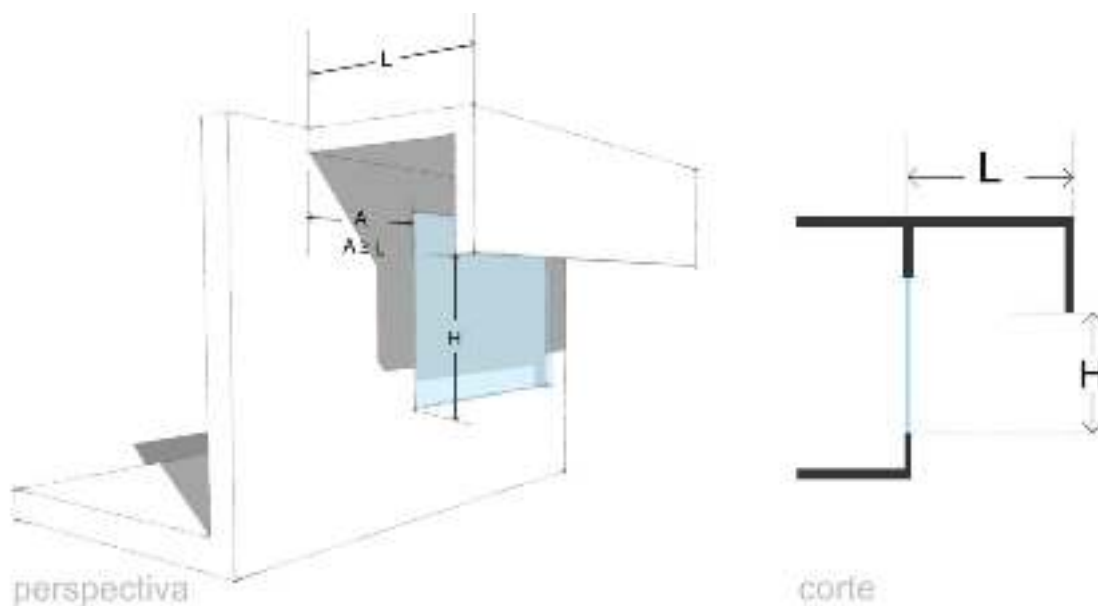


Fig. 4.3 Volado con extensión más allá de los límites de ventana.

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:

$L = 0.50$ m, $H = 1.66$ m y $A = 0.55$ m.

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.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

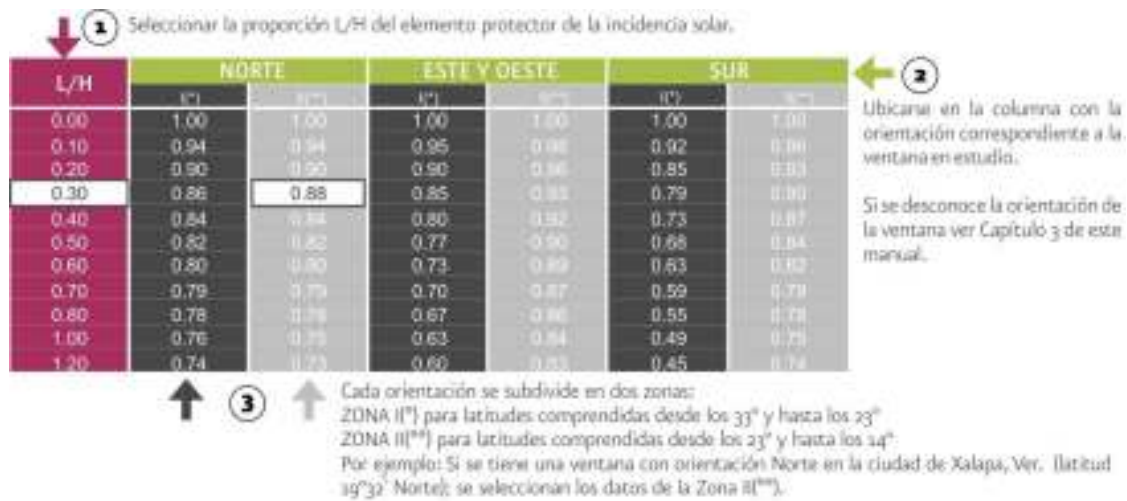


Fig. 4.4 Extracto de la Tabla 2 del Apéndice A de la NOM-020-ENER-2011.

4.4. 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 utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

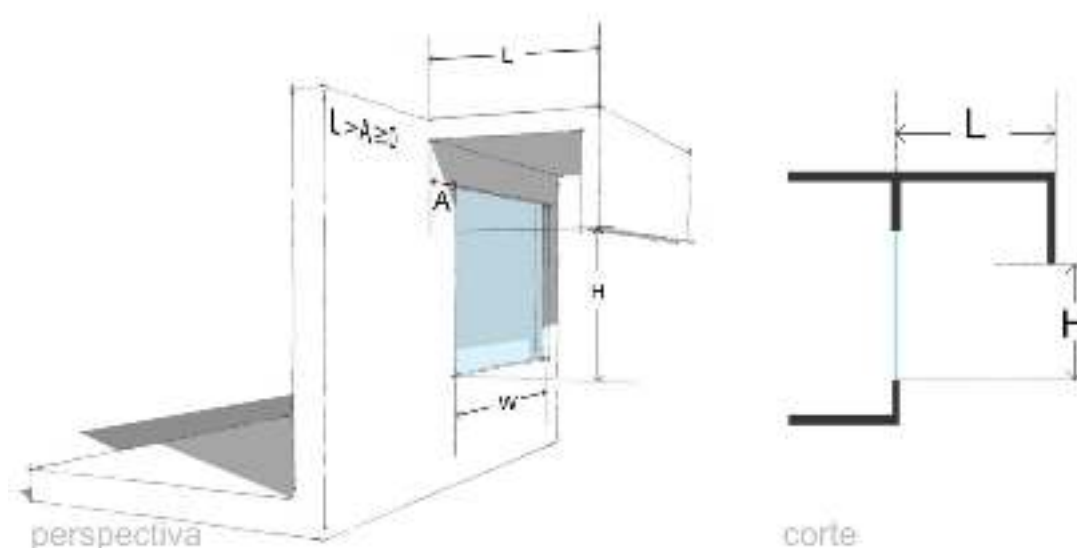


Fig. 4.5 Volado con extensión hasta los límites de la ventana.

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 parados variables como se explica más adelante en este capítulo.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

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

2 Localizar la proporción W/H de la ventana.

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

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

Ventana al Este y Oeste con latitud de 23° y hasta 19°							
W/H →	0.5	1	2	4	6	8 y mayor	
L/H ↓							
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
0.1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	
0.2	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	
0.3	0.92	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	
0.4	0.78	0.90	0.94	0.97	0.98	0.98	
0.5	0.65	0.82	0.89	0.94	0.97	0.98	
0.6	0.53	0.70	0.80	0.90	0.95	0.97	
0.7	0.42	0.58	0.70	0.82	0.90	0.95	
0.8	0.32	0.46	0.59	0.73	0.83	0.90	
1.0	0.18	0.28	0.39	0.54	0.67	0.80	
1.2	0.09	0.15	0.22	0.32	0.41	0.50	

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

4.5. 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.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

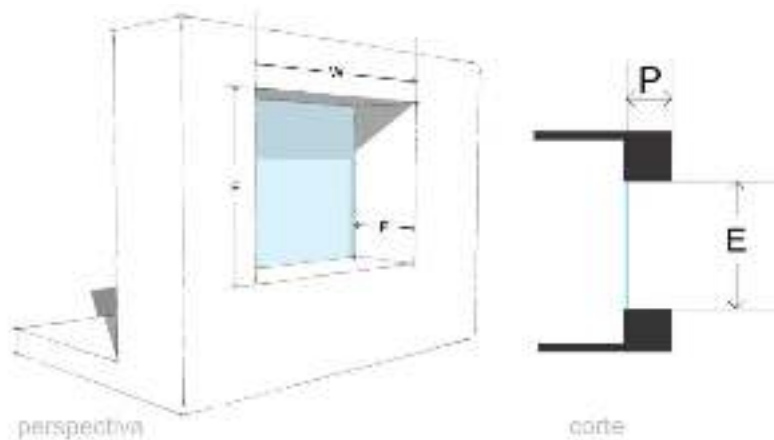


Fig. 4.7 Esquema de ventana remetida.

Ventanas al Norte con latitud de 19° y hasta 14°

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.

2 Localizar la proporción W/E de la ventana.

W/E →	0.0	1	2	3	4	5 y mayor
P/E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.1	0.71	0.52	0.37	0.29	0.21	0.09
0.2	0.57	0.34	0.24	0.15	0.09	0.03
0.3	0.45	0.24	0.12	0.08	0.06	0.02
0.4	0.34	0.16	0.08	0.05	0.04	0.01
0.5	0.28	0.12	0.07	0.04	0.03	0.01
0.6	0.22	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01
0.7	0.22	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01
0.8	0.21	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01
1.0	0.17	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01
1.2	0.13	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01

3 Localizar la proporción P/E del rematamiento 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.

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 parados variables como se explica más adelante en este capítulo.

4.6. 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.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

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 partesoies 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 partesoies utilizando la Tabla 5, se ilustra en laFig. 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.

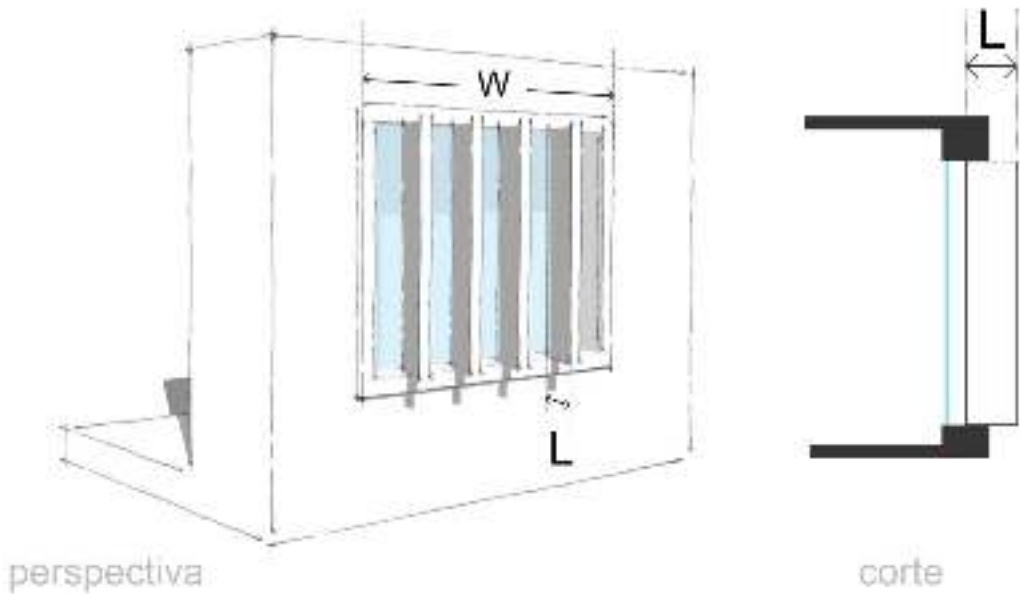


Fig. 4.9 Esquema de ventana con partesoies.

LATITUD 14° HASTA 19°				1	
3	L/W	Norte	Este y Oeste	Sur	2
Localizar la proporción L/W de la ventana en estudio.	0	1.00	1.00	1.00	Seleccionar la latitud del lugar en estudio.
	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	
					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.

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

4.7. 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 15° 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 80 cm (L).

$$L / W = 0.80 / 1.50 = 0.5333$$

$$Y = 0.5333$$

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 (15°), se utiliza únicamente la sección indicada con el rango de 14° hasta 19° (ver Fig. 4.11).

3. Con el valor resultante (Y=0.533) 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.

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

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

$$SE = [(0.26-0.52)/(1.0-0.5)] \times (0.5333-0.5) + 0.52$$

$$SE = 0.504$$

$$\text{Factor de corrección de sombreado exterior (SE)} = [(d-b)/(c-a)] \times (Y-a) + b$$

*Valor buscado



$$[(0.26-0.52)/(1.0-0.5)] \times (0.5333-0.5) + 0.52$$

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:

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

$$Y = L/H \text{ o } P/E$$

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 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:

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

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:

4. ¿Cómo utilizarlas tablas de la nom-020-ener-2011?

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

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

5.1. 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 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 superficie 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% de superficie 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 $K=5.319\text{W/m}^2\text{K}$ 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 inferior⁴.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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.

⁴ La definición de superficie inferior y algunos ejemplos se pueden encontrar en el Capítulo 3 de este manual.

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

5.2. Cálculo de ganancias de calor en edificio de referencia y proyectado.

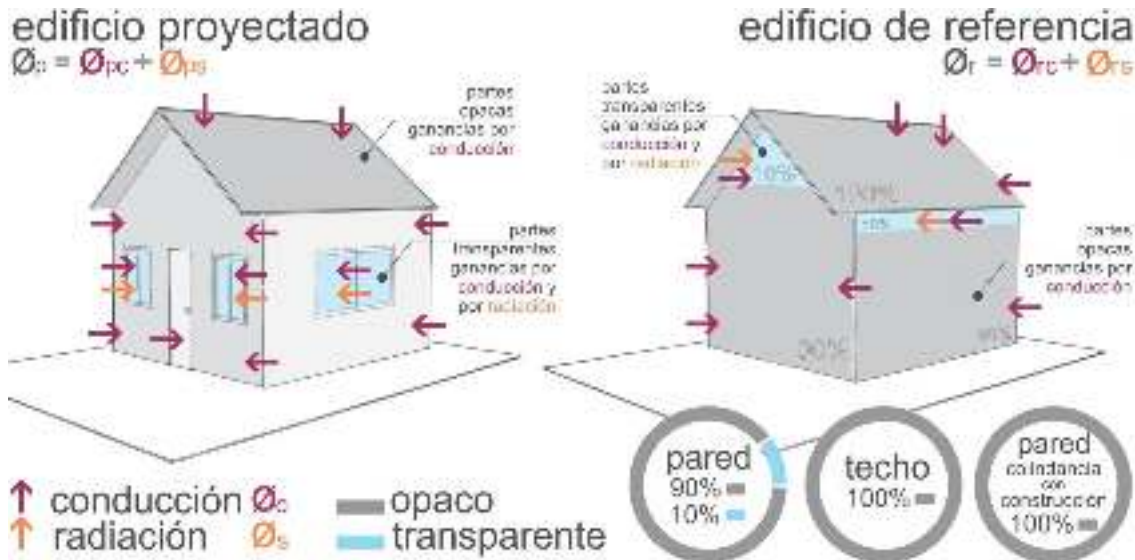


Fig. 5.1 Comparación edificio proyectado y de referencia.

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 $\dot{Q}$ (phi), y se refiere al edificio de referencia con el subíndice r ($\dot{Q}_r$) y al edificio proyectado con el subíndice p ($\dot{Q}_p$). 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 ($\dot{Q}_{rc}$), ($\dot{Q}_{rs}$) y

el proyectado ($\dot{Q}_{pc}$), ($\dot{Q}_{ps}$) 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 **Figura 5.1**.

5.3. 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: **Figura 5.1** y el símbolo: **F₁** indica, con el subíndice el número de hoja del formato.

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

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 : ☐ Sup. Opaca (restando domos, ventanas, puertas): ☐ Sup. transparente (con medidas reales de ventanas, domos, etc.): ☐ 4.2		
	EDIFICIO DE REFERENCIA: Sup. Opaca (porcentaje del área total del componente): ☐ Sup. transparente (porcentaje del área total del componente): ☐ 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: ☐ 3.1 Cálculo para porciones no homogéneas: ☐ 3.1 3.2 3.3 Valor K para partes transparentes (se puede obtener del certificado del producto): ☐ 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): ☐ 4.1 Más de tres niveles: (un valor K para muros y otro para techos): ☐ 4.1 Valor K para partes transparentes en paredes en ER siempre es 5.319 W/m ² K: ☐ 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 ($\dot{Q}_{pc}$) y ER ($\dot{Q}_{rc}$).		☐
	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: ☐ 4.2.2	Para ER siempre es igual a uno (1): ☐ 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 ($\dot{Q}_{pr}$) y ER ($\dot{Q}_{rr}$).		☐
	Se llena en: F₄		4.2.2 4.1.2
10	Calcular la ganancia de calor total para EP ($\dot{Q}_p$) y ER ($\dot{Q}_r$).		☐
	Se llena en: F₅		5.1

Fig. 5.2 Pasos para calcular el presupuesto energético.

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

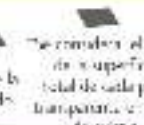
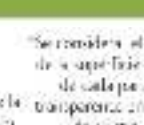
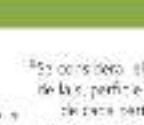
Componente de acuerdo a su orientación	Área total del componente en m ²	EDIFICIO DE REFERENCIA		EDIFICIO PROYECTADO		Nomenclatura para identificar los componentes en el cálculo
		Superficie opaca m ² * Para cálculo por conducción y radiación	Superficie transparente m ² * Para cálculo por conducción y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

5.4. 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 sumarmas y obtener un total, como se ilustra en la Fig. 5.4.

5.5. Cálculo de ganancias de calor por radiación.

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

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.

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

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

	Coeficiente global de transferencia de calor de la parte W/m^2K	Área de la parte m^2	Diferencia entre la temperatura equivalente promedio (t_{ei}) y la temperatura interior del edificio (t) $^{\circ}C$		
$\sum_{j=1}^n$ Partes que conforman la construcción (j) * Se agregan los valores para las componentes de referencia.	$[k_j]$ El valor k para partes transparentes en ventanas depende de los valores de ER . Para partes opacas depende el número de huecos por metro cuadrado de la superficie de la construcción.	A_{ij} 90% del área total para muros, puertas y ventanas opacas y 10% para partes transparentes. Para ventanas opacas, depende el número de huecos por metro cuadrado de la superficie de la construcción.	$(t_{ei} - t)$ Igual que edificio proyectado. Para ER se usan valores del muro masivo para paredes.	$=$ Φ_{rci}	$\downarrow$ Σ $\downarrow$
Ejemplo: Muro Norte (MN1) con dos ventanas y una puerta.					
Parte Opaca	$[k_j]$	A_{ij} 90%	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{rc}
Parte Transparente	[5.319]	A_{ij} 10%	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{rc}

B Ganancia de calor por conducción para el edificio proyectado.

	Coeficiente global de transferencia de calor de la parte W/m^2K	Área de la parte m^2	Diferencia entre la temperatura equivalente promedio (t_{ei}) y la temperatura interior del edificio (t) $^{\circ}C$		
$\sum_{j=1}^n$ Partes que conforman la construcción (j) * Se agregan los valores para las componentes de referencia.	Se calcula de acuerdo a los métodos de proyecto, según normas nacionales, internacionales y las siguientes: * $k = 1/RS$	Se obtiene midiendo la parte como se indica en el dibujo. * Se agregan el área (incluyendo puertas, ventanas, etc.)	Para partes opacas se calcula los volúmenes y el área de partes transparentes de los volúmenes y el área de la habitación. Aplicar A en la Norma. * Depende de la calidad del aislamiento y la orientación. Se usan valores de muro ligero para puertas (ver Tabla 4.1).	$=$ Φ_{pci}	$\downarrow$ Σ $\downarrow$
Ejemplo: Muro Norte (MN1) con dos ventanas y una puerta.					
Superficies Opacas					
MN1	$[k_{muro}]$	A_{muro} (muros, ventanas y puertas)	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{pc}
MN1-PA1	$[k_{puerta}]$	A_{puerta} 100%	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{pc}
Superficies transparentes					
MN1-V1	$[k_{ventana1}]$	$A_{ventana1}$ 100%	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{pc}
MN1-V2	$[k_{ventana2}]$	$A_{ventana2}$ 100%	$(t_{ei} - t)$	$=$	Φ_{pc}

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

5. Cálculos de edificio proyectado y de referencia

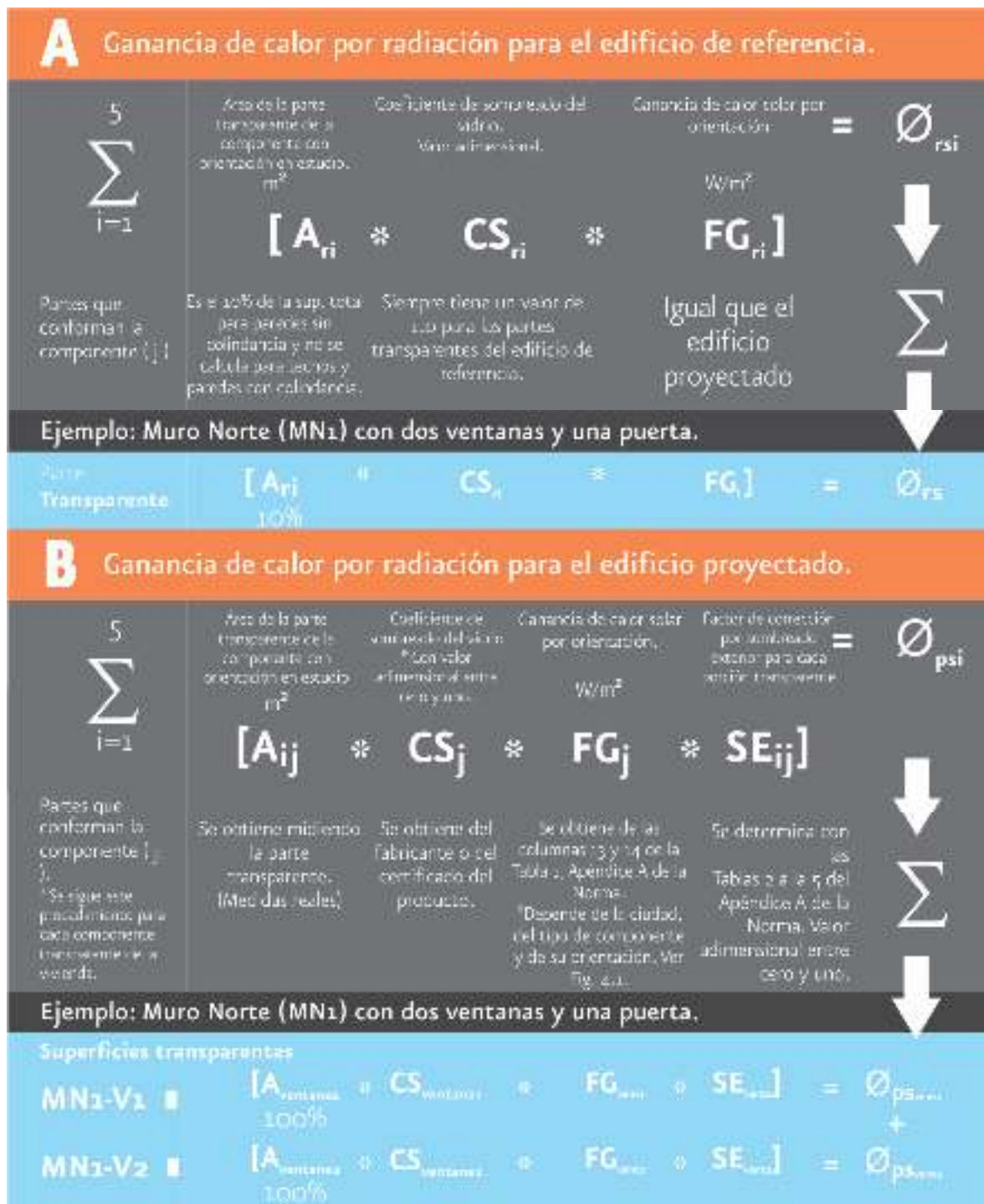


Fig. 5.5 Guía para cálculo de ganancias de calor por radiación.

5.6. Presupuesto energético

Finalmente, se obtiene la ganancia total de calor sumando los resultados de las ganancias de calor por conducción ($\dot{Q}_{rc}$ para ER y $\dot{Q}_{pc}$ para EP) y por radiación ($\dot{Q}_{rs}$ para ER y $\dot{Q}_{ps}$ para EP). La ganancia total de calor para el edificio de referencia ($\dot{Q}_r$) será comparada posteriormente con el resultado de ganancia total de calor del edificio proyectado ($\dot{Q}_p$) 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 $\dot{Q}_p \leq \dot{Q}_r$; entonces el porcentaje de ahorro se puede calcular utilizando la fórmula:

$$\text{Ahorro de energía} = \left(1 - \frac{\dot{Q}_p}{\dot{Q}_r} \right) (100)$$

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 copiado 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.

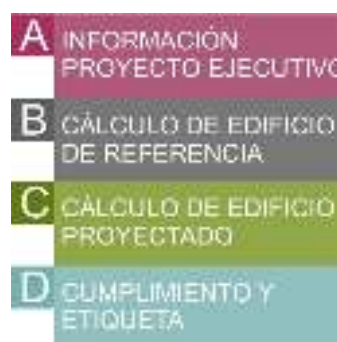


Fig. 6.1 Etapas del proceso de cálculo del presupuesto energético.

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  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:  en donde el subíndice representa el número de hoja del formato a la cual se hace referencia. Una etiqueta como esta:  mostrará la sección 0 6.1. 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 una superficie 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

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



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 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.



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

6. Ejemplo de cálculo

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 12mm de espesor con cancelería de aluminio. El coeficiente global de transferencia de calor (K) reportado por el fabricante es de $1.65 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un coeficiente de sombra (CS) igual a 0.441.

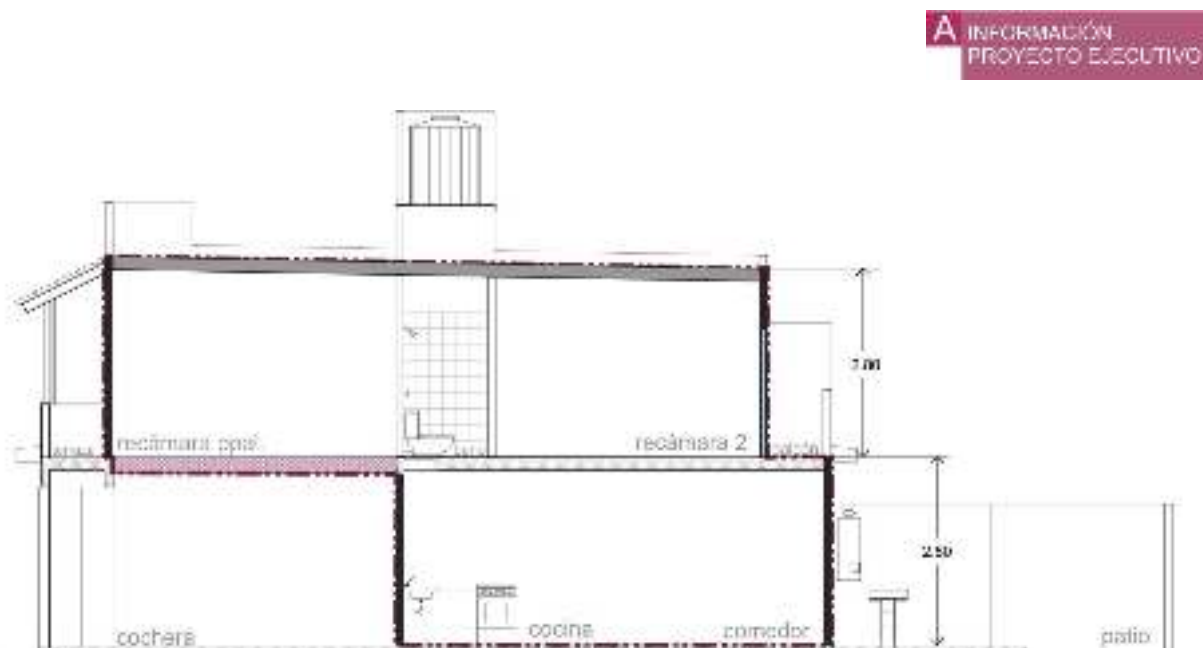


Fig. 6.2 Corte X-X' de la vivienda analizada.



Fig. 6.3 Fachadas de la vivienda analizada.

6. Ejemplo de cálculo

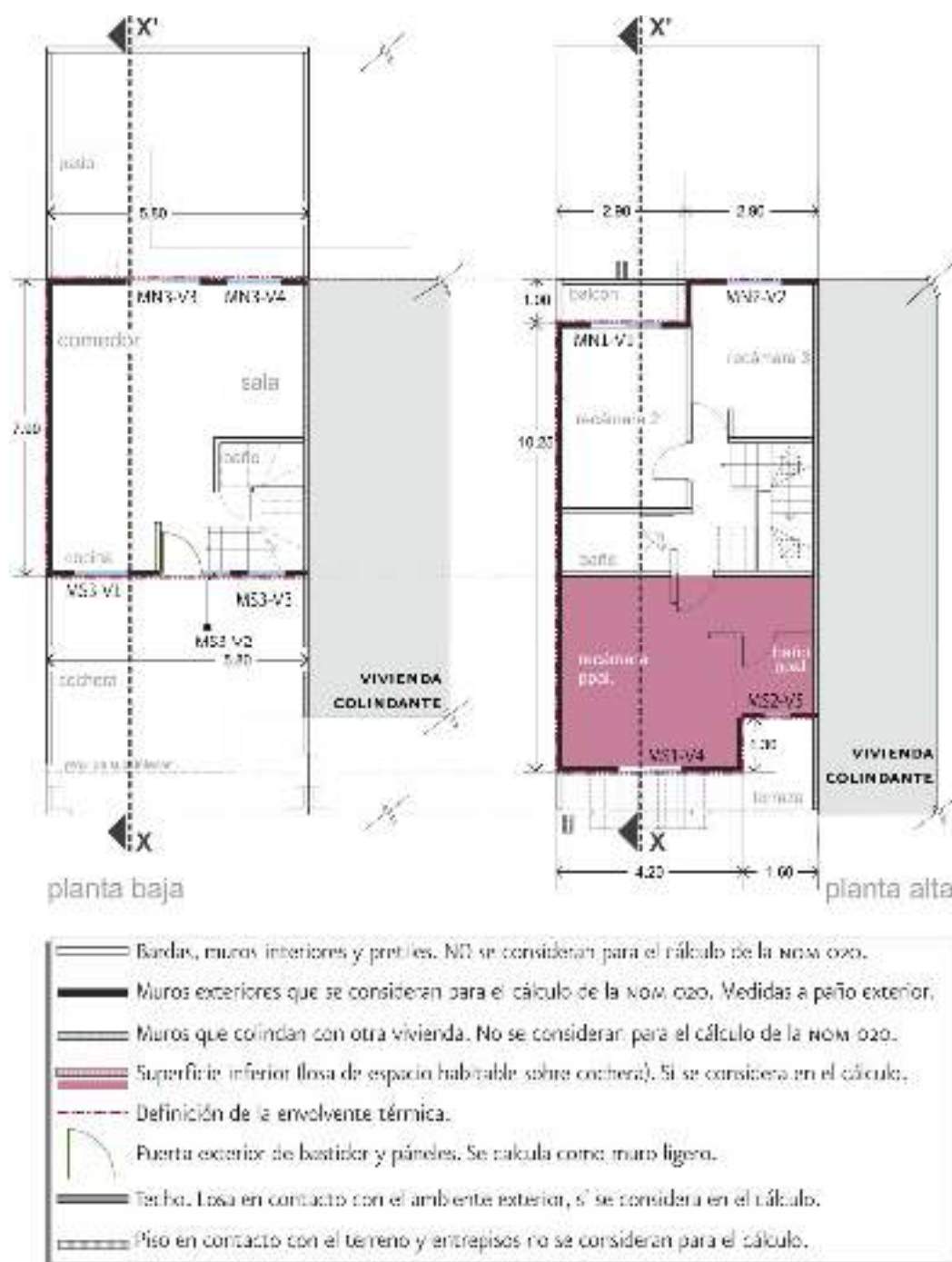
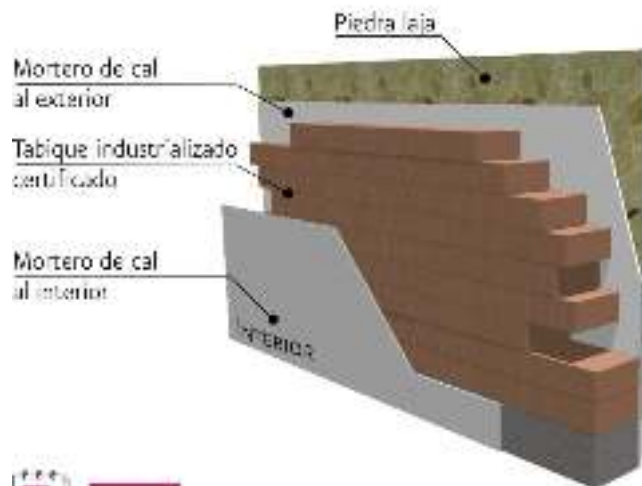


Fig. 6.4 Plantas arquitectónicas de la vivienda analizada.

6. Ejemplo de cálculo

A INFORMACIÓN
PROYECTO EJECUTIVO



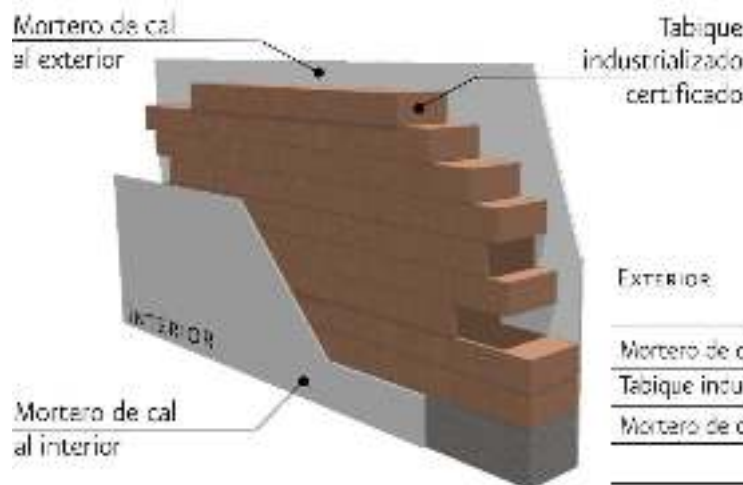
F₃

3.1

C

MS1

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



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

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

62

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 entrepiso 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 entrepiso 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.

6. Ejemplo de cálculo

Los detalles constructivos de la losa se pueden apreciar en la Fig. 6.7.

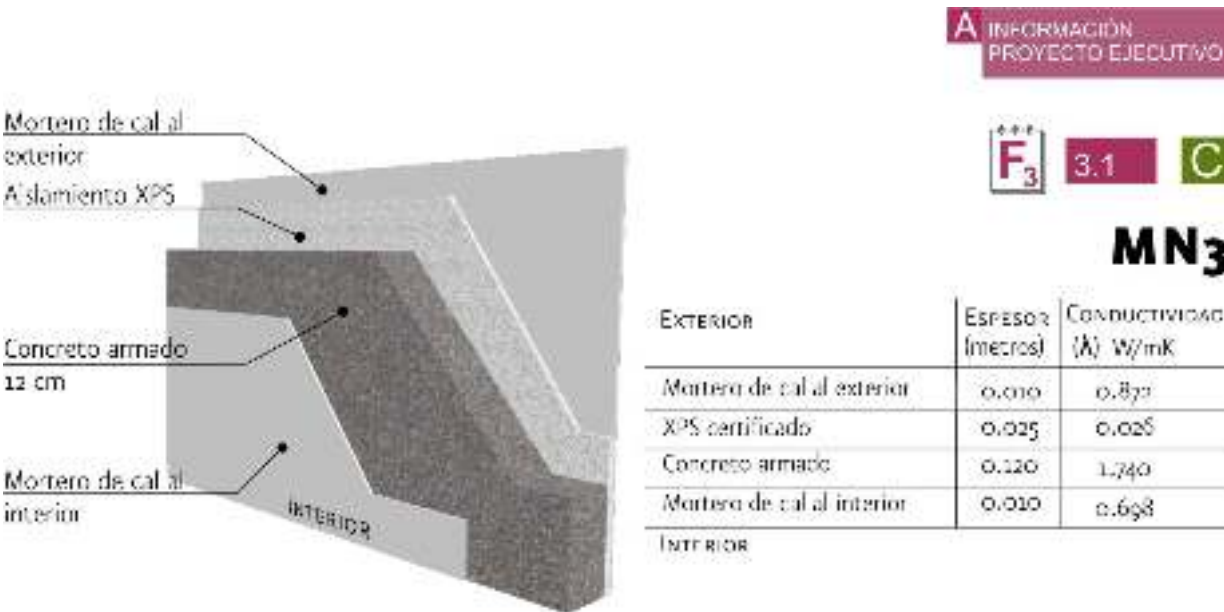


Fig. 6.6 Composición de muro MN3 de acuerdo a proyecto arquitectónico.



Fig. 6.7 Composición de las losas T1 y T2 de acuerdo a 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 M01 será tres veces, en efecto M01, por encontrarse en orientación Oeste y tres veces será ME1, por encontrarse en orientación Este.

6. Ejemplo de cálculo

De tal manera que, para efectos de cálculo, únicamente se cuantifican el muro M01 de la primera vivienda y el muro ME1 de la última vivienda del conjunto, es decir, las viviendas que se encuentran en los cabeceros.

Del mismo modo, para efectos de cálculo, los muros M02 y ME2 siempre se cuantifican, ya que nunca resultan en colindancia con otra construcción. Sin embargo, M02 aparecerá tres veces en orientación Oeste y tres veces en orientación Este como se ilustra en la Fig. 6.8.

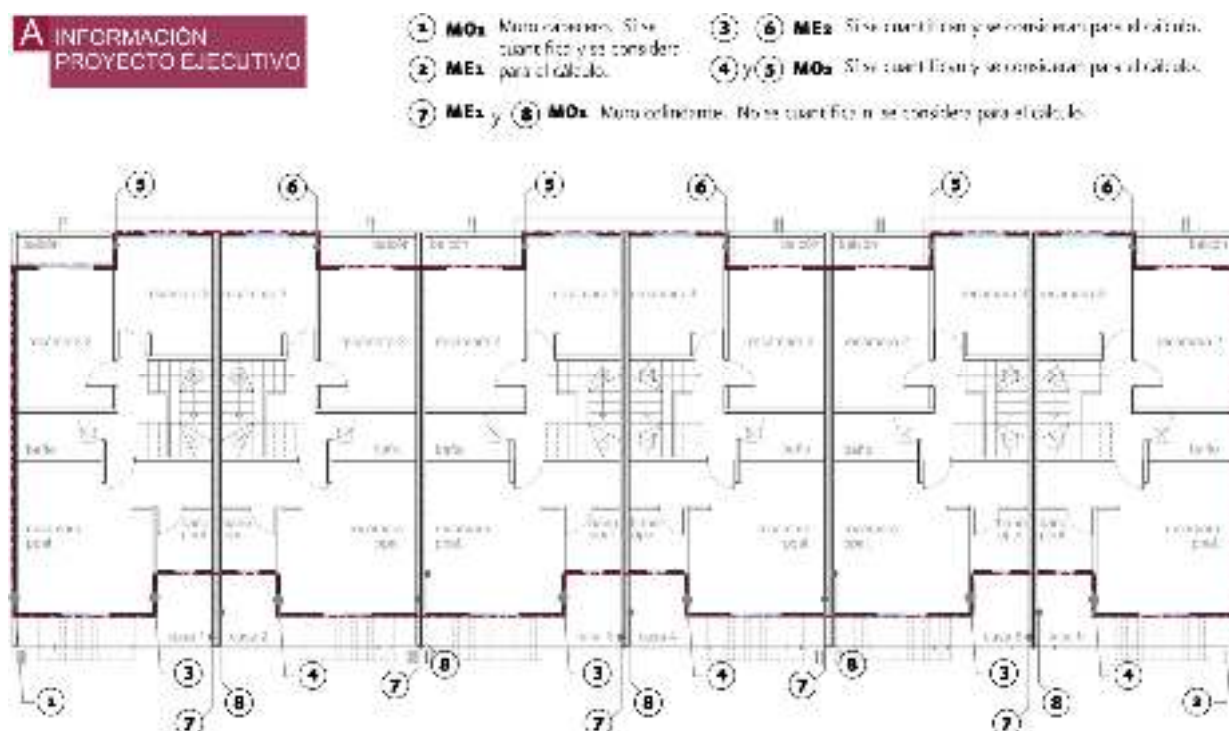


Fig. 6.8 Planta de viviendas en conjunto horizontal.

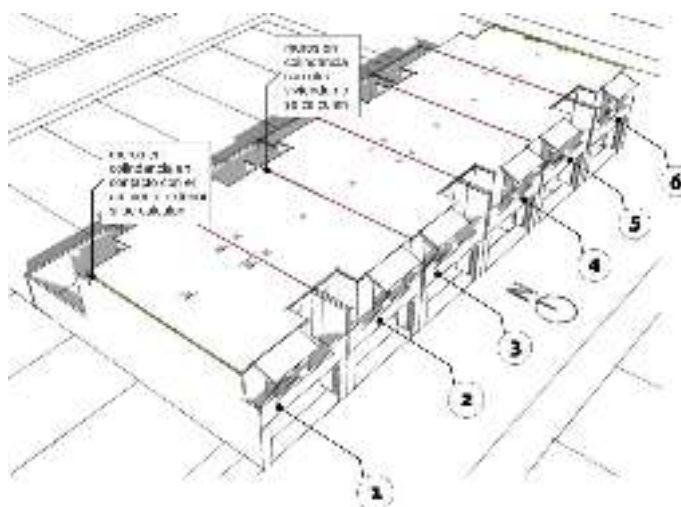


Fig. 6.9 Perspectiva viviendas en conjunto horizontal.

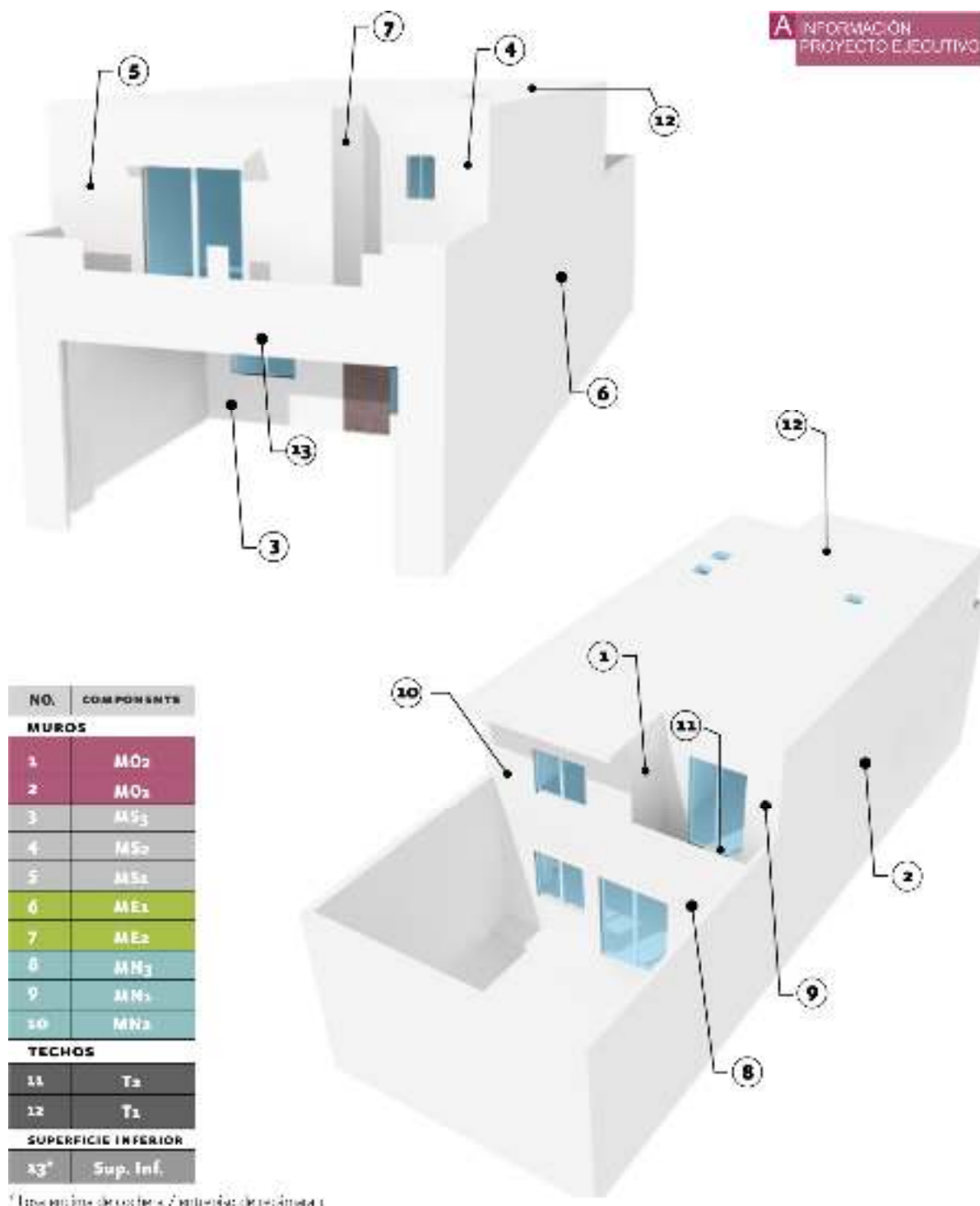


Fig. 6.10 Identificación de componentes de vivienda analizada. Perspectiva.

6. Ejemplo de cálculo

usar áreas totales para cálculo **ER**.
muros: 90% opaco
10% transparente
techos: 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. DRACA	VENTANA / PUERTA / DOMO	ÁREA MENOS VANOS	TOTAL	
		UNA VIVIENDA			CONJUNTO 6 VIVIENDAS				
1	MO2	3.5		3.5	21		21	MO	
2	MO1	51.44		51.44	308.64		308.64	329.64	área total de muro Oeste
3	MS3	15.77	MS3-V1, MS3-V2, MS3-V3, MS3-P1	10.68	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	área total de muro Norte menos ventanas y puertas
10	MN2	8.57	MN2-V2	5.38	51.42		32.28	148.92	
20	MN3-V3		3.47			20.82			área total de superficie transparente hacia el Norte
21	MN3-V4		1.55			9.3			
22	MN1-V1		1.56			9.36		MN-V	
23	MN2-V2		3.19			19.14		58.62	
11	T2	2.91		2.91	17.46		17.46	T	área total techo
12	T1	61.8	DOMOS	60.38	370.8		362.16	388.26	área total de techo menos domos
24	DOMOS		1.44			8.64		8.64	
13	SUP. INF.	24.6		24.6	147.6		147.6	SUP. INF.	área total de sup. inferior

Fig. 6.11 Tabla de áreas por componente y orientación.

6.2. 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 superficies requeridas para el cálculo. Es importante destacar que estas superficies 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 superficie 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

6. Ejemplo de cálculo

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 superficie fuera opaca y el 10% de su superficie 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.

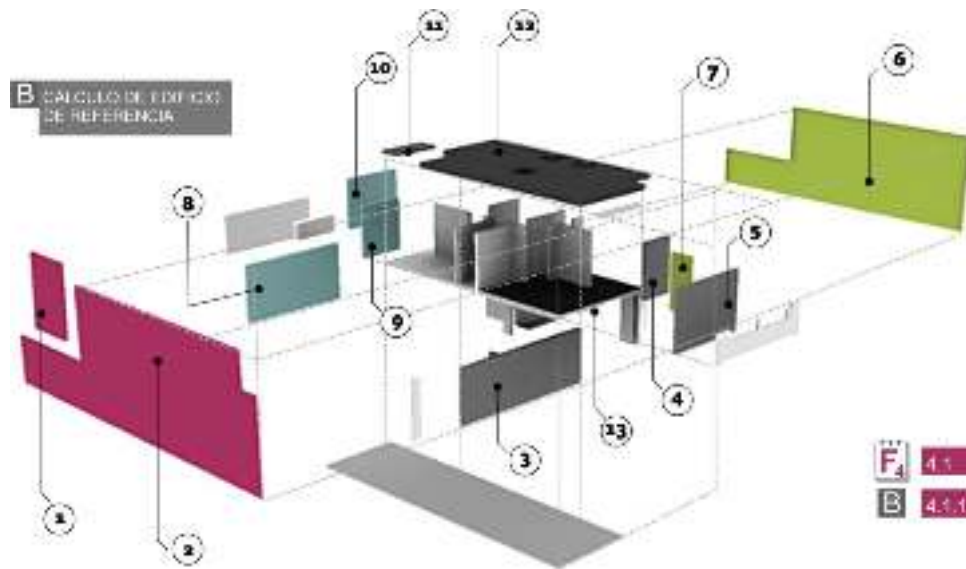


Fig. 6.12 Cálculo del edificio de referencia. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.

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 W/m²K y para partes transparentes en techos⁵: 5.952 W/m²K.

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 ($K \cdot A \cdot F$) por la diferencia de la columna 5 menos la columna 6 ($t_e - t$).

En este ejemplo, el resultado de las ganancias por conducción [$K \cdot A \cdot F(t_e - t)$] para el componente muro Oeste es de 274.23 W para su porción opaca y de 154.06 W para la porción transparente.

9 De este modo, la ganancia de calor por conducción, tanto en elementos opacos como transparentes, en el conjunto de viviendas es de 7,661.76 W.

⁵ 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.

6. Ejemplo de cálculo

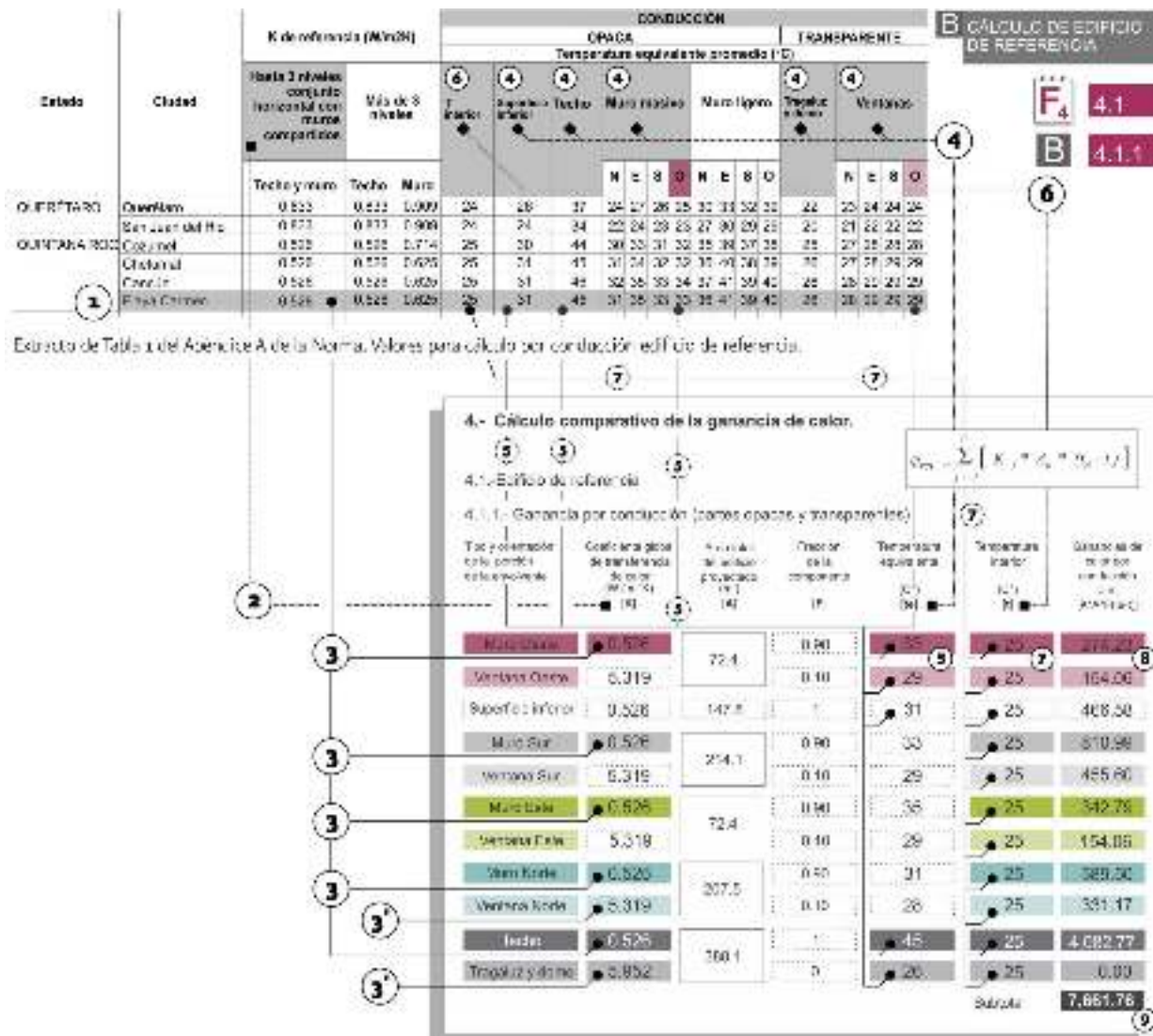


Fig. 6.14Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 4.1.1. Valores K, te y t.

B CÁLULO 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 superficies transparentes, cualquiera que sea su orientación.

3. 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.

4. 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.



6. Ejemplo de cálculo

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	CONDUCCIÓN																RADIACIÓN TRANSPARENTE		Módulo de referencia (W/m²)			
		K de referencia (W/m²K)		OPACA						TRANSPARENTE													
				Temperatura equivalente promedio (°C)										Factor de ganancia solar promedio FG (W/m²)									
		Hasta 3 niveles conjunto horizontal con muros compartidos	Módulo de 3 edificios	T interior	Exterior	Techo	Muro masivo				Muro ligero					Tragaluz	Ventanas						
							N	E	S	O	N	E	S	O	N			E	S		O		
Techo y muro	Techo	Muro																Tragaluz y domo	N	E	S	O	
QUEBECARQ	Quebec	0.000	0.000	0.000	24	26	57	24	22	23	20	20	20	22	24	24	24	274	0.1	127	114	140	
	St-Jov del R.	0.000	0.000	0.000	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	274	0.1	127	114	140	
QUINTANA ROO	Cancun	0.000	0.000	0.714	25	30	44	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	284	0.5	152	110	122	a
	Chetumal	0.000	0.000	0.000	25	31	45	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	284	0.5	152	110	122	a
	Cancun	0.000	0.000	0.000	25	31	45	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	284	0.5	152	110	122	a
	Tierra Caliente	0.000	0.000	0.000	25	31	45	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	284	0.5	152	110	122	a

Extracción de Tabla 1 del Apéndice A de la Norma. Valores para cálculo por conductión en edificio de referencia.

Notar mismos datos que en el cálculo por conducción. Sección 4.1.1. Ver Fig. 5.13

4.1.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$Q_{rad} = \sum_{j=1}^n [A_{t,j} * CS_{t,j} * FG_{t,j} * SE_{t,j}]$$

	Tipo y orientación de la pared de la envolvente	Coefficiente de sombreado (CS)	Área total del edificio proyectado (m²) (A)	Fracción de la componente (F)	Ganancia de calor (W/m²) (F)	Ganancias de calor por radiación para la envolvente
2	Tragaluz y domo	1.0000	0	0	284	0.00
2	Ventana Norte	1.0000	207.50	0.1	95	1,971.63
2	Ventana Este	1.0000	72.4	0.1	152	1,100.63
2	Ventana Sur	1.0000	214.1	0.1	119	2,548.27
2	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.

6.3. Cálculo del edificio proyectado. Vivienda en conjunto horizontal.



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 superficies requeridas para el cálculo. Es importante destacar que estas superficies, 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 superficies 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.

6. Ejemplo de cálculo

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 M02. Compuestos de mortero de cal al interior y exterior y tabique industrializado.

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).

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 (l), se obtienen de la información del proyecto arquitectónico. El

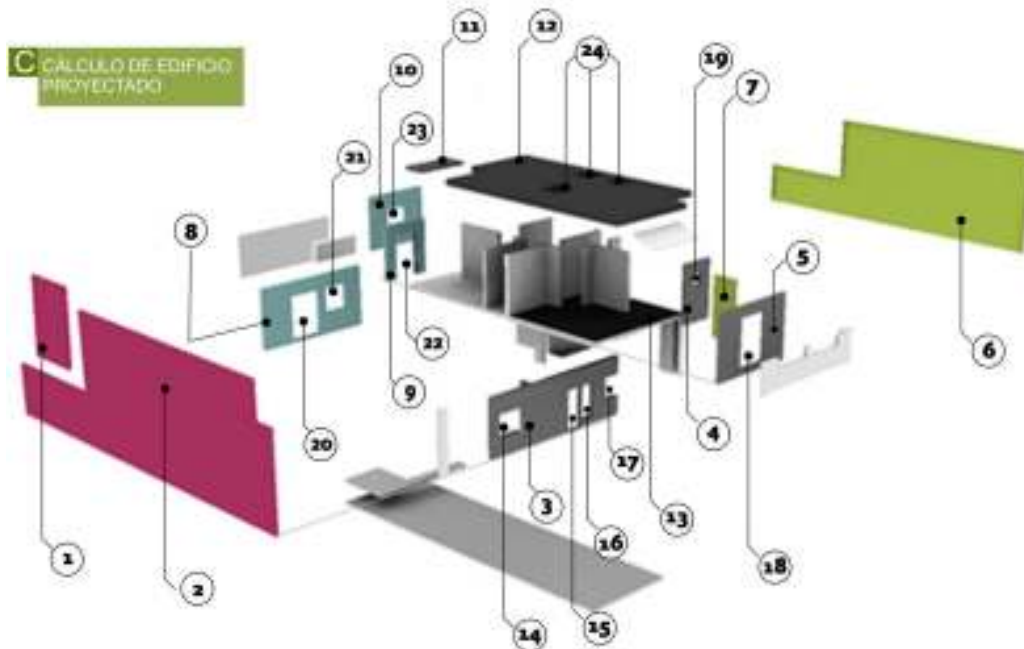


Fig. 6.16 Cálculo del edificio proyectado. Identificación de los componentes y cálculo de áreas.

6. Ejemplo de cálculo

	ÁREA MENOS VANOS	TOTAL
CONJUNTO Ó VIVIENDAS		
1 MO2	20.97	MO 72.41
2 MO1	51.44	
3 MS3	63.96	MS 164.01
4 MS2	32.52	
5 MS1	67.5	
6 ME1	51.44	ME 72.41
7 ME2	20.97	
9 MN1	43.28	MN 148.97
10 MN2	32.28	
8 MN3	73.39	

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

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

4.2.- Edificio proyectado:

4.2.1.- Ganancia por radiación (paredes opacas y transparentes):

$$Q_{\text{rad}} = \sum_{i=1}^n [K_i \cdot A_i \cdot (t_{\text{ext}} - t_{\text{int}})]$$

	Contribución global de transmisión de calor (W/m²)	Área del porche en m² (m²)	Temperatura exterior (°C)	Temperatura interior (°C)	Ganancia por radiación (W/m²)
1.1 Techo (balcón MO)					17.46
1.1 Techo Plaza A+B					167.726
1.1 Paredes Techo					1.88
1.1 Superficie Interior					12.94
4.2.1.1 Muro norte					15.76
4.2.1.1.1 Muro norte 1					3.38
4.2.1.1.2 Muro norte 2 (MN1)					12.38
4.2.1.1.3 Muro norte 3 (MN2)					12.38

F₂ 4.2

C 42.1

F₆ 42.2

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

6. Ejemplo de cálculo

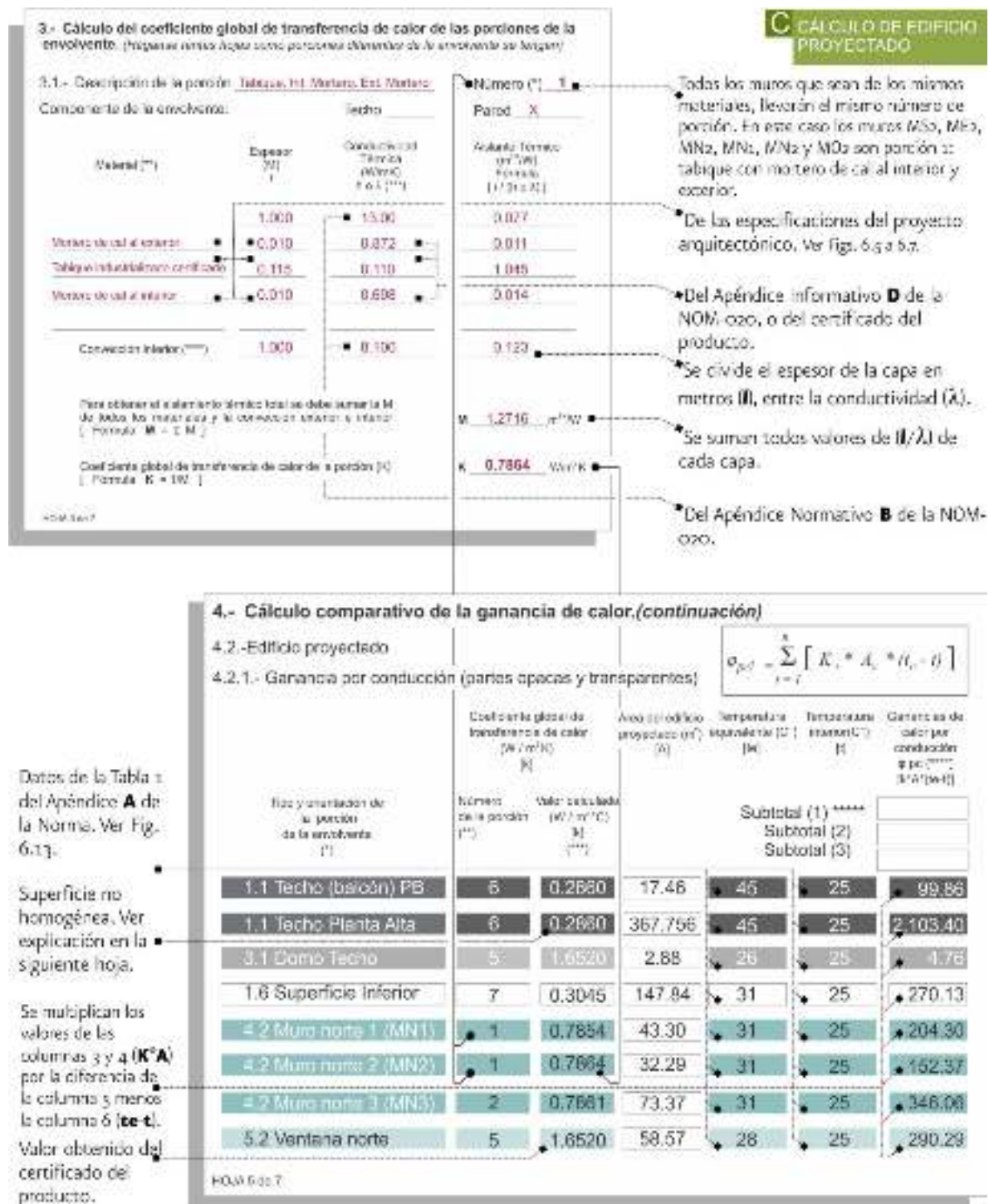


Fig. 6.18 Llenado de formato de presupuesto energético. Secciones 3.1 y 4.2.

Los valores de convección exterior (h_e) e interior (h_i) se colocan en el primer y último renglón de la

6. Ejemplo de cálculo

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 la superficie 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.

6. Ejemplo de cálculo

3.- Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de las porciones de la envolvente (*) (Hágase estas hojas como porciones diferentes de la envolvente de forma)

3.1.- Descripción de la porción no homogénea (ver figura adjunta) Número: 1

Componente de la envolvente: 2 Techo: Pared

Área de la componente en m² (A): 51.77 Alta: X Ancho:

Área que ocupa la componente no homogénea 1: 40.2658

Fración de la combinación (F₁): 78.39%

Área que ocupa la componente no homogénea 2: 13.4047

Fración de la combinación (F₂): 21.72%

Área que ocupa la componente no homogénea 3:

Fración de la combinación (F₃):

3.2.- Aislamiento térmico parcial.

Material (*)	Espesor (m)	Conductividad Térmica (W/mK) (ver tabla adjunta)	Aislante Térmico (m ² K/W) Fórmula: $\frac{A}{U \times F \times 24}$
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 Carilizado	0.050	0.034	1.471
Aislamiento de cel. alveolares	0.010	0.038	0.614
Convección interior	1.000	8.600	0.150

Para obtener el aislamiento térmico parcial sumarlo M de todos los materiales más la convección exterior e interior.
Fórmula: $M_{total} = \sum U$

M_{total}: 1.760 m²/KW

Máximo de pérdida, usarla en la segunda columna de la sección 4.2.1. Ver Fig. 6.4.3.

Área total de la componente (losa).

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

Área de la losa que es de vigas.

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

Del Apéndice Normativo B de la NOM 020, Convección exterior siempre es 13 W/mK y convección interior siempre es 8.6 W/mK, por 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 (m) entre la conductividad (W/mK).

Se suman todos valores de U de cada capa homogénea. Este resultado se conoce como Mparcial (3) 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.

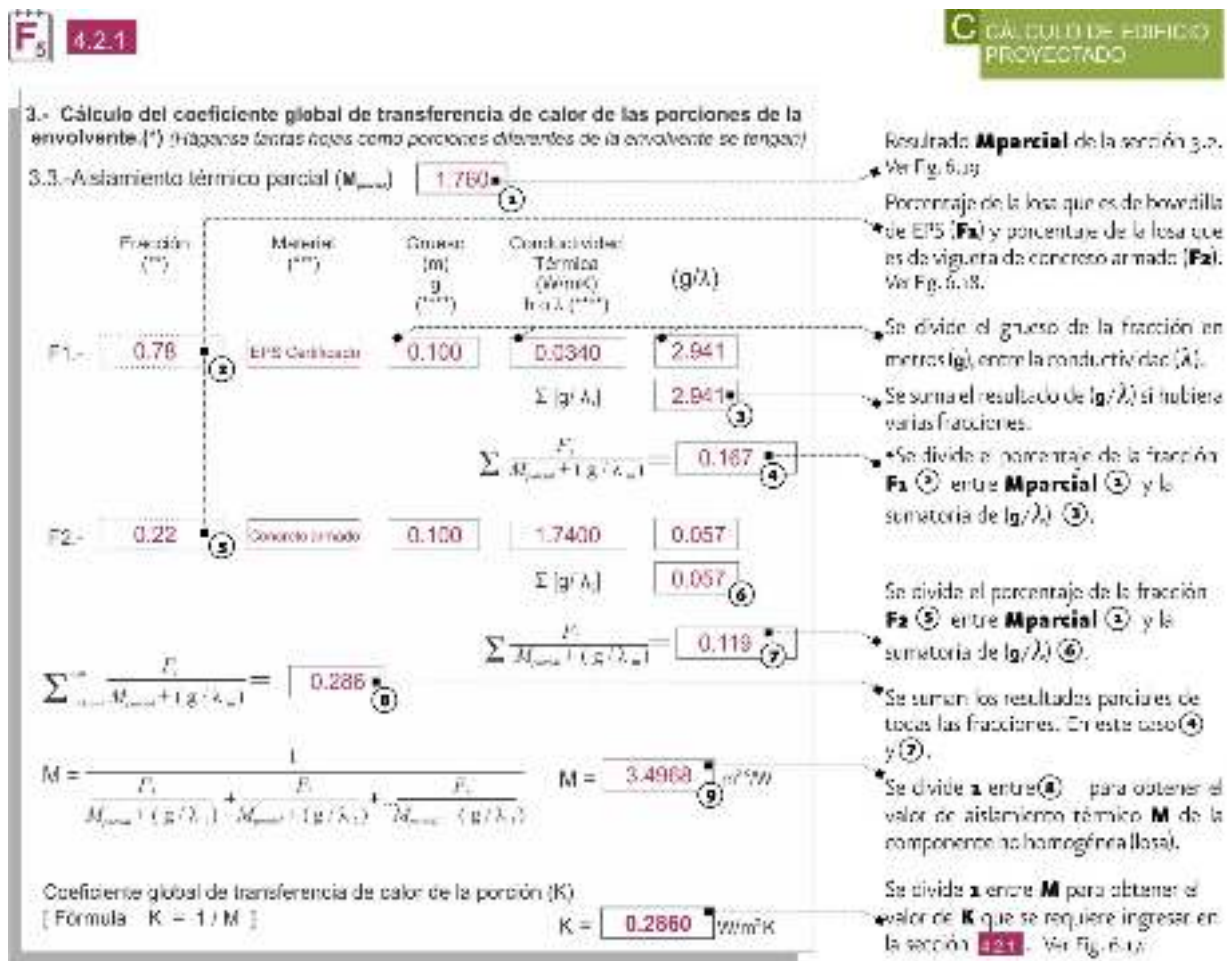


Fig. 6.21 Llenado de formato de presupuesto energético. Sección 3.3. Valor K superficies no homogéneas.

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 superficies, se puede completar la sección 4.2.1 del formato para informar el presupuesto energético. El resultado de las ganancias por conducción del edificiproyectado (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.

C CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

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

4.2.- Edificio proyectado.

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

$$Q_{\text{con}} = \sum_{j=1}^n [K_j \cdot A_j \cdot (t_{\text{ext}} - t)]$$

Tipo y orientación de la superficie de la envolvente (1)	Número de la posición (2)	Coefficiente global de transferencia de calor (W/m²K) (3)	Área del edificio proyectado (m²) (4)	Temperatura ambiente (°C) (5)	Temperatura exterior (°C) (6)	Ganancia de calor por conducción (W) (7)
1.1 Techo (balcón) PB	5	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	0.7854	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	56.57	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	36.66	29	25	255.56
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

(1) Abreviatura correspondiente tipo: 1 Techo; 2 Fachada; 3 Domo; 4 Muro y 5 Ventana, y como orientación: 1 Oeste; 2 Norte; 3 Este; 4 Sur; 5 Oeste; y 6 Superficie inferior. Por ejemplo: 4.2 corresponde a un muro en la orientación de norte.
 (2) Número correspondiente asignado en el Anexo D.1.
 (3) Valor obtenido en el Anexo B.1.
 (4) Los valores en negativo significan una pérdida de calor, por lo que deben restarse algebraicamente.
 (5) Cuando el número de posiciones de la envolvente sea mayor a las permitidas en una tabla, utilice el subíndice 1 para la primera fila, y así sucesivamente.

HCEA 6 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.

6. Ejemplo de cálculo

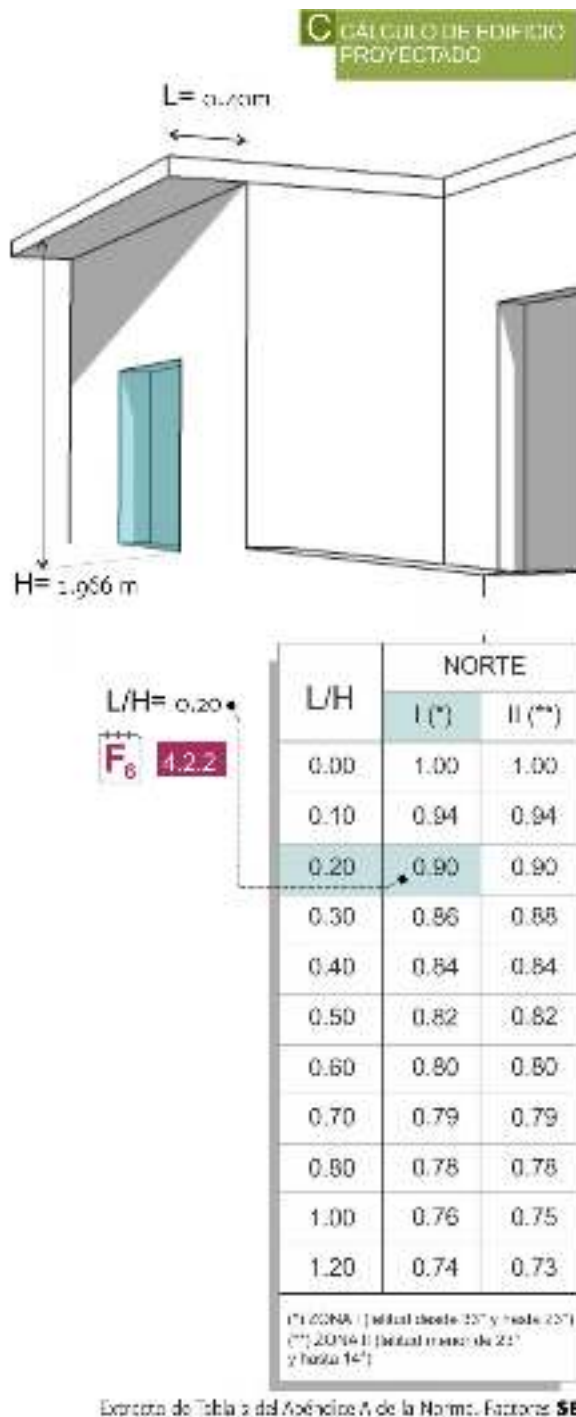


Fig. 6.23 Sombreado ventana MN1-V1. Valores L y H.

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

6. Ejemplo de cálculo

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:

$$L/H = 1.55 / 2.22 = 0.698$$

$$W/H = 1.40 / 2.22 = 0.631$$

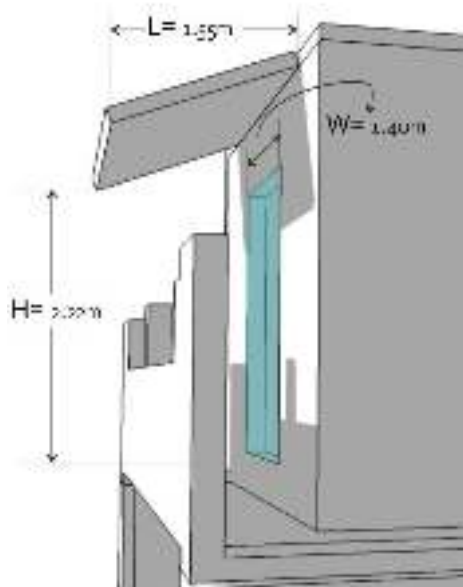


Fig. 6.24 Sombreado ventana MS1-V4. Valores L, H y W.

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. El valor de SE buscado para la ventana MS1-V4 es igual a 0.692.

CÁLCULO DE EDIFICIO PROYECTADO

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:

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

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

Para MS3-V2:

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

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

Para MS3-V3:

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

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

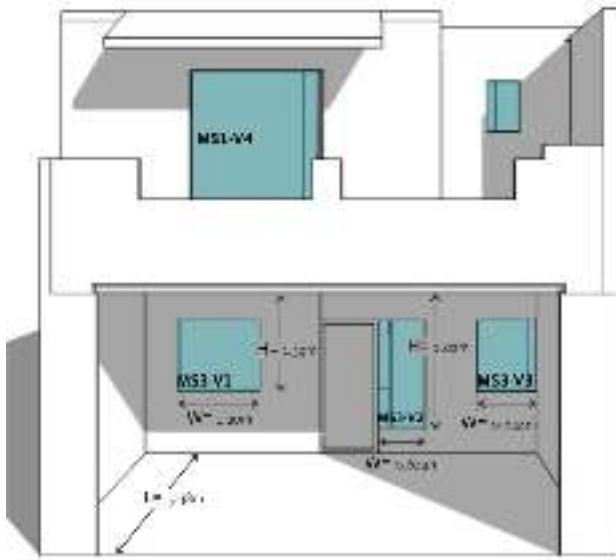


Fig. 6.26 Sombreado ventanas MS3-V1, MS3-V2 y MS3-V3. Valores L, H y W.

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.

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.

6. Ejemplo de cálculo

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.

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** ó **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** ó **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**.

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

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:

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

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

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

$$MS3-V1: SE = 0.368 \quad \text{F}_6 \quad 4.2.2$$

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:

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

$$SE = 0.654 \quad \text{F}_6 \quad 4.2.2$$

MS3-V3:

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

$$SE = 0.484 \quad \text{F}_6 \quad 4.2.2$$

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

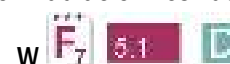
orientación del elemento transparente. (Ver Fig. 6.15).

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



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

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$Q_{ps} = \sum_{j=1}^n [A_j * CS_j * FG_j * SE_j]$$

Tipo y descripción de la porción de la vivienda (1)	Material (2)	Coeficiente de sombreado (CS) (3)	Área (m²) (4)	Ganancia de calor (W/m²) (FG) (5)	Factor de sombreado exterior (SE) (6)		Ganancia de calor por radiación (W) (CS*Á*FG*SE) (7)
					Número	Valor	
Ventana Nte MN2-V2	Doble Vidrio LowE	0.44	19.13	95	—	1	801.33
Ventana Nte MN1-V1	Doble Vidrio LowE	0.44	9.32	95	SE 5	0.9	351.23
Ventana Nte MN3-V3	Doble Vidrio LowE	0.44	20.78	95	—	1	870.54
Ventana Nte MN3-V4	Doble Vidrio LowE	0.44	9.35	95	—	1	391.80
Ventana Sur MS1-V4	Doble Vidrio LowE	0.44	17.14	119	SE 4	0.692	622.56
Ventana Sur MS2-V5	Doble Vidrio LowE	0.44	2.29	119	—	1	120.23
Ventana Sur MS3-V2	Doble Vidrio LowE	0.44	7.52	119	SE 1	0.654	258.23
Ventana Sur MS3-V1	Doble Vidrio LowE	0.44	6.43	119	SE 2	0.368	124.12
Ventana Sur MS3-V3	Doble Vidrio LowE	0.44	5.29	119	SE 3	0.484	134.42
3.1 Domo 1	Doble Vidrio LowE	0.44	0.96	284	—	1	120.23
3.1 Domo 2	Doble Vidrio LowE	0.44	0.96	284	—	1	120.23
3.1 Domo 3	Doble Vidrio LowE	0.44	0.96	284	—	1	120.23
Total							4,035.15

• Valores **CS** del certificado del producto.
 • Área de la parte transparente multiplicada por el número de viviendas.
 • Valores **FG** de la **Tabla 1** del Apéndice normativo A de la NOM 020, Ver Fig. 6.14.
 • Valores **SE**, calculados según tipo de sombreado. Valor = 1 indica sin sombra exterior.

$Q_{ps} = \sum_{j=1}^n Q_{psj}$

H2.2.6 de 7

F₇ 5.1

Fig. 6.28Llenado 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.

6.4. 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:

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

$$\text{Ahorro de energía} = 30.5\%$$

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.

6. Ejemplo de cálculo

5.- Resumen del cálculo

5.1 - Presupuesto energético

		Ganancia de calor por ventilación (W)	Ganancia de calor por radiación (W)	Ganancia total de calor $Q_T = Q_{TV} + Q_{TR}$ $Q_T = Q_{TR} + Q_{TV}$ (W)
Referencia	$(Q_{T,R})$	7,001.78	8,583.58	14,245.34
Proyectado	$(Q_{T,P})$	5,871.68	4,035.15	9,906.84

5.2 - Cumplimiento

SI $(Q_{T,R}) > (Q_{T,P})$ **X** No $(Q_{T,R}) < (Q_{T,P})$

PROYECTO

Las ganancias totales de calor del edificio de referencia ($Q_{T,R}$) son mayores que las ganancias totales del edificio proyectado ($Q_{T,P}$), por lo que el conjunto de viviendas adosadas calculado en este ejemplo, **SI** cumple con la NOM 020.

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

6. Ejemplo de cálculo



Fig. 6.30 Ejemplo de etiqueta energética del proyecto.

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 UV⁶ 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 verificadoras⁷.

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/CONA_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

⁶ Fuente: Procedimiento para la evaluación de la conformidad de la norma oficial mexicana nom-020-ener-2011, eficiencia energética en edificaciones, envoltorio de edificios para uso habitacional.

⁷ Para más información sobre el proceso de acreditación como UV visitar: www.ema.org.mx. Este trámite tiene un costo.

A.1 Requisitos para las unidades de verificación

Servicios, a fin de proceder con lo conducente. El trámite es gratuito⁸.

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 Mecánico, Ingeniero Mecánico-Electricista, Ingeniero en Energía, Ingeniero Químico.
- Experiencia profesional y/o técnica, mínima de dos años 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.

⁸ 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.

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.

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) A nivel urbano
- 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 Gutiérrez, 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. Obregón, Culiacán, Gómez Palacios, La Paz, Monterrey, Torón, Cd. Victoria, Mazatlán, Coahuila, Mérida, Tuxtla Gutiérrez, Campeche, Marzanillo, Tapachula, Acaapulco, Cozumel, Cancún, Chetumal, Tampico, Villahermosa, Veracruz, entre otras.

01 ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO URBANO

01.1 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

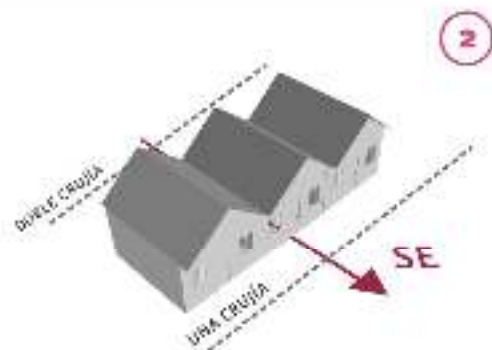
1 Orientación de una crujía Sur- Este.



1 Orientación en doble crujía Norte-Sur, con dispositivos de control solar en ambas fachadas.



2 Una y doble crujía al Sur-Este.



3 Una crujía al eje eólico, es decir en el sentido de los vientos dominantes. No se recomienda doble crujía en sentido Norte-Sur.



RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

Mérida, Hermosillo, Coahuila, Chihuahua, Cd. Oregón, Culiacán, Gómez Palacio, La Paz, Monterrey, Torreón, Cd. Victoria, Mazatlán, Colima, Mérida, Tuxtla Gutiérrez, Campeche, Marzanillo, Tepic, Acapulco, Cozumel, Cancún, Chetumel, Tampico, Villahermosa, Veracruz, entre otras.

02 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL SOLAR

02.1 ALEROS

- 1 • Aleros en todas las fachadas.
- 2 • Aleros grandes sobre la fachada Sur para evitar asoleamientos por la tarde, dominando porteluces.

1 2 3

- 2 • Aleros en todas las fachadas, al Sur de mayor dimensión.

- 3 • Aleros en todas las fachadas
- 4 • Aleros de mayor dimensión en fachadas Sur y Sureste.



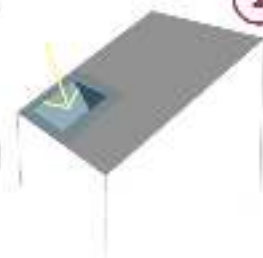
02.2 TRAGALUCES

- 1 • Orientados al Sur con control solar en verano.

- 2 • No se requieren.

- 3 • Orientación Norte, con dispositivos de control solar.

1 2 3



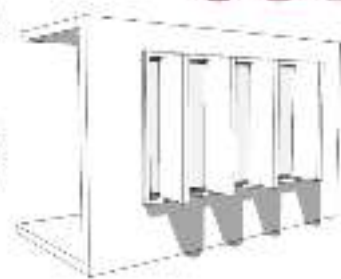
02.3 PARTELUCES

- 1 • En fachada Norte para control solar en las tardes en verano.
- 2 • En fachadas Este, Noreste, Oeste, Noroeste y Suroeste.

- 2 • En ventanas con orientación Sureste, Oeste, Suroeste, combinados con aleros, persianas, pórticos y celosías.

- 3 • En fachadas Este, Oeste, Suroeste y Noroeste.

1 2 3



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 Gutiérrez, 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 alta resistividad térmica, lo más ancho 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 alta resistividad térmica, lo más ancho 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.
- 3 • De poca densidad y baja conductividad.



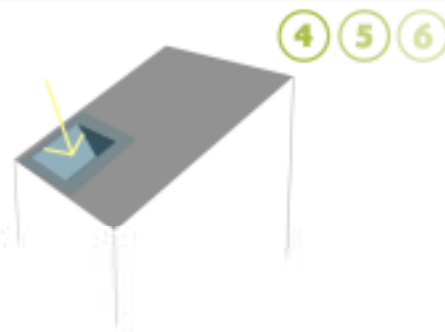
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

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 primavera.
- 6 • Con dispositivos de control solar y ventanas operables.



01.2 PARTELUCES

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



01.3 ALEROS

- 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 parteluces.
- 6 • Combinados con parteluces y remetimientos en ventanas.



RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

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

02 ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO URBANO

02.2 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

- 5 Orientación de una crujía Sureste.



- 6 Orientación doble crujía 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.
• Cielos en las orientaciones Suroeste, Este y Noroeste.



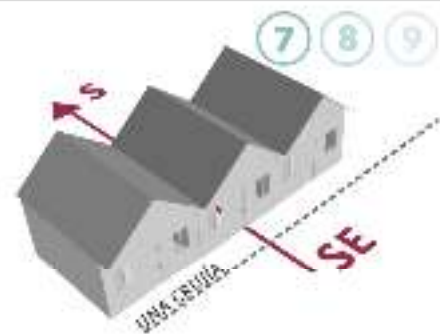
RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

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

01 ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO URBANO

01.2 ORIENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS

Una crujía con orientación Sur-Sureste.



02 ESTRATEGIAS PARA CONTROL SOLAR

02.1 ALEROS

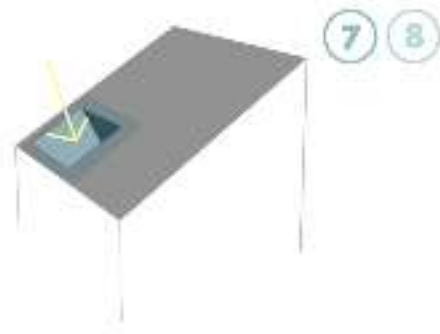
- 7 • En ventanas de fachada Sur para evitar sobrecalentamiento en verano.
- 8 • En aberturas de fachada Sur para evitar sobrecalentamiento en verano.
- 9 • No se requieren.



02 ESTRATEGIAS PARA CONTROL SOLAR

02.2 TRACALUCES

- Sólo en espacios de uso diurno en orientación Sureste.



RECOMENDACIONES PARA CIUDADES CON CONDICIONES DE TEMPERATURA SIMILARES A:

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

03.3 PARTELUCES

- 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.
- Horizontal.
- Con relleno.
- 8 • Fomentar inercia térmica con el uso de materiales que permitan almacenar calor y amortiguar las temperaturas extremas.
- 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/m^2K . Valores (K) más cercanos a cero indican mejor aislamiento térmico.
- Resistividad térmica (R) con unidades m^2K/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-008¹ para materiales aislantes es el DNNCE².

- Fibras (Minerales (lana mineral y fibra de vidrio)
- Poliestireno (expandido y extruido)
- Poliuretano y Polisocianurato
- Concretos
- Recubrimientos y acabados
- Paneles de fibra de madera

02.1 FIBRAS MINERALES. Rango de conductividad térmica: 0.0378 - 0.0477 (W/mK)

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 cable estructural es de lámina esmaltada o de aluminio y se reticula a las medidas de la placa que se pone encima y/o delante del material aislante.

02.2 POLIESTIRENO (EXPANDIDO Y EXTRUIDO). Rango de conductividad térmica: 0.02 - 0.04 (W/mK)

La abreviación para aislantes de poliestireno expandidos es EPS y para poliestireno extruido es XPS. El poliestireno expandido se elabora a partir de resina de poliestireno por proceso de expansión previa y moldeo en forma discontinua, produciendo una espuma rígida de estructura celular cerrada.

¹La NOM-008 se puede descargar del portal de CUSULA: www.cusula.gob.mx/wa/

² Para un listado de los materiales con certificado vigente consulte www.dnnce.org.mx/

MATERIALES DE AISLAMIENTO TÉRMICO

02 TIPIFICACIÓN DE LOS MATERIALES DE AISLAMIENTO

02.2 POLIESTIRENO (CONTINUACIÓN)

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

02.3 POLIURETANO. Rango de conductividad térmica: $0.020 - 0.022$ (W/mK)

Los Poliuretanos se presentan en el mercado en forma de termoespumas 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 (SPURK) es una mezcla de dos componentes que se reúnen en la punta de una pistola y constituye una espuma que se rocía en losas de concreto, en las cavidades de la pared, contra la parte interior de revestimientos, o a través de los agujeros perforados en revestimientos o paneles de tablaroca, o en la cavidad de un muro terminado.

02.4 CONCRETOS. Rango de conductividad térmica: $0.049 - 0.415$ (W/mK)

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

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

02.5 RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS. Rango de conductividad térmica: $0.031 - 0.219$ (W/mK)

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

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

02.6 PANELES. Rango de conductividad térmica: $0.024 - 0.071$ (W/mK)

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 posterior cemento 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 primeroóúltimo 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
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
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
Q_p	Ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado, en W.
Q_{pc}	Ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado.
Q_{ps}	Ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envolvente del edificio para uso habitacional proyectado.
Q_r	La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia, en W.
Q_{rc}	La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio para uso habitacional de referencia por conducción, en W.
Q_{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	Coefficiente 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. Envoltente de edificios para uso habitacional.