



MINISTERIO
DE DESARROLLO
URBANO Y VIVIENDA

NEC

Norma Ecuatoriana
de la **Construcción**

EFICIENCIA
ENERGÉTICA
en Edificaciones
Residenciales
(EE)

código NEC - HS - EE





Ing. Adrián David Sandoya Unamuno
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

Arq. Cristóbal Leonel Chica Martínez
Subsecretaria de Hábitat y Espacio Público

Arq. Gustavo Raúl Ordóñez
Director de Hábitat y Espacio Público

Arq. Jenny Lorena Arias Zambrano
Coordinadora de Proyecto

Colaboración en la elaboración del capítulo

Ing. Carlos Naranjo (EPN)
Ing. Carlos Coronel (MEER)
Ing. Andrea Lobato (INER)
Ing. Andrés Gallardo (INER)
Ing. Luis Godoy (INER)
Ing. Geovanna Villacreses (INER)
Ing. Judith Quinatoa (INEN)
Ing. Manuel Guayasamín (CICP/CAMICON)
Arq. Diana Samaniego (CONSULTOR)
Ing. Christian Tapia (SENPLADES)
Arq. Marielisa Jaramillo (MAFRICO)

Textos y edición

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Febrero, 2018



■ Presentación

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), como ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos ha impulsado un cambio estructural en la política habitacional y constructiva en todo el país con la elaboración de documentos que fomenten el desarrollo ordenado de los asentamientos humanos y el acceso a la vivienda digna.

De acuerdo con el Decreto Ejecutivo No. 705 del 24 de marzo de 2011, el MIDUVI coordina el trabajo para la elaboración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y preside el Comité Ejecutivo de la NEC, integrado por el Ministerio Coordinador de Seguridad (MICS), la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), la Federación Ecuatoriana de Cámaras de la Construcción (FECC) y un representante de las Facultades de Ingeniería de las Universidades y Escuelas Politécnicas.

En cumplimiento de lo dispuesto, la Norma Ecuatoriana de la Construcción actualiza el Código Ecuatoriano de la Construcción, que estuvo vigente desde el 2001 hasta el 2011, y determina la nueva normativa aplicable para la edificación, estableciendo un conjunto de especificaciones mínimas, organizadas por capítulos dentro de tres ejes de acción: Seguridad Estructural (NEC-SE); Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC-SB). Adicionalmente, la NEC incluye la figura de Documentos Reconocidos (NEC-DR) que contiene información complementaria a los capítulos de los tres ejes establecidos.

La NEC es de **cumplimiento obligatorio a nivel nacional** y debe ser considerada en todos los procesos constructivos, como lo indica la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Se constituye en una normativa que busca la calidad de vida de los ecuatorianos y aporta en la construcción de una cultura de seguridad y prevención; por ello, define los principios básicos para el diseño sismo resistente de las estructuras; establece parámetros mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones; optimiza los mecanismos de control y mantenimiento en los procesos constructivos; reduce el consumo y **mejora la eficiencia energética de las edificaciones**; **aboga por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad y salud**; y además fija responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los actores involucrados en la construcción.

Con la expedición de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, el MIDUVI y quienes integran el Comité Ejecutivo de la NEC presentan al país este documento como un aporte al buen vivir de todos los ecuatorianos.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda



■ Prólogo

El presente capítulo se alinea al eje de Habitabilidad y Salud que tiene como finalidad establecer los criterios y requisitos mínimos a ser considerados en el diseño y construcción de las nuevas edificaciones y remodelaciones de uso residencial a nivel nacional, con el fin de optimizar el consumo energético, asegurando el confort térmico de los usuarios en función del clima de la localidad. El conjunto de directrices y lineamientos planteados dentro este eje garantiza la calidad y seguridad en las edificaciones en beneficio de los usuarios, favoreciendo el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo.

Este documento ha sido desarrollado por un equipo de trabajo liderado por el MIDUVI e integrado por un grupo de expertos nacionales en temas de Eficiencia Energética, representantes de entidades públicas, privadas e instituciones de educación superior dedicadas a fomentar el uso racional de la energía en los procesos de construcción de edificaciones a nivel nacional.

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Expedición mediante Acuerdo Ministerial No. 004-18	05 de febrero de 2018
MIDUVI, Registro Oficial, Año I, Edición Especial No. 358	16 de marzo de 2018

PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES EN LA REVISIÓN DEL CAPÍTULO

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Karina Castillo
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Jenny Arias
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Estuardo Jaramillo
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Carlos Collaguazo
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)	Andrea Lobato
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)	Andrés Gallardo
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)	Felipe Godoy
Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER)	Geovanna Villacreses
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER)	Carlos Coronel
MAFRICO	Marielisa Jaramillo
Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	Gina Iza
Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	Judith Quinatoa
Cámara de la Construcción de Guayaquil (CC-G)	Cristina Garzozi
Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR)	Christian Valencia
Ministerio Coordinador de Seguridad (MICS)	Diana Salazar
Consultor particular	Diana Samaniego
Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)	Daniela Cifuentes
Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)	Manuel Guayasamín
FAIRIS	Daniel Granados
VITRUM	Fernando Almeida

CONTENIDO

1.	Generalidades.....	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Preliminar	1
1.3.	Definiciones.....	2
1.4.	Simbología	6
1.4.1.	Unidades	6
1.4.2.	Abreviaciones.....	6
1.4.3.	Simbología de fórmulas	6
1.5.	Marco normativo y referencias.....	7
1.5.1.	Normas y estándares internacionales	7
1.5.2.	Normas técnicas INEN.....	8
1.5.3.	Otras referencias citadas	9
2.	Campo de aplicación	10
3.	Zonificación Climático-Habitacional.....	10
4.	Exigencias prescriptivas	14
4.1.	Envolvente de la edificación	14
4.1.1.	Categorías de espacio	14
4.1.2.	Modificaciones a la envolvente	14
4.1.3.	Clima	14
4.1.4.	Cerramientos opacos.....	17
4.1.4.1.	Aislamiento y reflectividad del techo.....	17
4.1.4.2.	Aislamiento de muros sobre el nivel de terreno.....	18
4.1.4.3.	Aislamiento de muros bajo el nivel de terreno.....	18
4.1.4.4.	Aislamiento de pisos	18
4.1.4.5.	Aislamiento de pisos en contacto con el nivel del terreno	18
4.1.4.6.	Puertas opacas	18
4.1.5.	Elementos translúcidos.....	18
4.1.5.1.	Área de elementos translúcidos	18
4.1.5.2.	Factor máximo U de elementos translúcidos.....	19
4.1.5.3.	Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) de elementos translúcidos.....	19
4.2.	Coeficiente global de pérdida por transmisión.....	20
4.2.1.	Calculo del coeficiente global de transferencia de calor del edificio	21
4.2.2.	Valor máximo admisible para el coeficiente global de transferencia de calor de la edificación G_{cal}	21
4.2.3.	Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de la edificación base G_{base}	21
4.3.	Control de la infiltración del aire.....	22
4.3.1.	Tasas de infiltración máxima permitidas.....	22
4.4.	Calidad del aire	22
4.4.1.	Requerimientos de aire fresco para vivienda	22
4.5.	Valores mínimos de iluminación	23
4.5.1.	Aprovechamiento de luz natural	23
4.5.2.	Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)	24
5.	Apéndices / Anexos	25
5.1.	Anexo A: Mapa de zonas climáticas (escala de grises)	25
5.2.	Anexo B: Disposiciones generales	26
5.2.1.	Consideraciones importantes	26

5.2.2.	Documentación a presentar.....	26
5.2.3.	Información del producto y requisitos de instalación.....	26
5.3.	Anexo C: Determinación del factor mínimo R.....	28
5.3.1.	Determinación del factor mínimo R expresado en m ² K/W:.....	28
5.4.	Anexo D: Propiedades higrotérmicas de materiales de construcción.....	30
5.5.	Anexo E: Ejemplo de cálculo para determinar la zona climática.....	34
5.6.	Anexo F: Ejemplo de cálculo del factor de luz natural.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Criterio de espacios climatizados.....	3
Tabla 2.	Zonas climáticas de algunas ciudades.....	10
Tabla 3.	Referencia para zonificación climática.....	12
Tabla 4.	Requisitos de envolvente para la zona climática 1.....	15
Tabla 5.	Requisitos de envolvente para la zona climática 2.....	15
Tabla 6.	Requisitos de envolvente para la zona climática 3.....	15
Tabla 7.	Requisitos de envolvente para la zona climática 4.....	16
Tabla 8.	Requisitos de envolvente para la zona climática 5.....	16
Tabla 9.	Requisitos de envolvente para la zona climática 6.....	16
Tabla 10.	Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/cubiertas.....	17
Tabla 11.	Multiplicadores del SHGC para elementos de sombra.....	19
Tabla 12.	Tasas de infiltración máxima permitidas según los diferentes tipos de uniones.....	22
Tabla 13.	Tasa de renovación de aire.....	23
Tabla 14.	Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda.....	23
Tabla 15.	Factores de luz natural recomendados para interiores.....	23
Tabla 16.	VEEI máximo.....	24
Tabla 17.	Espesores requeridos de varios materiales para proporcionar valores mínimos R ..	28
Tabla 18.	Espesores métricos / ingleses de poliuretano calculado para valores mínimos R especificados.....	28
Tabla 19.	Guía para el cálculo del factor mínimo R.....	29
Tabla 20.	Propiedades térmicas de los materiales a partir de la revisión literaria.....	30
Tabla 21.	Propiedades de paquetes constructivos.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de zonas climáticas del Ecuador.....	13
-----------	---	----

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

La información contenida en este capítulo fue elaborada sobre la base del anteproyecto normativo realizado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), mediante compromiso establecido en el Convenio de Cooperación entre MIDUVI - MEER - MINTEL, suscrito el 13 de febrero del 2015.

El presente capítulo denominado “Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales” fue elaborado por un grupo de trabajo liderado por el MEER en coordinación con el MIDUVI, e integrado por representantes técnicos del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), Ministerio Coordinador de Seguridad (MICS) Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Escuela Politécnica Nacional (EPN), Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON), MAFRICO S.A., FAIRIS, entre otras instituciones que realizaron distintos aportes sobre el documento base.

Para la elaboración del presente escrito se realizó un análisis de la normativa existente, determinándose en consenso que se debe realizar una nueva propuesta con un nuevo índice, y que aplique únicamente al sector residencial. El documento se desarrolló basándose en la metodología utilizada por ASHRAE, pero con datos nacionales proporcionados por el INAMHI en colaboración con el INER. Posteriormente, con la colaboración de técnicos especializados, representantes de la academia y gremios relacionados con este campo, el presente capítulo ha sido mejorado con el propósito que se adapte a la realidad ecuatoriana en cuanto a terminología, simbología, dimensionamiento y materiales, con el fin de regular la práctica constructiva en lo referente a Eficiencia Energética.

1.2. Preliminar

El presente capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño y construcción de edificaciones residenciales, con el fin de optimizar el consumo energético asegurando el confort térmico interno para los usuarios en función del clima donde el proyecto será emplazado.

El contenido de este documento está orientado a conseguir un uso racional de la energía reduciendo a límites sostenibles su consumo. En ese sentido, la edificación y su envolvente deben cumplir con los requerimientos normativos propuestos de manera que garanticen un desempeño energéticamente eficiente limitando las pérdidas o ganancias de calor y cumpliendo con las condiciones de habitabilidad y confort.

Los parámetros propuestos en este documento están dirigidos a la aplicación en edificaciones residenciales, debido a la falta de datos que se tienen sobre las demandas y consumos del sector de la construcción en el país.

En base a la metodología, se dispuso dividir el país en seis zonas climáticas y establecer valores máximos de transmitancia térmica para techos, pisos, paredes exteriores, paredes enterradas, puertas, ventanas y lucernarios. Estos valores se basan en lo establecido por ASHRAE que utiliza un método similar de zonificación (grados días de calefacción y refrigeración). Sin embargo, la realidad del entorno construido del Ecuador puede diferir, por lo que se recomienda que los valores sean actualizados sobre la base de un estudio de monitorización para conocer las demandas técnicas de calefacción y refrigeración del actual estándar de la construcción en el país.

1.3. Definiciones

Para los efectos de aplicación de esta norma se adoptaron algunas definiciones técnicas. En caso de usar otros términos o conceptos de cálculo, deben ser aquellos reconocidos por organismos nacionales o internacionales de normalización.

Aislamientos continuos. Aislamiento que es continuo a través de todos los elementos estructurales, a excepción de puentes térmicos y aberturas. Se instalan en el interior, exterior o es parte de cualquier área o superficie opaca de la envolvente del edificio.

Áreas o superficies opacas. Todas las áreas de la envolvente de la edificación, excepto las que permitan iluminación (ventanas, paneles plásticos, puertas, etc.), áreas de servicio, aberturas, respiraderos y rejillas.

Áreas translúcidas. Todas las áreas de la envolvente de la edificación (incluyendo marcos) que permiten el ingreso de luz, incluyendo ventanas, paneles de plástico, claraboyas, lucernarios, puertas que son más del 50% de vidrio y muros de bloque de vidrio. No incluir en esta categoría a los vidrios "Spandrel".

Áticos y otros techos. Techos con aislamiento por debajo (adentro de) de la estructura del techo, techos con aislamiento por encima y por debajo de la estructura del techo, y techos sin aislamiento, pero excluyendo techos de metal.

Bienestar térmico. Implica una ausencia de cualquier sensación de incomodidad o malestar térmico causado por condiciones inapropiadas de temperatura y humedad.

Clima. Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región, constituido por la radiación solar, lluvias, humedad, temperatura y vientos.

Coefficiente de Ganancia de Calor Solar (SHGC). Relación entre la ganancia de calor solar que entra a un espacio a través de elementos translúcidos y la radiación solar incidente. La ganancia de calor solar incluye el calor solar directamente transmitido y la radiación solar absorbida, la cual es transferida a través de radiación, conducción y convección dentro del espacio.

Coefficiente de sombreado (SC). Relación entre la ganancia de calor solar a incidencia normal que ocurre a través de un vidrio claro de 3 milímetros de espesor. El SC, como se lo usa en la presente, no incluye protecciones solares integrales, interiores o exteriores.

Confort térmico. Condición mental derivada de la satisfacción con el ambiente térmico.

Edificación base. Estructura cerrada con techo que utiliza materiales estándar y sirve de referencia para el análisis térmico y energético de otras edificaciones.

Eficacia (de lámparas). Relación entre la salida luminosa total de una lámpara y la potencia total de entrada a la lámpara, comúnmente expresada en lúmenes por watt (lm/W).

Eficiencia energética. Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.

Eficiencia. Capacidad de un producto, elemento o proceso que comparativamente con elementos o procesos de uso común, consiguen la optimización o ahorro de recursos.

Envolvente de la edificación. Porciones exteriores y semi-exteriores de una edificación.

Envolvente exterior de la edificación. Elementos de la edificación que separan espacios acondicionados del exterior.

Envolvente semi-exterior de la edificación. Elementos de la edificación que separan espacios acondicionados de espacios sin acondicionamiento, o elementos que encierran espacios semi-climatizados a través de los cuáles se transfiere energía térmica (calor) desde o hacia el exterior, o desde/hacia espacios sin acondicionamiento, o desde/hacia espacios acondicionados.

Espacio. Espacio encerrado dentro de una edificación.

Espacio acondicionado. Espacio con refrigeración (enfriamiento), calefacción o indirectamente acondicionado.

Espacio con calefacción. Espacio cerrado dentro de una edificación que es calentado por un sistema de calefacción cuya capacidad de salida relativa al área de piso es mayor o igual a los valores que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Criterio de espacios climatizados

Potencia de Calefacción (W/m ²)	Zona Climática
30	3
45	4 y 5
60	6

Espacio enfriado. Espacio cerrado dentro de una edificación que es enfriado por un sistema de refrigeración (de enfriamiento) que tiene una capacidad sensible de salida superior a 15 W/m² de área de piso.

Espacio semi-climatizado. Espacio cerrado dentro de una edificación que es calentado por un sistema de calefacción cuya capacidad de salida es superior o igual a 10 W/m² de área de piso, pero no es un espacio acondicionado.

Espacio sin acondicionamiento. Espacio cerrado dentro de una edificación que no es un espacio acondicionado o un espacio semi-climatizado.

Factor C (conductancia térmica). Tasa temporal de flujo de calor en estado estable a través del área unitaria de un material o ensamblaje, inducida por una diferencia de una unidad de temperatura entre las superficies del cuerpo. Las unidades del factor C son W/m²K. Notar que el factor C no incluye barreras/películas de aire o de suelo.

Factor de proyección. Relación de la profundidad horizontal de la proyección de sombreado externo dividido para la suma de la altura del cerramiento y la distancia desde la parte superior del cerramiento a la parte inferior del punto de proyección de sombra externa más lejana, en unidades consistentes.

Factor F. Factor de aislamiento perimetral para una losa en contacto con el suelo (W/mK).

Factor U (Transmitancia térmica). Transmisión de calor por unidad de tiempo a través de un material o a través de un elemento constructivo y las películas/barreras de aire, inducida por una diferencia de temperatura entre los ambientes en ambos lados del elemento considerado. Las unidades del factor U son W/m²K.

Flujo luminoso. Unidad de medida que cuantifica la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa. Su unidad característica es el lumen (lm).

Grados día. Diferencia entre la temperatura exterior promedio y una temperatura base durante un período de 24 horas.

Grados día de calefacción base 18°C (HDD18-HEATING DEGREES DAYS). Para un día en el que la temperatura promedio es menor a 18°C, los grados días se obtienen a partir de la diferencia entre la temperatura promedio en grados Celsius de ese día y 18°C. Los grados días

de calefacción anuales se obtienen a partir de la suma de los grados días de un año calendario completo.

Grados día de enfriamiento base 10°C (CDD10-COOLING DEGREES DAYS). Para un día en el que la temperatura promedio es mayor a 10 °C, los grados días se obtienen a partir de la diferencia entre la temperatura promedio en grados Celsius de ese día y 10°C. Los grados días de enfriamiento anuales se obtienen a partir de la suma de los grados días de un año calendario completo.

Hendidura. Corte en una superficie o en un cuerpo sólido cuando no llega a dividirlos del todo.

Iluminancia. Cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. La unidad de medida en el Sistema Internacional es el lux: 1 lux = 1 lm/m².

Índice de reflectancia solar (SRI). Es una medida de la capacidad que tiene una superficie construida para reflejar el calor solar que se manifiesta en un pequeño incremento de temperatura. Se considera que una superficie negra estándar (reflectancia 0,05, emitancia 0,9) tiene un SRI de 0 y que una superficie blanca estándar (reflectancia 0,8 y emitancia 0,9) tiene un SRI de 100.

Infiltración. Indica el paso del aire, en forma no controlada y/o deseada, a través de los acristalamientos.

Infiltración de aire. Fugas de aire no controladas a través de grietas y hendiduras en cualquier elemento de la edificación y alrededor de ventanas y puertas de un edificio, causadas por la diferencia de presión a través de estos elementos debido a factores como el viento, las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior, y un desequilibrio entre el suministro y retorno del sistema de distribución de aire.

Intensidad luminosa. Cantidad de luz o “nivel de iluminación” que se mide en un punto determinado. Pueden intervenir varios emisores. La unidad de medida es el lux.

Losa a nivel del terreno. Parte de la losa del piso de la edificación que está en contacto con el suelo.

Lumen. Unidad de flujo luminoso del sistema internacional, que equivale al flujo luminoso emitido por una fuente puntual uniforme situada en el vértice de un ángulo sólido de 1 estereorradián y cuya intensidad es 1 candela.

Luminancia. Densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada.

Luminaria. Aparato que sirve para la producción de luz y que cumple característica óptica, mecánica y eléctrica para dicho fin.

Modificación. Alteración o adición a una edificación o a sus equipos y sistemas. La rutina de mantenimiento, reparación y el cambio en la clasificación o categoría de uso de la edificación no se consideran una alteración.

Muro. Elementos verticales de la envolvente de la edificación (paredes, mamposterías, entre otros) incluyendo áreas opacas y translúcidas.

Muro bajo el nivel de terreno. Parte de un muro de la envolvente de la edificación que está completamente por debajo del nivel de terreno terminado y está en contacto con el suelo.

Muro con alta densidad de masa. Muro con una capacidad calorífica superior a (1) 143 kJ/m²K ó (2) 102 kJ/m²K, considerando que el muro tiene un peso unitario de material no mayor a 1920 kg/m³.

Muro con marco de acero. Muro con cavidades (con o sin aislamiento) cuyas superficies exteriores están separadas por elementos de acero en forma de marcos.

Muro con marco de madera y otros muros. Todos los otros tipos de muros, incluyendo muros con marco de madera.

Muro de metal. Muro cuya estructura consiste de elementos metálicos soportados por elementos estructurales de acero.

Muro sobre el nivel de terreno. Muro que no está bajo el nivel de terreno.

Piso. Parte inferior de la envolvente de la edificación, incluyendo áreas opacas y elementos translúcidos horizontales que tiene espacios acondicionados o semi-climatizados en la parte superior.

Piso con alta densidad de masa. Piso con una capacidad calorífica que excede (1) 143 kJ/m²K ó (2) 102 kJ/m²K considerando que el piso tiene una masa unitaria de material no mayor a 1920 kg/m³.

Piso con marco de madera y otros. Todos los otros tipos de piso, incluyendo pisos con viguetas de madera.

Piso con viguetas de acero. Piso que:

1. No es un piso con alta densidad de masa y
2. Que tiene elementos que incluyen viguetas de acero soportadas por elementos estructurales.

Puertas no oscilantes. Puertas deslizables, puertas enrollables y todos los otros tipos de puertas que no son oscilantes.

Puertas opacas. Todas las áreas de apertura operables (que no son elementos translúcidos) que forman parte de la envolvente de la edificación. Las puertas que contienen más del 50% de acristalamiento son consideradas elementos translúcidos.

Puertas oscilantes. Todos los paneles opacos operables con bisagras en un costado y puertas giratorias opacas.

Resistencia térmica. Es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción.

Techo/cubierta. Parte superior de la envolvente de la edificación, incluyendo áreas opacas y elementos translúcidos horizontales o inclinados a un ángulo menor que 60° desde la horizontal.

Techo con aislamiento sobre la cubierta. Techo con todo el aislamiento instalado por encima (afuera de) de la estructura del techo.

Techo de metal. Techo que:

1. Es construido con una superficie estructural de metal y expuesto a la intemperie.
2. No tienen cavidades ventiladas, y
3. Tiene aislamiento por debajo de la cubierta y cuya estructura considera una o más de las siguientes configuraciones:
 - a. Techo de metal en contacto directo con los elementos estructurales de acero.

- b. Aislamiento entre el techo de metal y los elementos estructurales de acero.

Tipo/clase de construcción. Subcategoría de elementos que conforman la envolvente de la edificación y que incluyen techo o cubierta, muros sobre el nivel de terreno, muros bajo el nivel de terreno, pisos/suelos, losa a nivel del terreno, puertas opacas, elementos translúcidos verticales, y elementos translúcidos horizontales (lucernarios o claraboyas).

Transmitancia visible (VT). Expresa la cantidad de radiación solar visible que puede atravesar una unidad de acristalamiento.

Valor nominal R de aislamientos. Resistencia térmica del aislamiento térmico especificado por el fabricante en unidades de m^2K/W a una temperatura promedio de 24 °C. El valor R nominal hace referencia a la resistencia térmica del aislamiento añadido y no incluye la resistencia térmica de otros materiales de construcción o de películas/barreras de aire.

1.4. Simbología

1.4.1. Unidades

Se emplearán las unidades del Sistema Internacional (S.I.) de acuerdo con la Norma NTE INEN-ISO 80000-1:2014 CANTIDADES Y UNIDADES – PARTE 1: GENERALIDADES (ISO 80000-1:2009, IDT). Para este caso se utilizarán las siguientes unidades:

- Alturas y Distancias: m o mm
- Diámetros: mm o " (pulg)
- Área: m^2 o mm^2
- Volumen: m^3 , mm^3 o l (litros)
- Temperatura: °C (grado Celsius), K (Kelvin)
- Tiempo: s (segundos)
- Masa: kg (kilogramos)
- Fuerza: N (Newton, $kg \cdot m/s^2$)
- Potencia: W (Watt, $kg \cdot m^2/s^3$)
- Iluminancia: lux (lm/m^2)

1.4.2. Abreviaciones

- ACH Renovación de aire por hora (Air Changes per Hour)
- CDD Grados días de enfriamiento base 10°C (Cooling Degree Days)
- HDD Grados días de calefacción base 18°C (Heating Degree Days)
- PF Factor de proyección (Projection Factor)
- SC Coeficiente de sombreado (Shading Coefficient)
- SHGC Coeficiente de ganancia de calor solar (Solar Heat Gain Coefficient)
- VEEI Valor de eficiencia energética de la instalación
- VT Transmitancia visible

1.4.3. Simbología de fórmulas

Símbolo	Definición
O_s	Porcentaje de opacidad del dispositivo de sombreado.
A_i	Porcentaje de área del dispositivo de sombreado con relleno parcialmente opaco.
O_i	Porcentaje de opacidad del relleno para acristalamientos.

A_f	Porcentaje del área del dispositivo de sombreado que forma parte de los elementos del marco.
O_f	Porcentaje de opacidad de los elementos que conforman el marco; si es sólido, entonces se considera el 100 %.
G	Coeficiente global de transferencia de calor, W/m^3K
G_{base}	Coeficiente global de transferencia de calor de la edificación base
G_{cal}	Valor máximo admisible para el coeficiente global de transferencia de calor de la edificación.
U_m	Coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores, W/m^2K
U_t	Coeficiente global de transferencia de calor de techo W/m^2K
U_p	Coeficiente global de transferencia de calor de piso, W/m^2K
U_v	Coeficiente global de transferencia de calor de ventanas, W/m^2K
S_m	Superficie total de muros exteriores, m^2
S_t	Superficie total de techo, m^2
S_p	Superficie total de piso, m^2
S_v	Superficie total de ventanas, m^2
V_T	Volumen interior total de la edificación, m^3
Q_{tot}	Requerimiento de aire fresco, l/s
A_{piso}	Área de vivienda, m^2
N_{dorm}	Número de dormitorios (no menos de 1)
$VEEI$	Valor de eficiencia energética de la instalación, W/m^2
P	Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo pérdidas, W
S_i	Superficie iluminada, m^2
E_m	Iluminancia promedio horizontal mantenida, lux
R	Valor mínimo de resistencia térmica, m^2K/W
e	Espesor material, m
λ	Conductividad térmica, W/Mk

1.5. Marco normativo y referencias

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia, incluyendo cualquier enmienda:

1.5.1. Normas y estándares internacionales

- ASHRAE 90.1-2007 "EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS EXCEPTO BAJAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES"
- ASHRAE 90.2-2007 "EFICIENCIA ENERGÉTICA DISEÑO DE BAJAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES"

- ASHRAE 62.2 "VENTILATION AND ACCEPTABLE INDOOR AIR QUALITY IN LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS"
- ASTM C1371 "STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINATION OF EMITTANCE OF MATERIALS NEAR ROOM TEMPERATURE USING PORTABLE EMISSOMETERS"
- ASTM C1549 "STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINATION OF SOLAR REFLECTANCE NEAR AMBIENT TEMPERATURE USING A PORTABLE SOLAR REFLECTOMETER"
- ASTM D1003 "STANDARD TEST METHOD FOR HAZE AND LUMINOUS TRANSMITTANCE OF TRANSPARENT PLASTICS"
- ASTM C272 "STANDARD TEST METHOD FOR WATER ABSORPTION OF CORE MATERIALS FOR SANDWICH CONSTRUCTIONS"
- ASTM E283 "STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING THE RATE OF AIR LEAKAGE THROUGH EXTERIOR WINDOWS, CURTAIN WALLS, AND DOORS UNDER SPECIFIED PRESSURE DIFFERENCES ACROSS THE SPECIMEN"
- ASTM E408 "STANDARD METHODS OF TEST FOR TOTAL NORMAL EMITTANCE OF SURFACES USING INSPECTION-METER TECHNIQUES"
- ASTM E972 "STANDARD TEST METHOD FOR SOLAR PHOTOMETRIC TRANSMITTANCE OF SHEET MATERIALS USING SUNLIGHT"
- ASTM E1918 "STANDARD TEST METHOD FOR MEASURING SOLAR REFLECTANCE OF HORIZONTAL AND LOW-SLOPED SURFACES IN THE FIELD"
- ASTM E1980 "STANDARD PRACTICE FOR CALCULATING SOLAR REFLECTANCE INDEX OF HORIZONTAL AND LOW-SLOPED OPAQUE SURFACES"
- ISO 10456:2007 "BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS -- HYGROTHERMAL PROPERTIES -- TABULATED DESIGN VALUES AND PROCEDURES FOR DETERMINING DECLARED AND DESIGN THERMAL VALUES"
- ISO 6946:2007 BUILDING COMPONENTS AND BUILDING ELEMENTS – THERMAL RESISTANCE AND THERMAL TRANSMITTANCE – CALCULATION METHOD, CON EL FIN DE DEMOSTRAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS PRESCRIPTIVAS.
- NFRC 100 "PROCEDURE FOR DETERMINING FENESTRATION PRODUCT U-FACTORS"
- NFRC 200 "PROCEDURE FOR DETERMINING FENESTRATION PRODUCT SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT AND VISIBLE TRANSMITTANCE AT NORMAL INCIDENCE"
- NFRC 300 "TEST METHOD FOR DETERMINING THE SOLAR OPTICAL PROPERTIES OF GLAZING MATERIALS AND SYSTEMS"

1.5.2. Normas técnicas INEN

- NTE INEN 2506 "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. REQUISITOS"
- NTE INEN 1150 "ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS. DEFINICIONES"

- NTE INEN 1151 "ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN"
- NTE INEN 1152 "ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS. REQUISITOS"
- NTE INEN 1126 "VENTILACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS REQUISITOS"

1.5.3. Otras referencias citadas

- CIBSE, 2006, "ENVIRONMENTAL DESIGN: CIBSE GUIDE A", CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS.
- EDYSON GARCÍA, UNIVERSIDAD DE CUENCA. 2013 "CRITERIOS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES".
- MILIARIUM AUREUM, 2015, "PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MATERIALES". RETRIEVED FROM [HTTP://WWW.MILIARIUM.COM/AYUDA/CONTACTO.ASP](http://WWW.MILIARIUM.COM/AYUDA/CONTACTO.ASP)
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO, 1979, "NBE-CT-79 CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS", EN NORMAS BÁSICAS DE LA EDIFICACIÓN, ESPAÑA.
- POLYGAL, 2016, "POLICARBONATO ALVEOLAR POLYGAL. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS".
- ASHRAE, 2013, "ASHRAE HANDBOOK – FUNDAMENTALS (SI)", AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS.
- TINDALE, A., 2005, "DESIGNBUILDER SOFTWARE", DESIGN-BUILDER SOFTWARE LTD, STROUD, GLOUCESTERSHIRE UK.
- UPJOHN - PRODUCTOS QUÍMICOS POLÍMEROS, IMPRESO EN USA-1979 EXTRAÍDO: "GUÍA PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO CON ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO".

2. Campo de aplicación

Los criterios y requisitos establecidos en este documento deben ser aplicados en el diseño e implementados en la construcción de las nuevas edificaciones y remodelaciones de uso residencial a nivel nacional, a excepción de las edificaciones declaradas patrimoniales.

Para el cumplimiento de la Eficiencia Energética los fabricantes de los materiales deben proporcionar las fichas técnicas que acrediten el comportamiento térmico de sus productos y será responsabilidad del constructor presentar la memoria técnica que garantice que los materiales utilizados cumplen los requerimientos mínimos establecidos en esta norma. Solamente como segunda opción se permite, en la elaboración de la memoria técnica, aplicar métodos de cálculo para la aproximación de los valores de transmitancia y factor solar de los cerramientos, como se muestra en los anexos de este documento.

3. Zonificación Climático-Habitacional

Para la aplicación y cumplimiento de esta norma, como primer paso se debe determinar la zona climática en la que se ubica la edificación que se pretende evaluar. La zona climática de las capitales de provincia y de otras ciudades importantes se muestran en la tabla 2.

Para identificar la zona climática de alguna localidad que no esté incluida en la tabla 2, se definirá la zona climática a partir de los grados días de calentamiento, grados días de enfriamiento y altura sobre el nivel del mar de la localidad, en base a la tabla 3. Además, en la Figura 1 se incluye un mapa del Ecuador donde se puede visualizar las distintas zonas climáticas que existen en el país.

Tabla 2. Zonas climáticas de algunas ciudades

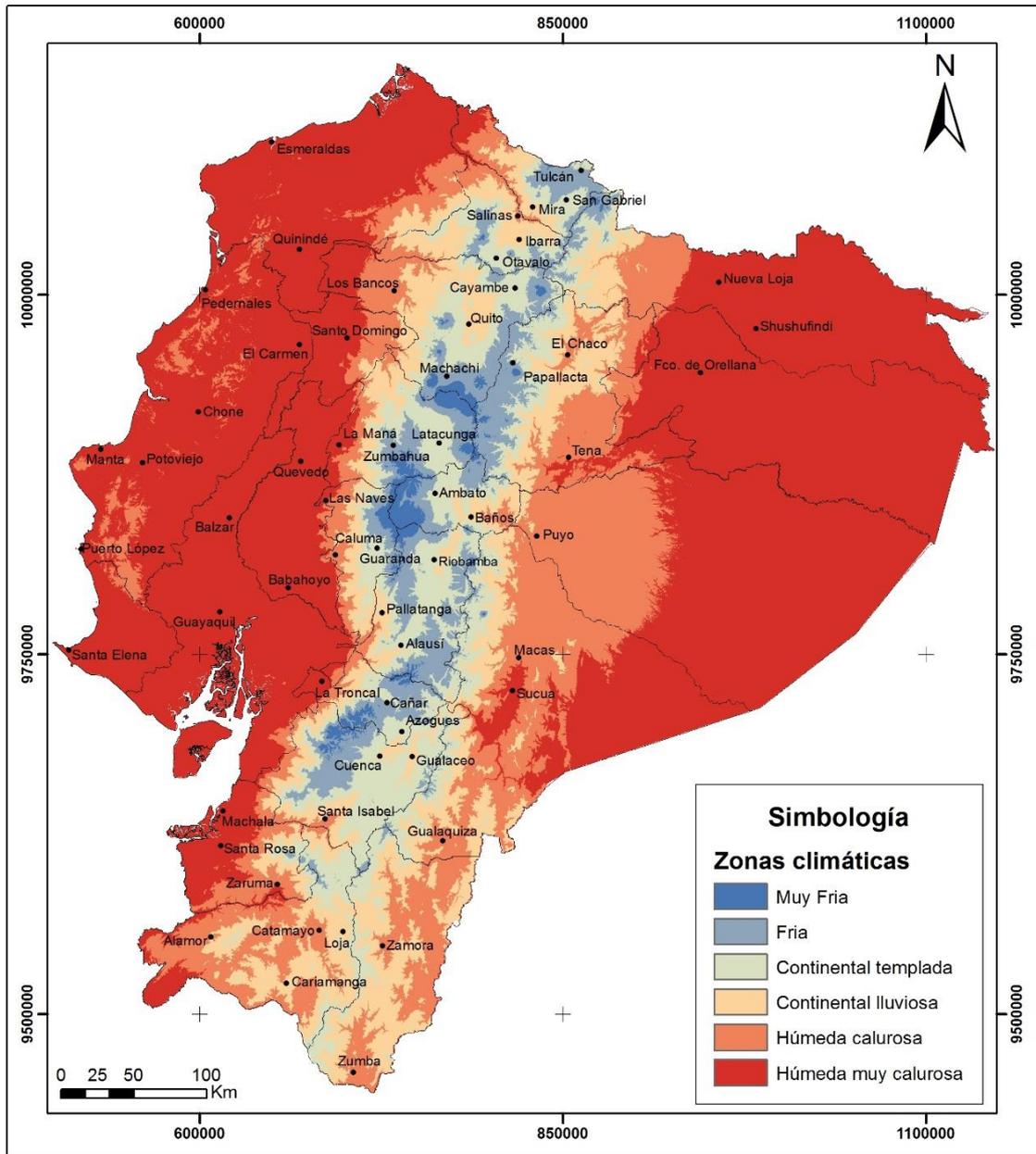
Provincia	Ciudad	Zona climática
REGIÓN COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeraldas	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta	Húmeda muy calurosa
	Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa
REGIÓN SIERRA		
Azuay	Cuenca	Continental lluviosa

	Santa Isabel	Húmeda calurosa
	Gualaceo	Continental lluviosa
Bolívar	Guaranda	Continental templada
	Caluma	Húmeda calurosa
	Las Naves	Húmeda muy calurosa
Cañar	Azogues	Húmeda calurosa
	Cañar	Fría
	La Troncal	Húmeda muy calurosa
Carchi	Mira	Continental lluviosa
	San Gabriel	Continental templada
	Tulcán	Fría
Chimborazo	Riobamba	Continental templada
	Alausí	Continental lluviosa
	Pallatanga	Continental lluviosa
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
	Latacunga	Continental templada
	Zumbahua	Fría
Imbabura	Ibarra	Continental lluviosa
	Otavalo	Continental templada
	Salinas	Húmeda calurosa
Loja	Loja	Continental lluviosa
	Cariamanga	Continental lluviosa
	Alamor	Húmeda calurosa
	Catamayo	Húmeda calurosa
Pichincha	Cayambe	Continental lluviosa
	Machachi	Fría
	Quito	Continental lluviosa
	Los Bancos	Húmeda calurosa
Santo Domingo de los Tsachilas	Santo Domingo	Húmeda muy calurosa
Tungurahua	Ambato	Continental templada
	Baños	Continental lluviosa
REGIÓN ORIENTE		
Morona Santiago	Macas	Húmeda calurosa
	Gualaquiza	Húmeda calurosa
	Sucúa	Húmeda muy calurosa
Napo	Tena	Húmeda calurosa
	Papallacta	Fría
	El Chaco	Húmeda calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa
Pastaza	Puyo	Húmeda calurosa
Zamora Chinchipe	Zamora	Húmeda calurosa
	Zumba	Húmeda calurosa

Tabla 3. Referencia para zonificación climática

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5	5C	FRÍA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	MUY FRÍA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

Figura 1. Mapa de zonas climáticas del Ecuador



ELABORACIÓN: INER E INAMHI; FUENTE: REGISTROS METEOROLOGICOS INAMHI (COLOR)

Nota 1: Para la identificación más precisa de la zona climática de una localidad en el mapa visitar: <http://bit.ly/2d5HzcB> (INER-PCIE Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas, pág. 17)

Nota 2: Para facilitar la identificación de la zona climática de una localidad referirse al ejemplo del anexo E.

Nota 3: En caso de que se requiera imprimir este mapa en escala de grises, para una mejor visualización se recomienda utilizar el Anexo A: Mapa de zonas climáticas (escala de grises).

4. Exigencias prescriptivas

Las exigencias prescriptivas son aquellas que establecen requerimientos mínimos principalmente en los materiales o componentes de la envolvente para mejorar el comportamiento térmico y energético de las edificaciones.

- Para espacios habitables, la envolvente exterior del edificio debe cumplir con los requisitos para la categoría respectiva referida en las tablas 4 a 9 para la zona climática adecuada.
- Para espacios no habitables, la envolvente semi-exterior del edificio debe cumplir con los requisitos para la categoría respectiva referida en las tablas 4 a 9 para la zona climática adecuada.

4.1. Envolvente de la edificación

Para la envolvente de la edificación se debe considerar los siguientes aspectos:

4.1.1. Categorías de espacio

- Se especifican requisitos para la envolvente exterior de la edificación, para dos categorías de espacio:
 - a) Espacios habitables (espacio acondicionado residencial).
 - b) Espacios no habitables (espacio semi-climatizado).
- Un espacio será considerado como habitable y deberá cumplir con los requisitos establecidos para espacios acondicionados al momento de la construcción, independientemente que los equipos mecánicos o eléctricos estén incluidos en el proyecto.
- En las zonas climáticas 3 a 6, un espacio puede ser designado como no habitable solo si es aprobado por la autoridad competente con jurisdicción sobre la aplicación de la normativa.

4.1.2. Modificaciones a la envolvente

Las modificaciones a la envolvente deben cumplir con los requisitos establecidos en los numerales referentes a aislamientos y reflectividad, infiltración de aire, y elementos translúcidos, aplicables a aquellas partes afectadas de la edificación.

4.1.3. Clima

Se debe determinar la zona climática para cada localidad, dentro de Ecuador, en base a la Figura 1 (Mapa de zonas climáticas del Ecuador).

Tabla 4. Requisitos de envoltente para la zona climática 1 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-3.5	R-0.3	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.857	R-1.0	U-4.61	R-0.2	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-1.825	R-1.5	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-3.2	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-6.81	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	NA

Tabla 5. Requisitos de envoltente para la zona climática 2 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-3.1	R-0.32	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.701	R-1.3	U-4.61	R-0.22	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.496	NA	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.5	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-4.26	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-11.24	SHG-0.19	U-11.24	SHG-0.19	U-11.24	NA

Tabla 6. Requisitos de envoltente para la zona climática 3 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.839	NA	U-2.6			
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

¹ Fuente: ASHRAE 90.1-2007 "EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS EXCEPTO BAJAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES"

Tabla 7. Requisitos de envoltente para la zona climática 4 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.513	R-2.0	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.420	R-1.8	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-5.56	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

Tabla 8. Requisitos de envoltente para la zona climática 5 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-2.8	R-0.34	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.453	R-2.3	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.363	R-2.2	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.839	NA	U-2.5	R-0.4	U-3.124	NA
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-1.99	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-6.64	SHGC-0.49	U-6.12	SHGC-0.76	U-11.24	NA

Tabla 9. Requisitos de envoltente para la zona climática 6 ¹

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
<i>Techos</i>	U-0.273	R-3.5	U-0.273	R-0.34	U-4.7	R-0.21
<i>Paredes, sobre nivel del terreno</i>	U-0.404	R-2.7	U-1.52	R-0.5	U-5.46	NA
<i>Paredes, bajo nivel de terreno</i>	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
<i>Pisos</i>	U-0.321	R-2.6	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
<i>Puertas opacas</i>	U-2.839	NA				
<i>Ventanas</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
<i>Área translúcida vertical ≥45°</i>	U-1.99	SHGC-0.40	U-3.16	SHGC-0.76	U-6.81	NA
<i>Área translúcida horizontal <45°</i>	U-5.56	SHGC-0.46	U-6.12	SHGC-0.76	U-11.24	NA

¹ Fuente: ASHRAE 90.1-2007 "EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICIOS EXCEPTO BAJAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES"

4.1.4. Cerramientos opacos

Para todas las superficies opacas, excepto puertas, el cumplimiento se debe demostrar mediante uno de los siguientes métodos:

- a) Valor mínimo nominal R de aislamiento - para determinar el cumplimiento de las exigencias prescriptivas se deben utilizar los valores referenciales de la resistencia térmica de los materiales de aislamiento utilizados en la envolvente. Referirse a las tablas del Anexo C y del Anexo D.
- b) Valor máximo U de todo el paquete constructivo - para determinar el cumplimiento de las exigencias prescriptivas se deben utilizar los valores referenciales U de los paquetes constructivos que se incluyen en el Anexo D.

Nota 4: Para determinar los valores de las propiedades térmicas de los materiales de construcción referirse a los anexos C y D.

4.1.4.1. Aislamiento y reflectividad del techo

Todos los techos deben cumplir con los valores de aislamiento especificados en las tablas 4 a 9.

Además, para los techos de las edificaciones ubicadas en la zona climática 1 (húmeda muy calurosa): al menos el 75% de toda la superficie del techo/cubierta que no se utiliza como penetraciones en techos para equipos, para sistemas de energía renovable como colectores solares o como cubiertas vegetales, debe ser cubierta con productos que:

- a) Tengan un SRI inicial mínimo de 78 para un techo/cubierta de baja pendiente. Un techo/cubierta de baja pendiente tiene una pendiente menor o igual a 2:12.
- b) Tengan un SRI inicial mínimo de 29 para un techo/cubierta inclinada. Un techo/cubierta inclinada tiene una pendiente de más de 2:12.
- c) Tengan una reflectancia solar inicial y una reflectancia solar envejecida (tres años después de la instalación) igual o mayor a la indicada en la tabla 10.

Tabla 10. Requerimientos para la reflectancia solar de productos para el revestimiento de techos/cubiertas

	Pendiente	Reflectancia solar inicial	Reflectancia solar envejecida (tres años después de la instalación)
Techo/cubierta de baja pendiente	$\leq 2:12$	Igual o mayor a 0.65	Igual o mayor a 0.50
Techo/cubierta inclinada	$> 2:12$	Igual o mayor a 0.25	Igual o mayor a 0.15

El SRI se debe calcular de acuerdo a la norma ASTM E1980 para condiciones con velocidad de aire moderada (2 – 6 m/s) utilizando un coeficiente de convección de 11.9 W/m² °C. El SRI debe ser obtenido en base a la reflectancia solar medida conforme a la norma ASTM E1918 o ASTM C1549, y la emitancia térmica medida conforme a la norma ASTM E408 o ASTM C1371. Los valores de reflectancia solar y emitancia térmica deben ser proporcionados y certificados por el fabricante.

4.1.4.2. Aislamiento de muros sobre el nivel de terreno

Todos los muros sobre el nivel de terreno deben cumplir con los valores de aislamiento especificados en las tablas 4 a 9.

Cuando parte de un muro está sobre y bajo el nivel de terreno, todo el muro de ese piso o nivel debe ser aislado ya sea por la parte exterior o interior, en base a las siguientes condicionantes:

- a) Si se considera aislamiento en la parte interior, el muro debe ser aislado de acuerdo a los requisitos de la categoría muros sobre el nivel de terreno de las tablas 4 a 9.
- b) Si se considera aislamiento en la parte exterior o aislamiento integral del muro, la parte del muro bajo el nivel de terreno debe ser aislada de acuerdo a los requerimientos de la categoría de muros bajo el nivel de terreno, y la parte del muro sobre el nivel de terreno debe ser aislada de acuerdo a los requisitos de la categoría de muros sobre el nivel de terreno de las tablas 4 a 9.

4.1.4.3. Aislamiento de muros bajo el nivel de terreno

Los muros bajo el nivel de terreno deben tener un valor mínimo R nominal de aislamiento que no sea menor que los valores especificados en las tablas 4 a 9.

4.1.4.4. Aislamiento de pisos

Todos los pisos deben cumplir con los valores de aislamiento especificados en las tablas 4 a 9.

4.1.4.5. Aislamiento de pisos en contacto con el nivel del terreno

Todos los pisos en contacto con el nivel de terreno, incluyendo los pisos con calefacción y sin calefacción, deben cumplir con los valores de aislamiento especificados en las tablas 4 a 9.

4.1.4.6. Puertas opacas

Todas las puertas opacas deben tener un factor máximo U que no sea mayor que el especificado en las tablas 4 a 9.

Nota 5: Revisar y usar los Anexos B y C para determinar y demostrar el cumplimiento de los requerimientos prescriptivos de esta norma.

4.1.5. Elementos translúcidos

Los elementos translúcidos deben cumplir con los valores establecidos de factor máximo U y coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC), especificados en las tablas 4 a 9.

4.1.5.1. Área de elementos translúcidos

- **Área de elementos translúcidos verticales.** El área total de elementos translúcidos verticales debe ser menor que el 40% del área neta del muro.

- **Área de elementos translúcidos horizontales (lucernarios o tragaluces):** El área total de elementos translúcidos horizontales (lucernarios o tragaluces) debe ser menor que el 5% del área neta del techo.

4.1.5.2. Factor máximo U de elementos translúcidos

Los elementos translúcidos deben tener un factor máximo U que no sea mayor que los valores especificados en las tablas 4 a 9 para el área de elementos translúcidos apropiada.

4.1.5.3. Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) de elementos translúcidos

- **SHGC de elementos translúcidos verticales.** Los elementos translúcidos verticales deben tener un SHGC que no sea mayor que el especificado para todas las orientaciones en las tablas 4 a 9 para el área total de elementos translúcidos verticales apropiada.

Excepciones:

- a) El SHGC de elementos translúcidos verticales en porcentaje superior a 40% y horizontales, superior al 5% de área neta de cerramiento opaco, debe ser inferior al valor indicado para toda orientación en las tablas de 4 a 9.
- b) Para demostrar el cumplimiento de elementos translúcidos verticales sombreados de forma permanente por proyecciones opacas que durarán tanto como el propio edificio, el SHGC en el edificio propuesto se debe reducir aplicando los factores de la tabla 11.

Tabla 11. Multiplicadores del SHGC para elementos de sombra

Factor de proyección	Multiplicador SHGC (orientación este/oeste)	Multiplicador SHGC (orientación norte/sur)
0-0.10	1.00	1.00
>0.10-0.20	0.91	0.95
>0.20-0.30	0.82	0.91
>0.30-0.40	0.74	0.87
>0.40-0.50	0.67	0.84
>0.50-0.60	0.61	0.81
>0.60-0.70	0.56	0.78
>0.70-0.80	0.51	0.76
>0.80-0.90	0.47	0.75
>0.90-1.00	0.44	0.73

- c) Para demostrar el cumplimiento de los elementos translúcidos verticales con porcentaje superior a 40% y horizontales, superior al 5% de área neta de cerramiento opaco, y de elementos translúcidos verticales sombreados de forma permanente por proyecciones parcialmente opacas (por ejemplo, marcos de vidrio o metal perforado) que durarán tanto como el propio edificio, el factor de proyección (PF) se debe reducir multiplicándolo por un factor O_s , que se lo determina de la siguiente manera:

$$O_s = (A_i \times O_i) + (A_f \times O_f)$$

Donde:

O_s = porcentaje de opacidad del dispositivo de sombreado.

A_i = porcentaje de área del dispositivo de sombreado con relleno parcialmente opaco.

O_i = porcentaje de opacidad del relleno para acristalamientos $O_i = (100 \% - TS)$, donde TS es la transmitancia solar determinada de acuerdo con NFRC 300 para paneles metálicos perforados o decorativos; para paneles de metal perforados o decorativos

O_i = porcentaje de material sólido.

A_f = porcentaje del área del dispositivo de sombreado que forma parte de los elementos del marco.

O_f = porcentaje de opacidad de los elementos que conforman el marco; si es sólido, entonces se considera el 100 %.

Una vez que se obtiene el factor O_s , el SHGC en el edificio propuesto se debe reducir multiplicándolo por los factores de la Tabla 11 para cada producto translúcido.

- d) Elementos translúcidos verticales que se encuentren al lado de la calle a nivel de la misma siempre que:
- 1) El nivel del lado de la calle no supere los 6 metros de altura.
 - 2) El elemento translúcido tenga una proyección saliente continua con un PF promedio ponderado superior a 0,5.
 - 3) El área de elementos translúcidos que se encuentran al lado y al nivel de la calle sea inferior al 75 % de la superficie total de la pared.

Cuando se utiliza esta excepción se deben realizar los cálculos especificados en esta sección de forma separada, y los valores obtenidos no deben ser promediados con otros valores para fines del cumplimiento de la norma.

- **SHGC de elementos translúcidos horizontales (lucernarios o tragaluces).** Los lucernarios o tragaluces deben tener un SHGC que no sea mayor que el especificado para todas las orientaciones en las tablas 4 a 9 para el área total de lucernarios apropiada.

Nota 6: Si los elementos translúcidos verticales u horizontales son mayores a los porcentajes establecidos anteriormente, se debe buscar elementos constructivos que garanticen el aporte de eficiencia energética de la edificación como fachadas verdes, quiebrasoles, volados entre otros.

4.2. Coeficiente global de pérdida por transmisión

Como alternativa de cumplimiento a la norma se puede calcular el coeficiente global de pérdida por transmisión. Esta alternativa se utiliza generalmente cuando uno o más de los componentes de la envolvente no cumplen con los requerimientos prescriptivos, pero por otro lado uno o más componentes de la envolvente se desempeñan mejor que lo requerido (en base a las tablas de requerimientos prescriptivos).

Por ejemplo, un diseñador puede optar por utilizar ventanas que tengan un mejor desempeño energético que las establecidas en la norma para compensar una deficiencia en el aislamiento térmico de las paredes. El coeficiente global de transferencia de calor (G), será medido en W/m^2K y representa el coeficiente de transferencia de calor de toda la edificación.

4.2.1. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor del edificio

El coeficiente global de transferencia de calor del edificio (G) se lo debe determinar mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{\sum U_m \times S_m + \sum U_t \times S_t + \sum U_p \times S_p + \sum U_v \times S_v}{V_T}$$

Donde:

U_m = coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores, W/m^2K

U_t = coeficiente global de transferencia de calor de techo, W/m^2K

U_p = coeficiente global de transferencia de calor de piso, W/m^2K

U_v = coeficiente global de transferencia de calor de ventanas, W/m^2K

S_m = superficie total de muros exteriores, m^2

S_t = superficie total del techo, m^2

S_p = superficie total del piso, m^2

S_v = superficie total de ventanas, m^2

V_T = volumen interior total de la edificación, m^3

4.2.2. Valor máximo admisible para el coeficiente global de transferencia de calor de la edificación G_{cal}

Para determinar el valor máximo admisible se debe comparar la edificación a ser evaluada con una edificación base. Para calcular el coeficiente de la edificación a ser evaluada (G_{cal}) se debe emplear la ecuación de la sección 4.2.1.

El resultado debe ser comparado con el coeficiente global de transferencia de calor de la edificación base (G_{base}). La condición que se debe cumplir es:

$$G_{cal} \leq G_{base}$$

4.2.3. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor de la edificación base G_{base}

Para determinar el coeficiente global de transferencia de calor de la edificación base se debe primero definir una edificación base que debe tener características geométricas y superficiales similares a la de la edificación a ser evaluada.

La edificación base tendrá la misma superficie de planta, superficie de envolvente, perímetro exterior, superficie en contacto con edificaciones colindantes y superficie de puertas opacas que la edificación a ser evaluada.

El coeficiente global de transferencia de calor de cada elemento opaco de la edificación de base debe ser igual a los valores mínimos requeridos para cada elemento, según la zonificación climática correspondiente. Estos valores se detallan en las tablas de 4 a 9.

La superficie acristalada vertical de la edificación base debe ser la misma que la edificación a ser evaluada o 40% de la superficie neta de la pared, la que sea menor de las dos. La distribución de la superficie acristalada vertical debe ser similar en la edificación a ser evaluada. En caso que la edificación a ser evaluada tenga una superficie vertical acristalada mayor al

40% de la superficie neta de la pared, entonces en el caso base se reducirá esta superficie hasta el 40%.

La superficie translúcida de la edificación base debe ser la misma que la edificación a ser evaluada o 5% de la superficie neta del techo exterior, la que sea menor de las dos. La distribución de la superficie translúcida debe ser similar en la edificación a ser evaluada. En caso que la edificación a ser evaluada tenga una superficie translúcida mayor al 5% de la superficie neta del techo, entonces en el caso base se reducirá esta superficie hasta el 5%. El coeficiente global de transferencia de calor de las ventanas, así como el coeficiente de ganancia solar (SHGC) del edificio base debe ser el definido en las tablas de 4 a 9 para la zona climática correspondiente.

4.3. Control de la infiltración del aire

4.3.1. Tasas de infiltración máxima permitidas

Para fijar las tasas de infiltración máxima permitidas se debe hacer referencia a la normativa ASHRAE 90.2 donde se establecen los valores de la tabla 12 según los diferentes tipos de uniones.

Tabla 12. Tasas de infiltración máxima permitidas según los diferentes tipos de uniones.

Descripción	Límite de infiltración de aire
Ventanas con marco de aluminio y puertas deslizantes	25 m ³ /h m
Ventanas con marco de PVC y puertas deslizantes	25 m ³ /h m
Ventanas con marco de madera y puertas deslizantes	23 m ³ /h m
Puertas de madera	23 m ³ /h m
Ventanas fijas	6.22 m ³ /h m ² (área de ventana)
Puertas giratorias	9.2 m ³ /h m ² (área de la puerta)

4.4. Calidad del aire

En esta sección se define la tasa de renovación de aire mínima que deben cumplir las edificaciones residenciales. La renovación de aire se medirá en forma de flujo volumétrico en volúmenes de renovación de aire por hora de la edificación (ACH) o en litros de aire por segundo (l/s).

4.4.1. Requerimientos de aire fresco para vivienda

Para determinar el requerimiento de aire fresco se empleará la metodología de la norma ASHRAE 62.2, de esta forma, el requerimiento de aire fresco se lo determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{tot} = 0.15A_{piso} + 3.5(N_{dorm} + 1)$$

Donde:

Q_{tot} = requerimiento de aire fresco (l/s)

A_{piso} = área de la vivienda (m²)

N_{dorm} = Número de dormitorios (No menos de 1)

La renovación de aire se la puede hacer de forma natural por medio de las aperturas como puertas y ventanas, o de forma mecánica pasiva cuando las condiciones de la edificación limiten la aplicación de métodos naturales.

Para calcular la tasa de renovación de aire mediante las aperturas referirse a la NTE INEN 1126.

Además, en los baños y cocinas de las viviendas se debe asegurar una mayor tasa de renovación de aire como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Tasa de renovación de aire

Modo de operación	Bajo demanda	Continuo
<i>Aplicación</i>	<i>Flujo volumétrico</i>	<i>Flujo volumétrico</i>
Baño	25 l/s	10 l/s
Cocina	50 l/s	5 ACH

4.5. Valores mínimos de iluminación

Se debe contar con un nivel mínimo de iluminación presente en el interior de la vivienda en función de las necesidades de cada espacio, de acuerdo a lo estipulado en la tabla 14.

Tabla 14. Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda

Áreas	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

Los valores estipulados en la tabla deben ser medidos en el centro de cada área, en plano horizontal a una altura de 60cm.

4.5.1. Aprovechamiento de luz natural

Para la obtención de la iluminación natural presente en la vivienda se debe cumplir con el porcentaje del factor de luz natural estipulado en la tabla 15 obtenida de la NTE INEN 1152 así como de los requisitos establecidos en la misma norma, considerando los métodos de determinación establecidos en la NTE INEN 1151.

Tabla 15. Factores de luz natural recomendados para interiores

Viviendas/Ambiente	Porcentaje del factor de luz natural
Salas	0,625
Cocinas	2,5
Dormitorios	0,313
Estudios	1,9
Circulaciones	0,313

Nota 7: Para la aplicación del factor de luz natural, revisar el ejemplo del anexo F

4.5.2. Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

La instalación de iluminación deberá ser energéticamente eficiente. El grado de eficiencia energética de la instalación proyectada se expresa mediante el Valor de Eficiencia Energética (VEEI), y se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m^2), calculada según lo dispuesto en la NTE INEN 2506, por cada 100 luxes se evalúa mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S_i \times E_m}$$

Donde:

P = Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W].

S_i = Superficie iluminada [m^2].

E_m = Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux].

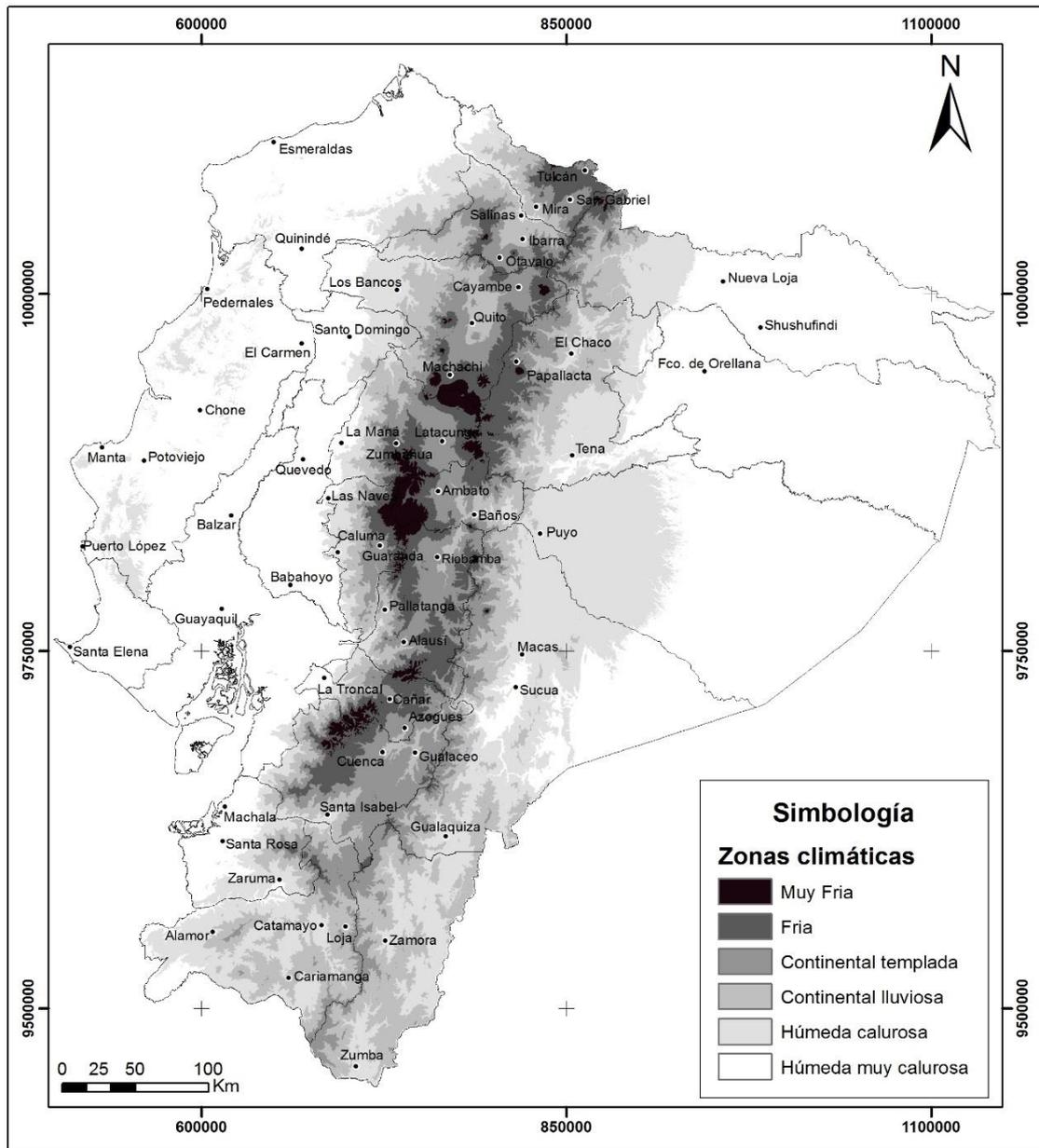
La instalación de iluminación no superará el Valor de Eficiencia Energética consignado en la tabla 16.

Tabla 16. VEEI máximo

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m^2)
Dormitorios	12,0
Salas	7,5
Cocina/comedor	10
Cuarto de estudio	10
Baños	12,0
Bodega	6,0

5. Apéndices / Anexos

5.1. Anexo A: Mapa de zonas climáticas (escala de grises)



ELABORACIÓN: INER E INAMHI. FUENTE: REGISTROS METEOROLÓGICOS INAMHI (ESCALA DE GRISES)

5.2. Anexo B: Disposiciones generales

5.2.1. Consideraciones importantes

- **Aislamiento.** Cuando se requiera considerar el uso de aislamiento según las exigencias prescriptivas, este deberá cumplir con todos los requisitos de las secciones referentes a la información que se requiere sobre los productos aislantes y los requisitos de instalación.
- **Elementos translúcidos y puertas.** Los procedimientos para determinar el desempeño de elementos translúcidos y puertas se describen en la sección correspondiente. Las muestras utilizadas para determinar el desempeño de elementos translúcidos deben ser unidades de la línea de producción o muestras representativas de unidades adquiridas por el consumidor o contratista.
- **Excepciones.** De no contar con los certificados se calcularán en base a los procedimientos descritos en el Anexo E.

5.2.2. Documentación a presentar

- **General.** La autoridad competente podrá requerir la presentación de documentación de cumplimiento e información complementaria.
- **Presentación de documento con etiquetado de categoría de espacio.** En los planos de planta que se entregan para revisión se debe indicar claramente los espacios habitable y no habitable que hay en la edificación. (Incluir cuadro de espacios habitables y no habitables).

5.2.3. Información del producto y requisitos de instalación

Aislamiento:

- **Certificado de aislamientos para la envolvente del edificio.** El valor mínimo R nominal debe ser claramente identificado en un certificado que debe ser incluido como información por parte del fabricante, en cada elemento aislante de la envolvente del edificio.
- **Excepción:** Cuando el material aislante no tiene una etiqueta de identificación, el instalador de dicho aislante deberá presentar una certificación con firma y fecha del aislante instalado en la que se incluirá el tipo de aislamiento, el nombre del fabricante y el valor mínimo R nominal.
- **Cumplimiento con los requisitos de los fabricantes.** Los materiales de aislamiento deben ser instalados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, de tal manera que se logre obtener el valor mínimo R nominal de aislamiento.
- **Contacto sustancial.** El aislante debe ser instalado de forma que esté permanentemente en contacto con la superficie interior, de conformidad con las recomendaciones de los fabricantes para el sistema utilizado.
- **Equipo empotrado.** Accesorios de iluminación, calefacción, ventilación y equipos de aire acondicionado y otros equipos, no serán empotrados de forma que puedan afectar el espesor de aislamiento a menos que:
 - a) El total del área afectada (incluyendo las holguras necesarias) sea inferior al 1 % del área opaca del ensamblaje.
 - b) Todo el techo, la pared o el suelo este cubierto con aislamiento a la profundidad necesaria.

- **Protección del aislamiento.** El aislamiento exterior deberá estar cubierto con un material protector para evitar el daño por la luz solar, por la humedad, por actividades de jardinería, por mantenimiento de equipos y por el viento.
- **Ubicación de aislamiento en techos.** No se debe instalar aislamiento en techos falsos (techos suspendidos) con paneles removibles.
- **Grado de aislamiento.** El aislamiento se extenderá sobre toda el área del componente que requiere un valor mínimo R nominal de aislamiento y un factor máximo U.

Elementos translúcidos y puertas:

- **Propiedades de elementos translúcidos.** El factor máximo U, el coeficiente SHGC y la tasa de infiltración de aire para todos los productos translúcidos que se comercializan en el país, deben ser determinados por un laboratorio acreditado o por un organismo de acreditación reconocido nacionalmente como el Servicio de Acreditación Ecuatoriano.
- **Etiquetado de elementos translúcidos.** Todos los productos translúcidos que se comercializan en el país deben tener una etiqueta de identificación permanente, instalada por el fabricante, que contenga información sobre el factor máximo U, el coeficiente SHGC y la tasa de infiltración de aire.
- **Excepción:** Cuando el producto translúcido no tiene dicha identificación, el instalador o distribuidor de tales productos deberá presentar una certificación del producto con firma y fecha que contenga información sobre el factor máximo U, SHGC y la tasa de infiltración de aire.
- **Etiquetado de puertas.** El factor máximo U y la tasa de infiltración de aire para todas las puertas que se comercializan en el país y que se instalan entre espacios habitables, espacios no habitables y el espacio exterior, deben ser identificados en una etiqueta de identificación permanente ubicada en el producto por el fabricante.
- **Excepción:** Cuando las puertas no tienen dicha identificación, el instalador o distribuidor de tales productos, se deberá presentar una certificación del producto con firma y fecha que contenga información sobre el factor máximo U y la tasa de infiltración de aire.
- **Factor máximo U.** Los factores máximos U se determinarán de acuerdo con NFRC 100. Los factores máximos U para cerramientos translúcidos horizontales se determinarán para una pendiente de 20 grados sobre la horizontal.
- **Coeficiente de ganancia solar.** El SHGC para el área total de elementos translúcidos se determinará de acuerdo con NFRC 200.

Excepciones:

- a. El coeficiente de sombreado (SC) del centro de vidrio multiplicado por 0,86 puede ser una alternativa aceptable para determinar el cumplimiento de los requisitos de SHGC para el área total de elementos translúcidos. El SC deberá ser verificado y certificado por el fabricante.
 - b. El SHGC del centro de vidrio puede ser una alternativa aceptable para determinar el cumplimiento de los requisitos de SHGC para el área total de elementos translúcidos. El SHGC deberá ser verificado y certificado por el fabricante.
 - c. Los factores U de la Tabla 21 serán una alternativa para determinar el cumplimiento de los criterios del factor-U para lucernarios o tragaluces.
- **Transmitancia de luz visible (VLT).** La VLT se determinará de acuerdo con NFRC 200 y debe ser verificada y certificada por el fabricante.

5.3. Anexo C: Determinación del factor mínimo R

5.3.1. Determinación del factor mínimo R expresado en m²K/W:

- Para determinar el factor mínimo R se puede considerar los valores estipulados en las tablas 17 y 18.
- Para los materiales de la tabla 18 el factor mínimo R se debe calcular en base al siguiente calculo:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

e, Espesor en metros.

λ, Conductividad térmica expresado en W/mK.

Tabla 17. Espesores requeridos de varios materiales para proporcionar valores mínimos R²

VALOR R																	
MATERIAL	FACTOR K	38		33		30		26		22		19		13		11	
		mm	pulg														
POLIURETANO	.14	138	5¼"	114	4½"	108	4¼"	95	3¾"	83	3¼"	70	2¾"	51	2"	38	1½"
POLIESTIRENO EXPANDIDO	.24	228	9"	203	8"	184	7¼"	159	5¾"	133	5¼"	144	4½"	83	3¼"	64	2½"
FIBRA DE VIDRIO	.28	267	10½"	241	9½"	215	8½"	184	7¼"	152	6"	159	5¼"	89	3½"	76	3"
CARTÓN DE FIBRA	.36	349	13¾"	305	12"	279	11"	241	9½"	203	8"	178	7"	127	5"	95	3¾"
PLANCHA DE CORCHO	.36	349	13¾"	305	12"	279	11"	241	9½"	203	8"	178	7"	127	5"	95	3¾"
PERLITA	.39	375	14¼"	330	13"	298	11¼"	246	10¼"	216	8½"	191	7½"	139	5¾"	102	4"
VERMICULITA	.48	483	18¾"	406	16"	318	14½"	267	12½"	267	10½"	235	9¼"	155	6½"	127	5"

Tabla 18. Espesores métricos / ingleses de poliuretano calculado para valores mínimos R especificados³

valor R(hpulgada ² F/ BTU) recomendado	mm ²	inches ²	C= W/m ² k	C=BTU/hpulgada ² F
11	38	1 1/2	0,0129	0,09
12	41	1 3/5	0,0119	0,083
13	47,5	1 7/8	0,0109	0,076
14	51	2	0,0102	0,071
15	54	2 1/8	0,0095	0,066
16	57	2 1/4	0,0089	0,062
17	60	2 1/3	0,0083	0,058
18	63,5	2 1/2	0,0079	0,055
19	66,5	2 5/8	0,0074	0,052

² AUTOR: UPJOHN - PRODUCTOS QUÍMICOS POLÍMEROS IMPRESO EN USA-1979
EXTRAIDO: GUÍA PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO CON ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO

³ AUTOR: UPJOHN - PRODUCTOS QUÍMICOS POLÍMEROS IMPRESO EN USA-1979
EXTRAIDO: GUÍA PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO CON ESPUMA RÍGIDA DE POLIURETANO

20	73	2 7/8	0,0072	0,05
21	76	3	0,0067	0,047
22	82,5	3 1/4	0,0064	0,045
23	85,5	3 3/8	0,0062	0,043
24	89	3 1/2	0,0059	0,041
25	92	3 5/8	0,0057	0,04
26	95	3 3/4	0,0054	0,038
27	98,5	3 7/8	0,0053	0,037
28	101,5	4	0,005	0,035
29	108	4 1/4	0,0049	0,034
30	111	4 3/8	0,0047	0,033
31	114	4 1/2	0,0046	0,032
32	117,5	4 5/8	0,0044	0,031
33	120,5	4 3/4	0,0043	0,03
34	124	4 7/8	0,0041	0,029
35	127	5	0,004	0,028
36	130	5 1/8	0,0039	0,0277
37	133,5	5 1/4	0,0038	0,027
38	143	5 5/8	0,0037	0,0263
*Valores recomendados a la dimensión práctica				

- a) Para ensamblajes múltiples dentro de una clase de construcción para una sola categoría de espacio, el cumplimiento será mostrado ya sea para: (1) el requisito más restrictivo o (2) un promedio de área ponderada del factor máximo U.

Tabla 19. Guía para el cálculo del factor mínimo R ⁴

	MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ) W/(mK)
ESTRUCTURA	ACERO	47-58
	MADERA LAMINADA	0.047
	HORMIGÓN ARMADO	1.40
	HORMIGÓN PRETENSADO	1.40
ENVOLTURAS DE ALTO RENDIMIENTO (PAREDES Y CIELO RASO)	LADRILLO	0.80
	PANELES HORMIGÓN PREFABRICADO	1.40
	PIEDRA	0.55
	PANELES FIBROCEMENTO	0.93
	PANELES YESO-CARTÓN	0.29-0.58
	VIDRIO	0.81
ENVOLTURAS DE ALTO RENDIMIENTO (TECHO)	CIELO RASO YESO-CARTÓN	0.29-0.58
	CIELO RASO ENDUELADO DE MADERA	0.209
	CUBIERTA CON MATERIAL DE TIERRA	0.76
PISOS	HORMIGÓN PULIDO	1.7
	PORCELANATO	0.81
AISLANTES	FIBRA DE VIDRIO	0.035
	LANA MINERAL	0.036-0.040
	ESPUMA DE POLIURETANO	0.029

⁴ Fuente: Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares, Edyson García, Universidad de Cuenca. 2013

5.4. Anexo D: Propiedades higrótérmicas de materiales de construcción

Las propiedades térmicas necesarias para realizar un análisis térmico de una edificación son la conductividad térmica (K), calor específico (Cp) y la densidad (d). Estos parámetros pueden ser usados en cálculos manuales o en programas de simulación energética de edificaciones para analizar el comportamiento térmico de la vivienda como una herramienta de pre-diseño para arquitectos e ingenieros.

Para determinar los valores de las propiedades térmicas de los materiales de construcción, se utilizaron bases de datos internacionales como la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 [1], una base de datos de origen británico que está incluida en la librería del programa de simulación energética Design Builder [2] y varias bases que recopilan información sobre materiales de construcción.

Los datos encontrados de esta búsqueda se resumen en la Tabla 20 donde se detallan las propiedades térmicas divididas por tipo de material con su respectiva fuente de información.

Tabla 20. Propiedades térmicas de los materiales a partir de la revisión literaria

Tipo de material	Material	Propiedades térmicas				Referencia
		K [W/mK]	R [m ² K/W]	Cp [J/kg K]	d [kg/m ³]	
Piedra	Piedra – piedra compacta	3.49	-	840	2880	[2]
	Roca compacta	3.50	-	880	2750	[1]
	Piedra	1.83	-	712	2200	[2]
Asbestos, hormigón, bloques de hormigón	Hormigón	1.40	-	837	2220	[3]
	Concreto de mediana densidad	1.35	-	1000	1800	[2]
	Hormigón armado	1.63	-	1050	2400	[1]
	Asbesto	0.36	-	1050	1500	[2]
	Fibrocemento	0.93	-	1250	2000	[1]
	Bloque de concreto	0.62	-	840	1040	[2]
	Concreto muy baja densidad	0.05	-	-	305	[4]
	Bloque de concreto	0.49	-	-	-	[4]
	Bloque hormigón celular vapor L	0.35	-	-	600	[1]
	Bloque hormigón celular vapor M	0.41	-	-	800	[1]
	Bloque hueco hormigón L	0.44	-	-	1000	[1]
	Bloque hormigón celular vapor P	0.47	-	-	1000	[1]
	Bloque hueco hormigón M	0.49	-	-	1200	[1]
	Bloque hueco hormigón P	0.56	-	-	1400	[1]
	Bloque hormigón ligero macizo	0.33	-	1050	1000	[1]
Bloque hormigón ligero	0.56	-	1050	1400	[1]	
Materiales aislantes	Lana mineral (panel)	0.042	-	1030	12	[4]
	Lana mineral (manta/rollo)	0.038	-	1030	25	[4]
	Poliestireno expandido (EPS)	0.04	-	1450	15	[4]
	Poliestireno extruido (XEPS)	0.035	-	1400	40	[4]
	Espuma de poliuretano	0.025	-	1400	30	[4]
	Espuma de urea formaldehído (UF)	0.04	-	1400	10	[4]
	Fibra de vidrio (panel)	0.046 a 0.048	-	800	7.5 a 8.2	[5]
	Lana de roca o lana de escoria (panel)	0.036 a 0.037	-	800	32 a 37	[5]
		0.033 a 0.035	-	800	45	[5]
	Celulosa en spray para cavidades en paredes	0.039 a 0.040	-	-	26 a 42	[5]
Fibra de vidrio en spray para cavidades en paredes o áticos		0.039 a 0.042	-	-	16	[5]
		0.033 a 0.037	-	-	29 a 37	[5]
Ladrillos, adobes	Ladrillo común	0.80	-	840	1800	[3]
	Ladrillo de sílice	1.07	-	-	1900	[3]
	Ladrillo de magnesita	2.68	-	1130	2000	[2]
	Ladrillo macizo	0.87	-	1330	1800	[1]
	Ladrillo aireado	0.30	-	840	1000	[2]
	Ladrillo quemado	0.85	-	840	1500	[2]
	Ladrillo	0.75	-	880	1730	[2]

	Ladrillo al cromo	2.32		840	3000	[3]
	Adobe	0.95		920	1600	[1]
	Adobe	0.58		850	1280	[2]
	Ladrillo hueco	0.49		-	1200	[1]
	Ladrillo perforado	0.76		-	1600	[1]
	Ladrillo sílico-calcáreo	0.79		-	1600	[1]
	Ladrillo cerámico macizo	0.87		-	1800	[1]
Yesos	Gypsum	0.25		1000	900	[2]
	Placas de escayola	0.3		-	800	[1]
	Mortero de yeso	0.76		-	1000	[3]
	Placas de yeso	0.29-0.58		-	600-1200	[3]
	Yeso	0.81		837	1800	[3]
Madera	Maderas frondosas	0.21		-	800	[1]
	Madera de coníferas	0.14		-	600	[1]
	Contrachapado	0.14		-	600	[1]
	Plywood 19.0 mm	0.10		1880	450	[2]
	Tablero de partículas de madera	0.14		1700	600	[2]
	Tablero aglomerado de partículas	0.08		-	650	[1]
	Tableros de fibra orientada - OSB	0.13		1700	650	[2]
	Madera de roble	0.19		2390	700	[2]
	Madera	0.13		1381	840	[3]
	Madera de abedul	0.14		1884	650	[3]
	Madera de alerce	0.11		1298	650	[3]
	Madera de arce	0.34		1591	750	[3]
	Madera de chopo	0.15		1340	650	[3]
	Madera de fresno	0.34		1591	750	[3]
	Madera de haya	0.14		1340	800	[3]
	Madera de haya blanca	0.14		1340	700	[3]
	Madera de pino	0.16		1298	650	[3]
	Madera de pino blanco	0.11		1465	550	[3]
Madera de roble	0.20		2386	850	[3]	
Plásticos	Polycarbonato	0.19-0.22		1200	1200	[5]
	Polycarbonato alveolar		1.25 - 3.9 W/m ² k			[6]
Nota: <i>K es la conductividad térmica de los materiales</i> <i>Cp es el calor específico del material</i> <i>q es la densidad del material</i>						

En base a la Tabla 20 se han definido los posibles paquetes constructivos para cada elemento que conforma la envolvente de una edificación. Los valores para cada material en la Tabla 20 han sido calculados como un promedio de los valores encontrados en la revisión bibliográfica. Cabe mencionar que los elementos detallados como envolvente pueden ser usados en elementos verticales tanto interiores como exteriores.

Tabla 21. Propiedades de paquetes constructivos

Elemento constructivo	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/m ² K)
Paredes	Ladrillo sin revestimientos	Ladrillo	15	1920	0.72	2.79
	Ladrillo con revestimientos	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.55
		Ladrillo	15	1920	0.72	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Bloque de concreto	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.35
		Bloque de concreto	15	1040	0.62	

	(15 cm)	Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Bloque de concreto (20 cm)	Enlucido exterior	1	1300	0.5	1.98
		Bloque de concreto	20	1040	0.62	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Madera (paneles OSB)	Panel OSB	1.27	650	0.105	3.69
	Caña no revestida	Caña guadua	0.6	714	0.3	5.46
	Caña revestida	Enlucido exterior	1	1300	0.5	4.61
		Caña guadua	1	714	0.3	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Adobe	Adobe	30	1440	0.76	2.26
	Hormigón	Hormigón	15	2000	1.13	3.54
	Panel metálico	Lámina metálica	0.04	7800	50	1.8
		Poliuretano	10	30	0.04	
		Lámina metálica	0.04	7800	50	
	Panel de gypsum aislado	Gypsum	2	900	0.3	1.45
		Poliuretano	10	30	0.04	
		Gypsum	2	900	0.3	
	Panel OSB aislado	OSB	0.6	650	0.1	1.48
		Poliuretano	10	30	0.04	
		OSB	0.6	650	0.1	
	Panel de triplex aislado	Triplex	0.6	525	0.12	1.52
		Poliuretano	10	30	0.04	
		Triplex	0.6	525	0.12	
Techos	Losa Homigón	Hormigón armado	10	2400	2.3	4.7
	Teja	Teja de arcilla	2.5	2000	1	2.9
	Zinc	Zinc	0.6	7200	110	3.5
	Paja	Paja	2	270	0.09	2.8
	Fibrocemento	Panel de fibrocemento	0.6	1120	1	3.1
Piso	Hormigón	Piedra	10	2880	3.49	3.2
		Polietileno	0.04	920	0.33	
		Hormigón	5	1800	1.35	
	Tierra	Tierra apisonada	15	1885	1.1	3.3
	Madera	Madera dura	1.5	1700	0.18	3.4
Puerta	Metal	Acero	0.03	7800	50	3.124
		Aire (R0.15 m ² K/W)	0.1	-	-	
		Acero	0.03	7800	50	
	Madera sólida	Roble pintado	4.2	700	0.19	2.56
	Madera hueca	Plywood	0.6	700	0.15	2.5
		Aire (R0.15 m ² K/W)	3	-	-	
Plywood		0.6	700	0.15		
Ventanas	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	-	0.9	5.89
	Vidrio simple LoE (e=0.2) (3	Vidrio con lámina	0.3	-	0.9	3.84

	mm)					
	Vidrio simple (6 mm)	Vidrio transparente	0.6	-	0.9	5.78
	Vidrio doble (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	-	0.9	3.16
		Aire (R0.15 m ² K/W)	0.6	-	-	
		Vidrio transparente	0.3	-	0.9	

Nota: *K es la conductividad térmica de los materiales*
C_p es el calor específico del material
ρ es la densidad del material
E es el espesor de cada material
U es el coeficiente de transferencia de calor

Es importante tener en cuenta que debido a la falta de información sobre las propiedades térmicas de materiales de construcción nacionales fue necesario generar esta información a partir de bases de datos internacionales.

En un futuro, las propiedades que se muestran en este documento deben ser contrastadas con datos obtenidos en laboratorios nacionales de caracterización térmica de materiales de construcción ya que las proporciones químicas y procesos usados en la fabricación de los materiales pueden variar incluso por fabricante.

Como información de referencia adicional se recomienda revisar la incluida en la norma ISO 10456:2007 "Building materials and products -- Hygrothermal properties -- Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values", que detalla propiedades como la densidad, la conductividad térmica y el calor específico de varios materiales y productos de construcción.

Además, en caso de que un proyecto de edificación tenga algún paquete constructivo diferente a los que se incluyen en la Tabla 21, se debe calcular su transmitancia térmica (U) conforme a la norma ISO 6946:2007 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation Method, con el fin de demostrar el cumplimiento de las exigencias prescriptivas.

Referencias

- [1] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1979, "NBE-CT-79 Condiciones térmicas en los edificios", In Normas básicas de la edificación, España.
- [2] Tindale, A., 2005, "DesignBuilder software", Design-Builder Software Ltd, Stroud, Gloucestershire UK.
- [3] Miliarium Aureum, 2015, "Propiedades térmicas de los materiales". Retrieved from <http://www.miliarium.com/Ayuda/Contacto.asp>
- [4] CIBSE, 2006, "Environmental Design: CIBSE Guide A", Chartered Institution of Building Services Engineers.
- [5] ASHRAE, 2013, "ASHRAE Handbook – Fundamentals (SI)", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [6] Polygal, 2016, "Policarbonato alveolar Polygal. Especificaciones técnicas".

5.5. Anexo E: Ejemplo de cálculo para determinar la zona climática

Como se menciona en la Sección 3, para la aplicación de esta norma es necesario identificar la zona climática de la localidad donde se pretende implantar una edificación, para lo cual se presentan los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1. Para el caso que la ciudad donde se va a implantar la edificación, consta en la Tabla 2 “Zonas climáticas de algunas ciudades”

Si la ciudad donde se va a implantar la edificación es Guayaquil, identificamos a esta ciudad en la Tabla 2 y vemos que corresponde a una zona climática húmeda muy calurosa. Con este dato revisamos en la Tabla 3 y comprobamos que corresponde a la zona climática 1. A partir de esta información, en la Tabla 4 se determinan los requisitos que debe cumplir la envolvente de las edificaciones ubicadas en la zona climática 1, como se muestra para este caso (marcado con color).

A continuación se presentan las tablas empleadas.

Tabla 2. Zonas climáticas de algunas ciudades

Provincia	Ciudad	Zona climática
REGIÓN COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeraldas	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta	Húmeda muy calurosa
	Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa
REGIÓN SIERRA		
Azuay	Cuenca	Continental lluviosa
	Santa Isabel	Húmeda calurosa
	Gualaceo	Continental lluviosa
Bolívar	Guaranda	Continental templada
	Caluma	Húmeda calurosa
	Las Naves	Húmeda muy calurosa
Cañar	Azogues	Húmeda calurosa
	Cañar	Fría
	La Troncal	Húmeda muy calurosa
Carchi	Mira	Continental lluviosa
	San Gabriel	Continental templada
	Tulcán	Fría

Chimborazo	Riobamba	Continental templada
	Alausí	Continental lluviosa
	Pallatanga	Continental lluviosa
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
	Latacunga	Continental templada
	Zumbahua	Fría
Imbabura	Ibarra	Continental lluviosa
	Otavalo	Continental templada
	Salinas	Húmeda calurosa
Loja	Loja	Continental lluviosa
	Cariamanga	Continental lluviosa
	Alamor	Húmeda calurosa
	Catamayo	Húmeda calurosa
Pichincha	Cayambe	Continental lluviosa
	Machachi	Fría
	Quito	Continental lluviosa
	Los Bancos	Húmeda calurosa
Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo	Húmeda muy calurosa
Tungurahua	Ambato	Continental templada
	Baños	Continental lluviosa
REGIÓN ORIENTE		
Morona Santiago	Macas	Húmeda calurosa
	Gualaquiza	Húmeda calurosa
	Sucúa	Húmeda muy calurosa
Napó	Tena	Húmeda calurosa
	Papallacta	Fría
	El Chaco	Húmeda calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa
Pastaza	Puyo	Húmeda calurosa
Zamora Chinchipe	Zamora	Húmeda calurosa
	Zumba	Húmeda calurosa

Tabla 3. Referencia para zonificación climática

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD_{10^{\circ}C}$
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD_{10^{\circ}C} \leq 5000$
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$
5	5C	FRÍA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	MUY FRÍA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

Tabla 4. Requisitos de envolvente para la zona climática 1

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-3.5	R-0.3	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.857	R-1.0	U-4.61	R-0.2	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-1.825	R-1.5	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-3.2	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-6.81	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal $< 45^\circ$	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	NA

Ejemplo 2. Para el caso en que la ciudad en donde se va a implantar la edificación no esté incluida en la Tabla 2 “Zonas climáticas de algunas ciudades”

En el caso que la localidad no esté incluida en la Tabla 2 “Zonas climáticas de las principales ciudades”, se puede identificar la zona climática deseada mediante el uso de la Tabla 3 “Referencia para zonificación climática”.

Para ello resulta fundamental contar con datos meteorológicos como el promedio diario de temperatura del aire exterior a lo largo de un año (el ente oficial que emite este tipo de información es el INAMHI). Idealmente la información climática que se utilice debe ser representativa de la localidad para lo cual generalmente se utiliza el Año Meteorológico Típico (AMT o TMY por sus siglas en inglés).

Para construir el TMY se debe contar con al menos cinco años de información debido a que si se tipifica las características del clima con información menor a este tiempo, el producto obtenido sería poco confiable.

En esta información se deben incluir variables como la temperatura, humedad relativa, la radiación solar media y la velocidad del viento máxima y media diaria. Con la conjugación de todas estas variables y mediante un método denominado Sandía y la ecuación estadística Finkelstein-Schafer se realizan cálculos matemáticos para obtener el año meteorológico típico.

Para el ejemplo de cálculo (en el que se utiliza el TMY) se utilizó el archivo climático que representa a un año meteorológico típico de la ciudad de Quito. A partir de los 365 datos de temperatura promedio del aire exterior, correspondientes a los 365 días de un año meteorológico típico, se sigue el procedimiento detallado a continuación:

Debido a la información.

1. En base a lo que indica la norma se establece una temperatura de balance de 10 grados centígrados para calcular los grados día de enfriamiento, y una temperatura de balance de 18 grados centígrados para calcular los grados día de calefacción. Así:

$$T_{balance}(\text{grados día de calefacción HDD}) = 18^\circ\text{C}$$

$$T_{balance}(\text{grados día de enfriamiento CDD}) = 10^\circ\text{C}$$

2. Conforme a la definición de grados día presentada en la Sección 1.3, los grados día de calefacción se obtienen a partir de la diferencia entre la temperatura de balance (18°C para calefacción) y el promedio diario de la temperatura del aire exterior (en grados Celsius),

siempre que el promedio diario de temperatura sea menor a 18 °C. Los grados día de calefacción anuales se obtienen a partir de la suma de los grados día de calefacción de un año calendario completo, en base a la siguiente ecuación:

$$HDD = \sum_{i=1}^N (T_{balance} - \bar{T}_i)^+$$

Donde N es el número de días del mes, $T_{balance}$ es la temperatura de balance con la cual los grados días de calefacción son calculados y T_i es la temperatura diaria promedio calculada sumando la temperatura máxima y mínima de cada día y dividida para 2. El símbolo + indica que solo se deben sumar los valores positivos de la ecuación.

De forma similar, los grados día de enfriamiento se obtienen a partir de la diferencia entre el promedio diario de la temperatura del aire exterior (en grados Celsius) y la temperatura de balance (10 °C para enfriamiento), siempre que el promedio diario de temperatura sea mayor a 10 °C. Los grados día de enfriamiento anuales se obtienen a partir de la suma de los grados día de enfriamiento de un año calendario completo, en base a la siguiente ecuación:

$$CDD = \sum_{i=1}^N (\bar{T}_i - T_{balance})^+$$

El cálculo de los grados día de calefacción y enfriamiento se lleva a cabo para los 365 días del año, como se muestra en la tabla a continuación:

N	Mes	Día	Temperatura exterior	Grados día de calefacción HDD18	Grados día de enfriamiento CDD10
1	1	1	13.24	4.76	3.24
2	1	2	12.48	5.52	2.48
3	1	3	11.44	6.56	1.44
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
29	1	29	13.53	4.47	3.53
30	1	30	13.6	4.4	3.6
31	1	31	14.32	3.68	4.32
32	2	1	11.62	6.38	1.62
33	2	2	12.14	5.86	2.14
34	2	3	12.81	5.19	2.81
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
332	11	28	15.37	2.63	5.37
333	11	29	13.86	4.14	3.86
334	11	30	14.31	3.69	4.31
335	12	1	14.48	3.52	4.48
336	12	2	12.92	5.08	2.92
337	12	3	13.8	4.2	3.8
:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:
363	12	29	11.45	6.55	1.45
364	12	30	12.1	5.9	2.1
365	12	31	13.33	4.67	3.33
				1554.06	1365.94
				HDD18	CDD10

3. En base al cálculo anterior podemos observar que la sumatoria de los grados día de calefacción de un año calendario completo es:

$$HDD18 = 1554$$

Por otro lado, la sumatoria de los grados día de enfriamiento de un año calendario completo es:

$$CDD10 = 1366$$

Con estos valores se usa la Tabla 3 “Referencia para zonificación climática” de la Sección 3, en donde se observa que los valores obtenidos de HDD18 y CDD10 corresponden a la Zona 3 ($CDD10 \leq 2500$ y $HDD18 \leq 2000$). Así, se puede verificar que Quito se encuentra en una zona “Continental lluviosa” (Zona climática 3), tal y como se indica en la Tabla 2 de la Sección 3 y se aplicará los requisitos para la envolvente presentados en la tabla 6.

A continuación se presentan las tablas empleadas.

Tabla 3. Referencia para zonificación climática

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5	5C	FRÍA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	MUY FRÍA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

Tabla 2. Zonas climáticas de algunas ciudades

Provincia	Ciudad	Zona climática
REGIÓN COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeraldas	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta	Húmeda muy calurosa
	Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa
REGIÓN SIERRA		
Azuay	Cuenca	Continental lluviosa
	Santa Isabel	Húmeda calurosa

Bolívar	Gualaceo	Continental lluviosa
	Guaranda	Continental templada
	Caluma	Húmeda calurosa
	Las Naves	Húmeda muy calurosa
Cañar	Azogues	Húmeda calurosa
	Cañar	Fría
	La Troncal	Húmeda muy calurosa
Carchi	Mira	Continental lluviosa
	San Gabriel	Continental templada
	Tulcán	Fría
Chimborazo	Riobamba	Continental templada
	Alausí	Continental lluviosa
	Pallatanga	Continental lluviosa
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
	Latacunga	Continental templada
	Zumbahua	Fría
Imbabura	Ibarra	Continental lluviosa
	Otavalo	Continental templada
	Salinas	Húmeda calurosa
Loja	Loja	Continental lluviosa
	Cariamanga	Continental lluviosa
	Alamor	Húmeda calurosa
	Catamayo	Húmeda calurosa
Pichincha	Cayambe	Continental lluviosa
	Machachi	Fría
	Quito	Continental lluviosa
	Los Bancos	Húmeda calurosa
Santo Domingo de los Tsachilas	Santo Domingo	Húmeda muy calurosa
Tungurahua	Ambato	Continental templada
	Baños	Continental lluviosa
REGIÓN ORIENTE		
Morona Santiago	Macas	Húmeda calurosa
	Gualaquiza	Húmeda calurosa
	Sucúa	Húmeda muy calurosa
Napo	Tena	Húmeda calurosa
	Papallacta	Fría
	El Chaco	Húmeda calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa
Pastaza	Puyo	Húmeda calurosa
Zamora Chinchipe	Zamora	Húmeda calurosa
	Zumba	Húmeda calurosa

Tabla 6. Requisitos de envolvente para la zona climática 3

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel de terreno	C-6.473	NA	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>	<i>Transmitancia máxima</i>	<i>Montaje máximo SHGC</i>
Vidriado vertical $\geq 45^\circ$	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Vidriado horizontal $< 45^\circ$	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

5.6. Anexo F: Ejemplo de cálculo del factor de luz natural

Para calcular la iluminancia interior para una cocina se toma una medida de iluminancia externa de 5.000 luxes y con estos datos se procede a realizar los siguientes cálculos:

FLN (Factor de luz natural promedio) = (Iluminancia interior media/Iluminancia exterior horizontal sin obstáculos) * 100 %

El FLN según la Tabla 15 para la cocina es 2,5 %, por lo tanto se tiene que:

Iluminancia interior media = (FLN * Iluminancia Exterior horizontal sin obstáculos)/100 %

Iluminancia interior media = (2,5 % * 5.000 luxes) / 100 %

Iluminancia interior media =125 luxes.

EFICIENCIA ENERGÉTICA en Edificaciones Residenciales (EE)

código NEC - HS - EE

