

Representante legal:
Bernardo Echeverría Vial

Director ejecutivo:
José Pedro Campos Rivas

Secretario técnico:
Marcelo Huenchunir Bustos

Diseño gráfico:
Lorena González Vergara

Dibujo técnico:
Leonardo Narváez Faúndez

Corrección de textos:
Amy Bardi Pineda

Registro de propiedad intelectual N° 159179
Instituto de la Construcción

Primera edición:
Noviembre 2006

Imprenta:
Edicolor

Se permite la reproducción total o parcial de este manual para efectos no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

MANUAL DE APLICACION REGLAMENTACION TERMICA

ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO
Y CONSTRUCCIONES
ARTICULO 4.1.10



GOBIERNO DE CHILE
MINVU



Instituto de la Construcción

Agradecimientos

El Instituto de la Construcción agradece al Ministerio de Vivienda y Urbanismo el encargo de elaborar el Sistema de Información para la Aplicación de la Reglamentación Térmica, que en una primera etapa ha considerado el diseño del presente manual y el sitio web www.mart.cl, herramientas que estimamos indispensables y muy útiles para una adecuada difusión, aplicación y cumplimiento de la reglamentación térmica.

Asimismo, agradecemos a las siguientes empresas e instituciones, que han aportado conocimiento, tecnologías, recursos humanos y pecuniarios, haciendo posible este trabajo:

Aislaforte S.A.
Andes Construction Chile S.A.
Arauco
Arquipanel EIRL
BASF Chile S.A.
Cámara Chilena de la Construcción
Cementos Bío Bío S.A.
Cemento Melón S.A.
Cemento Polpaico S.A.
Cerámica Santiago S.A.
Cintac S.A.
Compañía Industrial El Volcán S.A.
Eurotec Ltda.
Indalum S.A.
Industrias Princesa Ltda.
Knauf de Chile Ltda.
Louisiana Pacific Chile S.A.
Maderas CMPC
Orica Chemicals Chile S.A.
Sociedad Industrial Pizarreño S.A.
Sociedad Industrial Romeral S.A.
VEKA Chile S.A.
Vidrios Dell Orto S.A.
Vidrios Lirquén S.A.
Villalba S.A.
Xella Chile S.A.

A todos ellos nuestros agradecimientos.



Bernardo Echeverría Vial
Presidente
Instituto de la Construcción

Santiago, noviembre de 2006

Presentación

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo, consecuente con la política de mejorar la calidad de vida de la población, a través de elevar la calidad y el estándar de la vivienda, ha incorporado en los últimos años dos modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones -denominadas 1º y 2º etapas de Reglamentación Térmica- mediante las cuales se han establecido progresivos requisitos de acondicionamiento térmico a las viviendas, determinando exigencias para los complejos de techumbre en una primera etapa, para luego continuar con los muros, pisos ventilados y superficie máxima para ventanas, según se señala en el Artículo N° 4.1.10 de dicho reglamento.

El programa de reglamentación térmica -definido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el año 1994- contempla tres etapas, quedando por implementar la tercera, la que considera la certificación energitérmica sobre el comportamiento global, cuya definición se encuentra en proceso.

Es relevante resaltar que la segunda etapa, que entra en vigencia el día 4 de enero de 2007, ha sido determinada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, sobre la base de una propuesta que fue gestionada y dirigida por el Instituto de la Construcción, la que contó para su elaboración con la participación de todos los actores del sector relacionados al tema -profesionales, industriales, académicos y gremiales- que en una situación inédita y exitosa, aportaron una propuesta viable en términos técnicos, económicos y sociales.

Para la elaboración de este Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica, que es parte de un sistema de información para la difusión de la reglamentación en conjunto con el sitio web www.mart.cl, se ha contado con la participación de la industria del sector -de manera similar que para la elaboración de la propuesta de reglamento- la que ha aportado su experiencia, conocimientos y recursos.

Es fundamental para el éxito de la puesta en marcha de tan importante reglamento, que los profesionales, especialmente arquitectos, ingenieros, constructores, directores de Obras Municipales, revisores independientes y en general a todos los actores que intervienen en el proceso constructivo -quienes deberán aplicar y exigir estas nuevas disposiciones en el ámbito de sus competencias y responsabilidades- cuenten con información detallada y herramientas que permitan y faciliten de manera óptima su conocimiento, aplicación y control.

El Manual contiene toda la información reglamentaria sobre el tema, incorporando además capítulos destinados a facilitar la comprensión de cada aspecto y a ejemplificar con soluciones genéricas, para terminar con fichas de información sobre productos y soluciones actualmente disponibles en el mercado.

Esta colaboración entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el sector privado, es un ejemplo de asociación para mejorar de manera efectiva y eficaz la calidad de vida de la población.



Héctor López Alvarado

Arquitecto

Jefe de División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO

Índice

Agradecimientos	4
Presentación	5
Introducción	7
Glosario	8
Texto Artículo 4.1.10	9
Planos de zonificación térmica	13
Aplicación práctica Artículo 4.1.10.....	29
Soluciones constructivas genéricas.....	39
Anexo fichas técnicas	
Soluciones y materiales constructivos.....	53

Introducción

Uno de los propósitos históricos fundamentales de la construcción, particularmente de las viviendas, es proveer de adecuadas, estables y permanentes condiciones de habitabilidad a sus habitantes, con prioridad en el confort higrotérmico, requerimiento básico e imprescindible para la actividad humana.

Hoy es necesario no sólo alcanzar los parámetros de confort requeridos, sino lograrlo con el menor uso de energía no renovable posible, aprovechando la energía solar en sus diversas fases y/o utilizando energía renovable si es necesario.

En esta perspectiva, desde hace más de treinta años, todos los países desarrollados han establecido estrictas y progresivas regulaciones sobre la demanda de energía de las edificaciones, como también sobre el comportamiento de los componentes de la envolvente de las viviendas y edificios, la calidad del aire interior, la eficiencia de los equipos de calefacción, etc., llegando hoy a la certificación obligatoria respecto de la demanda de energía máxima de las edificaciones -expresada en kWh/m² año- incorporando un lenguaje relevante en términos técnicos y además manejable y útil para toda la población.

De manera paralela a la regulación, en diversos países han surgido iniciativas públicas y privadas, que no solo han logrado disminuir significativamente la demanda de energía por bajo las exigencias reglamentarias -en cuatro y cinco veces- sino hoy se observan edificios que aportan energía renovable a la red.

A la luz de lo realizado en el mundo y de lo estratégico que es actuar en este ámbito, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo incorporó la reglamentación térmica en su programa de acción en el año 1994, con los siguientes tres objetivos:

- Mejorar la calidad de vida de la población mediante un mejor confort térmico y los beneficios que ello reporta: mayor habitabilidad, mejor salud, menor contaminación y mayor durabilidad de la vivienda.
- Optimizar y/o reducir el consumo de combustibles destinados a calefaccionar y refrigerar las viviendas.
- Promover y estimular la actividad productiva, industrial, académica, gremial y de investigación aplicada.

Para llevar a cabo los objetivos señalados, se ha definido una estrategia de reglamentación, sobre la base de considerar las siguientes tres acciones secuenciales:

- 1º Disminuir al máximo las demandas de energía.
- 2º Utilizar y optimizar las ganancias internas y externas.
- 3º En el caso de requerir calefaccionar o refrigerar, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

Los objetivos señalados y las acciones para llevarlos a cabo, constituyen lineamientos simples y concretos que sustentan la normativa nacional e internacional, en términos técnicos, sociales y económicos.

Chile es el primer país de Latinoamérica que ha incorporado en su reglamento de construcción exigencias de acondicionamiento térmico para todas las viviendas, en el marco de una política de mejoramiento de calidad de vida de la población y más allá de la actual distancia respecto de las condiciones de confort y de la baja demanda de energía alcanzada en los países desarrollados, podemos asegurar que estamos en el camino correcto y que avanzar en este ámbito nos permitirá cada vez vivir mejor y de manera sustentable.

Glosario

Aislación térmica: es la capacidad de oposición al paso de calor de un material o conjunto de materiales, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior.

Albañilería armada: albañilería que lleva incorporados refuerzos de barras de acero en los huecos verticales y en las juntas o huecos horizontales de las unidades.

Albañilería confinada: es aquella reforzada con pilares y cadenas de hormigón armado, las cuales enmarcan completamente el sistema de ladrillos o bloques.

Barrera de vapor: lámina o capa que presenta una resistencia a la difusión del vapor de agua comprendida entre 10 y 230MN s/g.

Barrera de humedad: lámina o capa que tiene la propiedad de impedir el paso de agua a través del mismo.

Complejo de techumbre: conjunto de elementos constructivos que conforman una techumbre, tales como: cielo, cubierta, aislante térmico, cadenas y vigas.

Complejo de muro: conjunto de elementos constructivos que conforman el muro y cuyo plano de terminación interior tiene una inclinación de más de 60° sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Complejo de piso ventilado: conjunto de elementos constructivos que conforman el piso que no están en contacto directo con el terreno.

Complejo de ventana: conjunto de elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

Conductividad térmica, λ : cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en W/mK. Se determina experimentalmente según la norma NCh 850 o NCh 851.

Envolvente térmica de un edificio: serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Grados/día: en un período de un día, es la diferencia entre la temperatura fijada como "base", y la media diaria de las temperaturas bajo la temperatura de base, igualando a la "base" aquellas superiores a ésta. Dependiendo del período de tiempo utilizado, se puede hablar de grados/día, grados/hora, grados/año, etc.

Pérdidas por renovaciones de aire: pérdida de calor de un espacio interior que se produce por efecto de la renovación de aire.

Puente térmico: parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno.

R 100: Según la norma NCh 2251 es la resistencia térmica que presenta un material o elemento de construcción, multiplicado por 100.

Resistencia térmica, R: oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Se pueden distinguir los siguientes casos:

Resistencia térmica de una capa material, R: para una capa de caras planas y paralelas de espesor e , conformado por un material homogéneo de conductividad térmica λ , la resistencia térmica, R, queda dada por: $R = e/\lambda$, y se expresa en m^2K/W .

Resistencia térmica total de un elemento compuesto, R_T : inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento: $R_T = 1/U$, y se expresa en m^2K/W .

Resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada, R_g : resistencia térmica que presenta una masa de aire confinado (cámara de aire). Se determina experimentalmente por medio de la norma NCh 851 y se expresa en m^2K/W .

Resistencia térmica de superficie, R_s : inverso del coeficiente superficial de transferencia térmica h , es decir: $R_s = 1/h$, y se expresa en m^2K/W .

En el caso de un elemento compuesto por dos capas de distintos materiales con resistencias térmicas R_i y R_e , y con una cámara de aire no ventilada con resistencia térmica R_g , la resistencia térmica total será: $R_T = R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se}$.

donde R_{si} corresponde a la resistencia térmica de superficie al interior y R_{se} a la resistencia térmica de superficie al exterior.

Resistencia térmica total de elementos compuestos por varias capas homogéneas, R_T : para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por:

$$R_T = 1/U = R_{si} + \sum e/\lambda + R_{se}$$

en que $\sum e/\lambda$ = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento. Esta resistencia térmica total, R_T , se expresa en $m^2 K/W$.

Temperatura base: es la temperatura que se fija como parámetro para el cálculo de confort o requerimientos de calefacción.

Transmitancia térmica, U: flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Corresponde al inverso de la resistencia térmica total R_T de un elemento y se expresa en W/m^2K . Se determina experimentalmente según la norma NCh 851 o bien por cálculo como se señala en la norma NCh 853.

Texto Reglamentación Térmica

MODIFICACION A DECRETO SUPREMO N°47, DE VIVIENDA Y URBANISMO, DE 1992, ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES

Publicada en el Diario Oficial el día miércoles 4 de enero de 2006.

Decreto N° 192.- que modifica Decreto N° 47, de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

Santiago, 11 de noviembre de 2005, decreto N° 192.

Entra en vigencia el 4 de enero de 2007.

Artículo 4.1.10.

Todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

1. COMPLEJOS DE TECHUMBRE, MUROS PERIMETRALES Y PISOS VENTILADOS:

A. Exigencias:

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica "U" igual o menor, o una resistencia térmica total "Rt" igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo y a la siguiente tabla:

TABLA 1

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W	U W/m ² K	Rt m ² K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

1. Techumbres:

Para efectos del presente artículo se considerará complejo de techumbre al conjunto de elementos constructivos que lo conforman, tales como cielo, cubierta, aislación térmica, cadenas y vigas.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para la techumbre serán las siguientes:

- En el caso de mansardas o paramentos inclinados, se considerará complejo de techumbre todo elemento cuyo cielo tenga una inclinación de 60° sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal.
- Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales de la techumbre, tales como cerchas, vigas y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.
- Los materiales aislantes térmicos o las soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, deberán cubrir el máximo de la superficie de la parte superior de los muros en su encuentro con el complejo de techumbre, tales como cadenas, vigas o soleras, conformando un elemento continuo por todo el contorno de los muros perimetrales.
- Para obtener una continuidad en el aislamiento térmico de la techumbre, todo muro o tabique que sea parte de ésta, tal como lucarna, antepecho, dintel, u otro elemento que interrumpa el acondicionamiento térmico de la techumbre y delimite un local habitable o no habitable, deberá cumplir con la misma exigencia que le corresponda al complejo de techumbre, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 1 del presente artículo.
- Para toda ventana que forme parte del complejo techumbre de una vivienda emplazada entre la zona 3 y 7, ambas inclusive, cuyo plano tenga una inclinación de 60° sexagesimales, o menos, medidos desde la horizontal, se deberá especificar una solución de doble vidrio hermético, cuya transmitancia térmica debe ser igual o menor a 3,6W/m²K.

2. Muros:

Para la aplicación del presente artículo se considerará complejo de muro al conjunto de elementos constructivos que lo conforman y cuyo plano de terminación interior tenga una inclinación de más de 60º sexagesimales, medidos desde la horizontal.

Las exigencias de acondicionamiento térmico para muros serán las siguientes:

- a) Las exigencias señaladas en la Tabla 1 del presente artículo, serán aplicables sólo a aquellos muros y/o tabiques, soportantes y no soportantes, que limiten los espacios interiores de la vivienda con el espacio exterior o con uno o más locales abiertos, y no será aplicable a aquellos muros medianeros que separen unidades independientes de vivienda.
- b) Los recintos cerrados contiguos a una vivienda tales como bodegas, leñeras, estacionamientos e invernaderos, serán considerados como recintos abiertos para efectos de esta reglamentación, y sólo les será aplicable las exigencias de la Tabla 1 a los paramentos que se encuentren contiguos a la envolvente de la vivienda.
- c) Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en tabiques perimetrales, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales, tales como pies derechos, diagonales estructurales y/o por tuberías, ductos o cañerías de las instalaciones domiciliarias.
- d) En el caso de la albañilería confinada de conformidad a la definición de la NCh 2123, no será exigible el valor de U de la Tabla 1 en los elementos estructurales tales como pilares, cadenas y vigas.
- e) En el caso que el complejo muro incorpore materiales aislantes, la solución constructiva deberá considerar barreras de humedad y/o de vapor, según el tipo de material incorporado en la solución constructiva y/o estructura considerada.
- f) En el caso de puertas vidriadas exteriores, deberá considerarse como superficie de ventana la parte correspondiente al vidrio de la misma. Las puertas al exterior de otros materiales no tienen exigencias de acondicionamiento térmico.

3. Pisos Ventilados:

Para efectos de la aplicación del presente artículo se considerará complejo de piso ventilado al conjunto de elementos constructivos que lo conforman que no están en contacto directo con el terreno. Los planos inclinados inferiores de escaleras o rampas que estén en contacto con el exterior también se considerarán como pisos ventilados.

Para minimizar la ocurrencia de puentes térmicos en pisos ventilados, los materiales aislantes térmicos o soluciones constructivas especificadas en el proyecto de arquitectura, sólo podrán estar interrumpidos por elementos estructurales del piso o de las instalaciones domiciliarias tales como vigas, tuberías, ductos o cañerías.

B. Alternativas para cumplir las exigencias térmicas definidas en el presente artículo:

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en el Tabla 1 se podrá optar entre las siguientes alternativas:

1. Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la Tabla 2:
Se deberá especificar y colocar un material aislante térmico, incorporado o adosado, al complejo de techumbre, al complejo de muro, o al complejo de piso ventilado cuyo R100 mínimo, rotulado según la norma técnica NCh 2251, de conformidad a lo indicado en la Tabla 2 siguiente:

TABLA 2

ZONA	TECHUMBRE R100(*)	MUROS R100(*)	PISOS VENTILADOS R100(*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

(*) Según la norma NCh 2251: R100 = valor equivalente a la Resistencia térmica (m^2K/W) x 100.

2. Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un Laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.
3. Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.
4. Especificar una solución constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

2. EXIGENCIAS PARA VENTANAS:

Se considerará complejo de ventana a los elementos constructivos que constituyen los vanos vidriados de la envolvente de la vivienda.

A. Porcentaje máximo de superficie de ventanas respecto a paramentos verticales de la envolvente:

El complejo de ventana deberá cumplir con las exigencias establecidas en la Tabla 3, en relación al tipo de vidrio que se especifique y a la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura. El tipo de vidrio a utilizar en las superficies de ventanas deberá ser indicado en las especificaciones técnicas del proyecto de arquitectura.

Para determinar el porcentaje máximo de superficie de ventanas de un proyecto de arquitectura, se deberá realizar el siguiente procedimiento:

- Determinar la superficie de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura. La superficie total a considerar para este cálculo, corresponderá a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios.
- Determinar la superficie total de ventanas del proyecto de arquitectura correspondiente a la suma de la superficie de los vanos del muro en el cual está colocada la ventana, considerando, para ello, el marco como parte de su superficie. Para el caso de ventanas salientes, se considerará como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo de la parte vidriada.

La superficie máxima de ventanas que podrá contemplar el proyecto de arquitectura corresponderá a la superficie que resulte de aplicar la Tabla 3, respecto de la superficie de los paramentos verticales de la unidad habitacional señalada en el punto a) precedente, considerando la zona y el tipo de vidrio que se especifique.

TABLA 3

VENTANAS			
ZONA	% Máximo de Superficie Vidriada Respecto a Paramentos Verticales de la Envolvente		
	Vidrio Monolítico (b)	DVH	
		3,6 W/m ² K ≥ U > 2,4 W/m ² K (a)	U ≤ 2,4 W/m ² K
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

(a) La doble ventana que forme una cámara de aire se asimila al DVH, con valor U entre 3,6 y 2,4 W/m²K

(b) Vidrio monolítico:

De acuerdo a la NCh 132, se entenderá por aquel producto inorgánico de fusión, que ha sido enfriado hasta un estado rígido sin cristalización, formado por una sola lámina de vidrio.

(c) Doble vidriado hermético (DVH):

De acuerdo a la NCh 2024, se entenderá por doble vidriado hermético el conjunto formado por dos o más vidrios paralelos, unidos entre sí, por un espaciador perimetral, que encierran en su interior una cámara con aire deshidratado o gas inerte.

En el caso que el proyecto de arquitectura considere más de un tipo de vidrio, según Tabla 3, se deberá determinar el máximo porcentaje posible para cada tipo de vidrio respecto a la superficie total de la envolvente vertical. Para ello, por cada tipo de vidrio a utilizar, se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{TP \times MV}{100} = MSV$$

TP: Porcentaje del tipo de vidrio respecto del total de la superficie vidriada.

MV: Porcentaje máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales de la envolvente, según Tabla 3.

MSV: Porcentaje máximo de superficie para tipo de vidrio, respecto de la superficie total de la envolvente.

B. Método alternativo del U ponderado:

Sólo en las zonas térmicas: 3; 4; 5; 6 y 7, se podrá utilizar un método alternativo del U ponderado el cual sólo podrá aplicarse para el caso de vidrios monolíticos.

Para los casos previstos en el párrafo anterior, se podrá aumentar la superficie vidriada sobre los valores de Tabla 3 de este artículo, compensando el aumento de superficie vidriada con el mejoramiento de la transmitancia térmica de la solución de muros. El U ponderado deberá tener un valor igual o menor al señalado para la zona en la que se ubique el proyecto de arquitectura de acuerdo a la Tabla 4 siguiente:

TABLA 4

ZONA	U Ponderado W/m ² K
3	2.88
4	2.56
5	2.36
6	1.76
7	1.22

Para determinar la transmitancia térmica ponderada de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura, se deberá calcular el U ponderado del proyecto

de conformidad a la fórmula que se señala, debiendo los muros perimetrales en contacto al exterior poseer una transmitancia térmica igual o menor al valor establecido, según zona térmica, en las exigencias para muros de la Tabla 1 del presente artículo:

SM : Superficie de muro

UM : Transmitancia térmica del muro

SV : Superficie de ventana

UV : Transmitancia térmica ventana

STE: Superficie total de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura

Para aplicación de la fórmula del párrafo anterior, los muros que limiten con uno o más locales cerrados, deberán considerarse como parte de la envolvente para efectos de cálculo del U ponderado. Para estos muros se adoptará la transmitancia establecida para la zona térmica en la cual se emplace el proyecto de arquitectura, de acuerdo a la Tabla 1, independiente de su transmitancia térmica real.

En el caso en que los paramentos verticales del proyecto de arquitectura estén compuestos por más de una solución constructiva, determinando así, más de una transmitancia térmica para muros, se aplicará la siguiente fórmula para determinar el U ponderado:

$$\frac{(SM-1 \times U-1) + (SM-2 \times U-2) + (SM-n... \times U-n...) + (SV \times UV)}{STE} = U \text{ ponderado}$$

SM-1 : Superficie muro 1

U-1 : Transmitancia térmica muro 1

SM-2 : Superficie muro 2

U-2 : Transmitancia térmica muro 2

SV : Superficie ventana

UV : Transmitancia térmica ventana

STE : Superficie total de los paramentos verticales de la envolvente

En ambos casos, si el proyecto de arquitectura contempla más de un tipo de ventana, asimilados a distintos valores de Transmitancia, según la Tabla 3, se ponderará toda la superficie vidriada con el valor de transmitancia térmica del vidrio monolítico.

La superficie de ventana para el vidrio monolítico del cálculo del U ponderado no podrá, en ningún caso, aumentar más de un 40 % respecto al porcentaje máximo de superficie permitido para la zona térmica, según lo señalado en la Tabla 3.