

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2016

Docencia
Investigación
Extensión
Gestión



DOCENCIA
INVESTIGACIÓN
EXTENSIÓN
GESTIÓN

PUBLICACIONES RECIENTES



[http://arq.unne.edu.ar/
publicaciones.html](http://arq.unne.edu.ar/publicaciones.html)

Dirección General

Decano de la Facultad
de Arquitectura y Urbanismo

Dirección Ejecutiva

Secretaría de Investigación

Comité Organizador

Evelyn ABILDGAARD
Herminia ALÍAS
Andrea BENÍTEZ
Anna LANCELLE
Patricia MARIÑO

Coordinación editorial y compilación

Secretaría de Investigación

Diseño y Diagramación

Marcelo BENÍTEZ

Corrección de texto

María Cecilia VALENZUELA

Impresión

VIANET. Av. Las Heras 526, PB, Dto.
B. Resistencia. Chaco. Argentina.
vianetchaco@yahoo.com.ar

Colaboración

Lucrecia SELUY

Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María
Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Gui-
llermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura
ARTIEDA / Gladys Susana BLAZICH / Walter
Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René
CANESE / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / En-
rique CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susa-
na COLAZO / Mario E. DE BÓRTOLI / Patricia
DELGADO / Claudia FINKELSTEIN / María del
Socorro FOIO / Pablo Martín FUSCO / Graciela
Cecilia GAYETZKY de KUNA / Elcira Claudia
GUILLÉN / Claudia Fernanda GÓMEZ LÓPEZ /
Delia KLEES / Amalia LUCCA / Elena Silvia MAI-
DANA / Sonia Itatí MARIÑO / Fernando MAR-
TÍNEZ NESPRAL / Anibal Marcelo MIGNONE
/ María del Rosario MILLÁN / Daniela Beatriz
MORENO / Bruno NATALINI / Carlos NÚÑEZ /
Patricia NÚÑEZ / Mariana OJEDA / María Mer-
cedes ORAISON / Silvia ORMAECHEA / María
Isabel ORTIZ / Jorge PINO / Nidia PIÑEYRO /
Ana Rosa PRATESI / María Gabriela QUIÑONEZ
/ Liliana RAMÍREZ / María Ester RESOAGLI /
Mario SABUGO / Lorena SANCHEZ / María del
Mar SOLÍS CARNICER / Luciana SUDAR KLAP-
PENBACH / Luis VERA.

Edición

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500COI) Av. Las Heras 727.
Resistencia. Chaco. Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

ISSN 1666-4035

Reservados todos los
derechos. Impreso en
Vía Net, Resistencia,
Chaco, Argentina.
Septiembre de 2017.

La información contenida en este volumen es absoluta
responsabilidad de cada uno de los autores.

Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la infor-
mación contenida en el presente volumen con el expreso
requerimiento de la mención de la fuente.



ÍNDICE

ARTÍCULOS INVESTIGACIÓN 005

DESEMPEÑO HIGROTÉRMICO DE CARPINTERÍAS DE EDIFICIOS DEL NEA SEGÚN ANÁLISIS DE PUENTES TÉRMICOS

SUÁREZ, Betiana R.;
JACOBO, Guillermo J.;
ALÍAS, Herminia M.
betianarociosuarez91@gmail.com

Suárez, Betiana. Egresada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Jacobo, Guillermo. Profesor titular Estructuras II, Área de la Tecnología y la Producción. Alías, Herminia. Profesora adjunta cátedra Estructuras II, Área de la Tecnología y la Producción. FAU-UNNE.

RESUMEN

Se estudia el desempeño higrotérmico de tipologías de carpinterías, frecuentemente utilizadas, en edificaciones de las ciudades de Resistencia y Corrientes, para determinar el valor de transmitancia térmica media ponderada, su encuadre en la clasificación propuesta por la Norma IRAM 11507-4, y la ubicación y comportamiento de los puentes térmicos. Los datos recabados permitirán estipular el nivel de eficiencia energética de estos componentes. Se proponen soluciones tecnológicas constructivas de rehabilitación térmica para las carpinterías que se verifican deficientes. Se utilizan, a modo de validación y comparación de los resultados, simulaciones en software Therm y Window versión 6.3.

PALABRAS CLAVE

Transmitancia térmica; Norma IRAM 11507-4; simulaciones software Therm 6.3.

OBJETIVOS

El presente artículo tiene como objetivo difundir los resultados hallados en la investigación desarrollada durante la beca pregrado ciclo 2015, otorgada por la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE, con el título "Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológico-constructivas para su corrección" (Suárez y Jacobo, 2015). Esta investigación se enmarca en el proyecto "Rehabilitación higrotérmico-energética de edificios en el NEA: evaluación, diagnóstico, desarrollo de soluciones técnico-constructivas y valoración costo-beneficio. Clasificación energética de la edificación", cuya dirección es del Arq. Guillermo Jacobo y la codirección de la Arq. Herminia Alías.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha ido en aumento la problemática del cambio climático; los desastres naturales son cada vez más frecuentes y cruentos, así como también las temperaturas en los períodos estivales son más elevadas. Las teorías científicas apuntan a que estos fenómenos son consecuencia de los gases contaminantes (entre ellos el CO₂) acumulados en la atmósfera, producto de las actividades del hombre, como la producción de energía eléctrica (ver figura 1). A su vez, la construcción también es una actividad que afecta al medio ambiente, ya que todos los edificios consumen energía y generan desechos a lo largo de su ciclo de vida, desde su concepción hasta su demolición. Se destaca entonces la importancia de la sustentabilidad en la arquitectura y del uso racional de la energía.



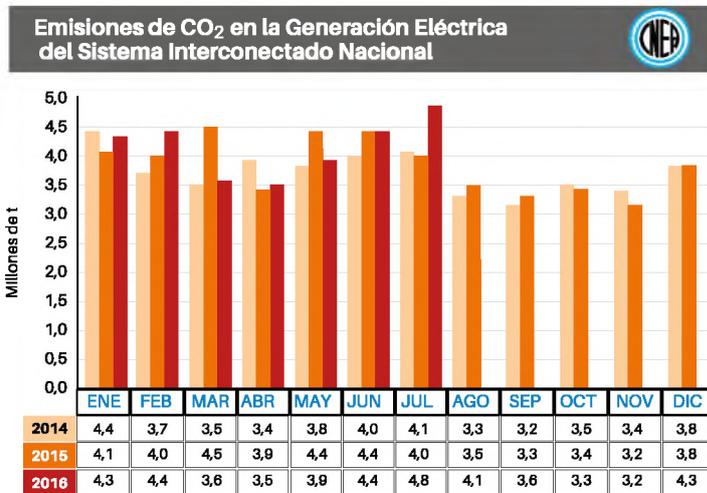


Fig. 1. Emisiones de CO₂ en la Generación Eléctrica del Sistema Interconectado Nacional. Fuente: Argentina. Subgerencia de Planificación Estratégica Gerencia de Planificación, Coordinación y Control, Comisión Nacional de Energía Atómica (2016) *Síntesis del mercado eléctrico mayorista de la República Argentina*



Fig. 2. Consumos medios energéticos de una vivienda Fuente: Cabrera, Zulma; Guidura, Juan Ramón (2010) *Arquitectura bioclimática para barrios de viviendas sociales*

Actualmente en la región NEA el intenso clima cálido sumado a las deficientes envolventes edilicias torna inhabitables los espacios interiores, lo que hace imprescindible el uso de sistemas de acondicionamiento térmico que se constituyen como el mayor consumo en una vivienda (ver figura 2).

La masividad del consumo eléctrico en el sector residencial y la falta de concientización en el uso racional por parte de sus usuarios provocan una creciente demanda energética. Esta, sumada a la escasa planificación y a los insuficientes fondos, deviene en los cortes permanentes en el servicio, la sobrecarga del sistema de distribución y las elevadas tarifas tras la quita de subsidios. Esta situación resulta inquietante, además, si tomamos noción de que en la Argentina las principales fuentes primarias para generar electricidad son el petróleo y el gas natural, que producen en las centrales térmicas como derivados de su combustión gases contaminantes.

Sin embargo, ante este panorama existe la posibilidad de la rehabilitación térmica de las carpinterías existentes en los edificios de la región. Esto consiste en mejorar la aislación térmica, el desempeño higrotérmico, en optimizar y corregir los puentes térmicos, y es una de las infinitas posibilidades de hacer eficientes los edificios. Particularmente se investiga el desempeño higrotérmico de las carpinterías porque son múltiples los problemas en estos componentes constructivos (ver figura 3).

Las carpinterías son los puntos críticos de la envolvente edilicia, en donde se agudizan los puentes térmicos, el efecto invernadero (aumento de temperatura en espacios interiores por las superficies vidriadas), las infiltraciones de aire y agua. Estos, en deficientes condiciones constructivas, desencadenan patologías constructivas (humedades superficiales,



desprendimiento de revoques y pintura, hongos) y pérdidas o ganancias térmicas según la estación climática, invierno o verano. Este último factor es crucial en los balances térmicos de los espacios habitables, ya que las carpinterías poseen una importante incidencia en los cálculos de las cargas térmicas, ya sea por conducción o por radiación solar, los cuales dependen del tipo de vidriado y protecciones solares utilizadas, las orientaciones y el valor de la transmitancia térmica media ponderada.

RESULTADOS

La investigación comenzó a partir de un relevamiento fotográfico, en el cual se tomaron alrededor de sesenta fotos en la ciudad de Resistencia y ochenta y cuatro fotos en la ciudad de Corrientes. Se fotografiaba la vista frontal de las carpinterías, evitando imágenes en perspectiva, para posteriormente escalarlas en un programa de diseño asistido y realizar la representación técnica. De esta manera, a partir de la gráfica a escala, se obtenían los datos de la superficie de la carpintería, de su perfilera, paño opaco y vidriado. En la realización del relevamiento se procuró considerar los diversos materiales y formas utilizados en los diferentes sectores de la ciudad, desde el sector residencial, hasta el comercial y el público. Además se consideró la utilización de determinadas tipologías de carpinterías en viviendas de construcción masiva realizadas por el Estado. Fue necesario visitar los institutos de vivienda de cada provincia (IPDUV-INVICO), en busca de fotocopias de planillas o legajos técnicos que tuvieran información sobre las carpinterías existentes en las viviendas construidas. También se estudiaron los pliegos de especificaciones técnicas de las viviendas Procrear, disponibles en la página Web.



Fig. 3. Problemas higrotérmicos frecuentes en carpinterías Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de la ponencia de Ramos, Eduardo M. (2011) *Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos vidrios y marcos térmicamente eficientes*

A partir del relevamiento de las carpinterías existentes en la región, se estudiaron, analizaron y aplicaron dos metodologías diferentes pero cuyos resultados finales eran comparables. En primer lugar, se hace referencia a la metodología propuesta por la norma IRAM 11507-4 (IRAM, 2010). En dicha norma se establece un valor máximo de transmitancia térmica de $4\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, para garantizar niveles adecuados de aislación térmica en carpinterías. Para hallar la transmitancia térmica de una carpintería, la norma aconseja la utilización de la ecuación 1.

$$K'_m = \frac{\sum_1^n (K_i \cdot S_i)}{\sum_1^n S_i}$$

K'_m = transmitancia térmica media ponderada $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

S_i = superficie de cada uno de los componentes de la ventana m^2

K_i = transmitancia térmica según IRAM 11601 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

Ecuación 1. Transmitancia térmica media ponderada. Fuente: Instituto Argentino

de Normalización y Certificación (2010). *Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 4. Requisitos complementarios aislación térmica*

El valor hallado era clasificado de acuerdo con las categorías de aislación establecidas en la tabla 1.

Por lo tanto, aplicando la metodología de la norma IRAM 11507-4 se obtenía tanto el valor de la transmitancia térmica media ponderada como la categoría de aislación de una carpintería. La segunda metodología estudiada es la constituida por las simulaciones en los *software* Therm y Window versión 6.3. Los procedimientos que seguir para hallar el valor de la transmitancia térmica de una carpintería y las gráficas de flujo calor se encuentran especificados en el manual de usuario (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2014). Sin embargo, se pueden destacar determinadas aclaraciones.

El *software* Therm requería modelizar por separado las partes de una carpintería (dintel, antepecho, jambas, cruce central). De esta manera resultaron en la investigación alrededor de cinco a siete modeliza-

Tabla 1.
Categorías de aislación térmica para carpinterías.
Fuente: Instituto Argentino de Normalización y Certificación (2010)

Categoría de aislación	Transmitancia térmica, K (en $W/m^2 K$)
K ₁	$K < 1,0$
K ₂	$1,0 \leq K \leq 1,5$
K ₃	$1,5 < K \leq 2,0$
K ₄	$2,0 < K \leq 3,0$
K ₅	$3,0 < K \leq 4,0$
No clasificable	$K > 4,0$

NOTA. Las categorías de clasificación establecidas en la tabla 1, son exigibles en función del desempeño térmico requerido en las condiciones ambientales de uso previstas para la zona climática donde se instale la ventana (IRAM 11603).

ciones por tipología para una condición climática. Si consideramos que el objetivo era estudiar el comportamiento higrotérmico, se hacía necesario, por lo tanto, modelizar para diferentes condiciones climáticas invierno-verano. Esto resultaba para doce tipologías seleccionadas un total de 132 modelizaciones. Dado el inmenso número de modelizaciones para obtener resultados significativos, fue necesario elegir una ciudad para cargar los supuestos de condiciones de entorno. Se optó por Resistencia, ya que a comparación de la ciudad de Corrientes la temperatura exterior máxima de diseño de verano es más elevada (39,8°C Resistencia/39,4°C Corrientes), y la temperatura exterior mínima de diseño de invierno es menor (-1,8°C Resistencia/0,20°C Corrientes), según datos tomados de la Norma IRAM 11603, tabla A.1 y tabla A.2. (IRAM, 1996). Además, en Resistencia el valor de incidencia de radiación solar directa es mayor (Resistencia 259,16W/m² / Corrientes

252,50W/m²) según datos recopilados de la página Web de la Nasa (*Atmospheric Science Data Center*, 2016). Se estipula, de esta manera, que las soluciones halladas y modelizadas podrían funcionar en climas similares como el de la ciudad de Corrientes, en donde las condiciones no son tan severas.

Para la creación de las condiciones de entorno, aplicadas en las simulaciones, el programa Window también requería la carga de los siguientes datos:

- Velocidad del viento verano 2,58 m/s, velocidad del viento invierno 2,78m/s, obtenidos de la Norma IRAM 11603, tabla A.1 y tabla A.2. (IRAM, 1996).
- Temperatura interior verano 27°C (nivel de confort A), obtenida de la norma IRAM 11659 parte 1 Tabla 2. (IRAM, 2004).
- Temperatura interior invierno 22°C (nivel de confort A), obtenida de la norma IRAM 11605 anexo B apartado B.1.1. (IRAM, 1996).

- Coeficiente convectivo radiativo interior verano-invierno 8W/m². K; coeficiente convectivo radiativo exterior verano 11,46W/m². K; convectivo radiativo exterior invierno 11,91W/m². K, obtenidos aplicando el método Duffie y Beckman, 1991, pág. 174.

- Radiación solar directa mes de diciembre 6,22 kWh/m²/día = 259,16W/m² y septiembre 5,26 kWh/m²/ día = 219,16W/m², obtenida de la página Web de la Nasa (*Atmospheric Science Data Center*, 2016). Se seleccionaron estos meses porque presentan el mayor valor de radiación solar directa para la estación climática de invierno (septiembre) y de verano (diciembre) durante un período de veintidós años. De acuerdo con una nota especificada en la página Web de la Nasa (*Atmospheric Science Data Center*, 2016), la radiación difusa, la radiación normal directa y la radiación sobre superficie inclinada no se calculan cuando el índice de claridad (K) está por debajo de 0,3 o por encima de 0,8. Estos datos son utilizados por el programa en los modelos Kimura y coeficiente combinado fijo para los cálculos de U factor "coeficiente global de transferencia de calor" (representa al coeficiente K transmitancia térmica), y de SHGC "coeficiente de ganancia de calor solar".

Además de definir las condiciones de entorno, el *software* requería determinar los datos de los materiales (conductividad térmica y emisividad). Porque si bien el programa posee una base de datos actualizada continuamente vía Web, de vidrios y tipos de marcos-persianas, sus propiedades térmicas responden a materiales que son comercializados principalmente en los Estados Unidos, el país de origen del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, creador del *software*.

A su vez, para poder efectuar las simulaciones en Therm se debía:



- Crear la geometría de cada sección de una carpintería, para lo que era necesario elaborar detalles constructivos en formato digital.
- Configurar el vector de gravedad según la sección que modelizar (dintel, jamba, etc.).
- Importar los sistemas de acristalamientos desde el *software* Window.
- Controlar y chequear que no existiesen vacíos o lagunas, superposición de puntos, cavidades de marco con número de nusselt mayor a 1,20. De acuerdo con el manual de usuario Therm (*Lawrence Berkeley National Laboratory, 2014*), según el procedimiento del NFRC National Fenestration Rating Council, en cumplimiento de la norma ISO 15099, las cavidades internas de los marcos deben ser subdivididas en rectángulos más pequeños si el número de nusselt es mayor a 1,20, para que en las simulaciones no se presenten cantidades significativas de transferencia de calor por convección. Cabe destacar que el número de nusselt es una cantidad adimensional que relaciona la diferencia de temperatura, emisividad entre las superficies que delimitan las cavidades, y la anchura, altura y propiedades termofísicas del gas aislante que pudiera contenerse en las cavidades.

Al aplicar las metodologías se obtuvieron resultados dispares, como se detallará posteriormente. Esto podría deberse a que las simulaciones en los *softwares* poseen procedimientos de cálculos internos más específicos, además de que también contempla un número mayor de variables climáticas del entorno y termofísicas de los materiales.

Diagnóstico energético de las carpinterías en su estado actual

Sobre la base del relevamiento de las carpinterías de los edificios existentes en las ciudades de Resistencia y Corrientes, del estudio de su comportamiento higrótérmico a través de la metodología de cálculo de la norma IRAM 11507-4 y las simulaciones en los *software* Therm y Window versión 6.3. se constató que un 75 % de las carpinterías relevadas no clasifica (ver figura 4). Es decir que su valor de transmitancia térmica media ponderada es superior al aconsejado por la norma ($4W/m^2.K$). De este porcentaje que no clasifica un 51,85 % son de aluminio, un 28,70 % de chapa plegada, un 16,67 % de madera y el porcentaje restante se distribuye entre otros materiales. Del porcentaje que clasifica: un 89 % es de madera y un 11% de chapa plegada con

espuma de poliuretano inyectada.

Las tipologías prototípicas más comunes en el NEA se podrían reunir en los siguientes grupos:

- Grupo A: puertas y ventanas de aluminio corredizas, con vidrio entero float de 3-4 mm o laminado 3+3 mm = 6 mm (transmitancia térmica media ponderada 4,13-5,71 $W/m^2.K$).
- Grupo B: puertas y ventanas de chapa plegada de abrir a batiente, con vidrio entero y repartido, float de 3-4 mm o laminado 3+3 mm = 6 mm (transmitancia térmica media ponderada 4,25-5,67 $W/m^2.K$).
- Grupo C: puertas y ventanas de madera de abrir a batiente, con vidrio entero y repartido, float de 3-4 mm o laminado 3+3 mm = 6 mm (transmitancia térmica media ponderada 3,03- 5,07 $W/m^2.K$).

Se destaca que las carpinterías de aluminio generalmente son utilizadas en los edificios públicos como instituciones, entes, etc., también en comercios y proyectos de vivienda pertenecientes a la operatoria Procrear. Las de chapa plegada son muy utilizadas en las viviendas FONAVI construidas por el INVICO, y las de madera se utilizan generalmente en el sector residencial privado y en viviendas sociales del IPDUV.



Fig. 4. Porcentajes de clasificación de carpinterías para la Norma IRAM 11507-4. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2014)

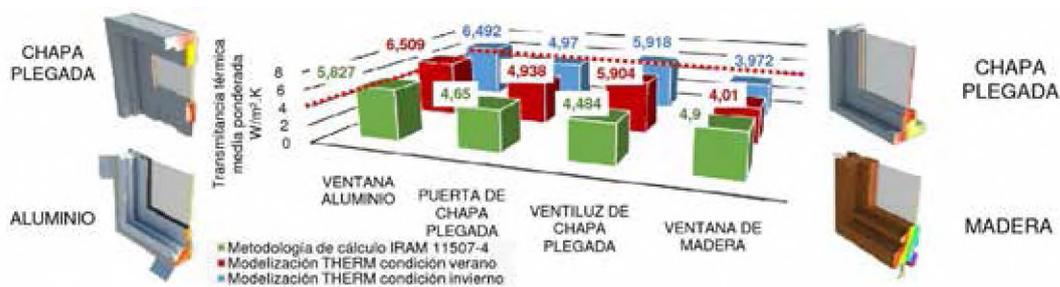


Figura 5. Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre diferentes tipologías de carpinterías en su estado actual sin rehabilitaciones. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)

En general las tipologías analizadas no clasificaron para la norma IRAM 11507-4, ya sea evaluando su comportamiento mediante metodología de cálculo IRAM o a través de las modelizaciones en los software Therm y Window. Sin embargo, existe una diferencia porcentual de 7 %-32 %, entre los valores de transmitancia térmica, de una misma tipología de carpintería, hallados por diferentes métodos (ver figura 5). No obstante, entre las modelizaciones realizadas en diferentes condiciones climática invierno-verano, no existen notables diferencias de transmitancia térmica (0,26 %-0,94 %), para una misma tipología. Sí se encuentra un salto térmico entre exterior e interior de 23,8°C en invierno (-1,80°C exterior y 22°C interior) y 12,8°C en verano (39,8°C exterior y 27°C interior).

También cabe mencionar que las carpinterías de aluminio poseen los valores más altos de transmitancia térmica, y las de madera los valores más bajos. Estos resultados coinciden para ambas metodologías. Esto es lógico si se tiene en cuenta que la conductividad térmica del aluminio es de 204W/m.K, la de la chapa plegada de 58W/m.K y la de la madera de 0,34W/m.K. Valores altos de transmitancia térmica se traducen en mayores problemas de puentes térmicos, de riesgos de condensación, de humedades superficiales alrededor de la carpintería, de oxidación de marcos de chapa, de mayor ingreso de radiación solar a través de vidrios comunes, de sobrecalentamiento de espacios interiores, etc. Por ello es vital disminuir su valor, mejorar su desempeño higrotérmico y posibilitar un mayor confort interno de los espacios.

Propuestas de rehabilitación térmica

A partir de las tipologías detectadas y sus deficientes condiciones higrotérmicas, se propusieron soluciones tecnológicas constructivas de rehabilitación térmica para cada grupo de materialidad de carpinterías.

Grupo A: carpinterías de aluminio

- Recambio de carpinterías con perfilaría de aluminio estándar por carpinterías con

perfilaría de ruptura de puente térmico. Los perfiles con rotura de puente térmico son unidades de perfiles en secciones separadas, en los cuales la zona de unión que se halla entre las dos secciones tiene la función de disminuir el paso de calor mediante varillas de poliamida. Es importante destacar que para efectuar el recambio de carpinterías es necesario que existan previamente pre-marcos colocados en el muro para que la rehabilitación sea de fácil y rápida ejecución.

- Inyección de espuma de poliuretano en espacios vacíos de perfiles de bastidores de la carpintería. La inyección de espuma de poliuretano se realiza quitando los tapones que se encuentran en el canto de la hoja. Dicha espuma es la que se comercializa en forma de aerosol. Para rellenar se debe tener la precaución de utilizar prensas de contención, para que la presión durante la expansión de la espuma de poliuretano no deforme la perfilaría.

- Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar, como vidrio monolítico reflectivo piroclítico de control solar y baja emisividad de 6 mm y vidrio monolítico piroclítico de control solar y baja emisividad de 6 mm. Estos son vidrios especiales que desde su propiedad de control solar impiden el ingreso de radiación infrarroja de onda corta (calor), pero permiten el paso de la luz visible (especial para condiciones de verano). Su propiedad de



baja emisividad no permite que el calor generado en el interior (calefacción) se transmita a través de los vidrios (especial para condiciones de invierno). Por lo tanto, este tipo de vidrio, además de utilizarlo como simple acristalamiento, es adecuado para ambas estaciones. El recambio de los vidrios es una acción indispensable en la rehabilitación térmica, más aun cuando no se colocarán protecciones externas a la carpintería, y se desea mantener altos niveles de iluminación natural en los espacios interiores.

- Recambio de carpinterías con perifería de aluminio estándar por carpinterías con perifería de ruptura de puente térmico y sistema de DVH incorporado. El DVH, o doble vidriado hermético, es un compuesto de dos o más vidrios, separados entre sí por un espaciador, herméticamente sellado a lo largo de todo su perímetro, que encierra en su interior una cámara estanca de aire deshidratado o gases inertes para mejorar el comportamiento térmico y acústico. Para la propuesta de rehabilitación se utilizó DVH de (24 mm) compuesto por paño exterior vidrio de control solar de muy alta selectividad de 6 mm + cámara de aire de 12 mm + paño interior vidrio Float® incoloro de 6 mm. El vidrio de muy alta selectividad se caracteriza por impedir la radiación infrarroja y dejar pasar la radiación de espectro visible.

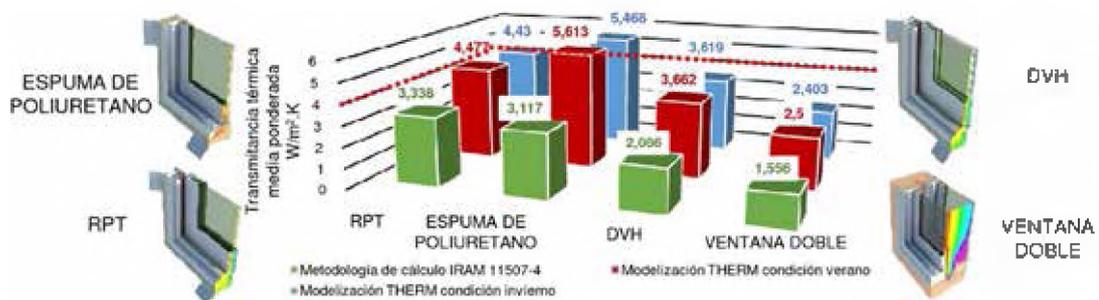
- Contraventana exterior corrediza con policarbonato alveolar cristal. Las ventanas dobles, es decir, ventana interior y contraventana exterior, poseen los valores más bajos de transmitancia térmica porque dejan un espacio entre sí que funciona a modo de cámara de aire. El problema consiste en el ancho del muro, que debe ser lo suficientemente amplio como para permitir albergar dos ventanas. También existe la posibilidad de usar marcos unificados que contienen tanto la guía para la ventana como para la contraventana. Las contraventanas exteriores corredizas son una buena opción de rehabilitación térmica cuando se desean conservar los niveles de iluminación interior, sin colocar parasoles, celosías o aleros que los disminuirían. De acuerdo con el nivel exigido de reducción de transmitancia térmica es que se pueden utilizar vidrios comunes, vidrios de control solar o planchas de policarbonato alveolar terminación cristal.

En cuanto a los valores de transmitancia térmica obtenidos a través de las metodologías, fueron notablemente diferentes. Los arrojados por las modelizaciones fueron entre un 34 % y un 80 % mayores que los calculados por metodología IRAM 11507-4 (ver figura 6), y afectan los niveles de clasificación de las propuestas de rehabilitación e incluso llegan a transformarse algunas en inclasificables. Si tenemos

en cuenta que para el cálculo de la transmitancia térmica media ponderada de la carpintería, en ambas metodologías los valores de transmitancia térmica de la parte vidriada fueron los mismos, se podría deducir que la diferencia predominante se encontraba en la perifería.

Otro aspecto para destacar, es la vital importancia de la ruptura del puente térmico, ya sea mediante material aislante o aire. Pero no solo en el marco, sino también en el vidriado, o en la medida de las posibilidades en toda la carpintería, como sería el caso de las ventanas dobles en su situación cerrada. Porque de esta manera se impide que el flujo de calor se transmita y llegue de una cara a la otra, ya sea por conducción, radiación o convección.

Figura 6. Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo A: carpinterías de aluminio. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)



Grupo B: carpinterías de chapa plegada

-Inyección de espuma de poliuretano en perfilera de los bastidores y superficie opaca de la carpintería. La espuma de poliuretano en aerosol es inyectada en los vacíos de los bastidores, utilizando el orificio dejado por el tornillo que fija el contravidrio. La utilización de la espuma de poliuretano como aislante térmico es una opción factible de aplicar, su disposición en el mercado es favorable, se presenta en envases aerosoles, disponibles en cualquier ferretería y a un precio razonable.

-Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar. En este grupo de carpinterías se volvió a constatar que los valores de transmitancia térmica hallados en las modelizaciones fueron entre un 110 % y 118 % mayores que los calculados por metodología IRAM 11507-4 (ver figura 7). Nuevamente la diferencia predominante se encontró en los valores de la perfilera.

Se pudo observar que en el caso de la rehabilitación térmica del ventiluz, no funcionó la inyección de espuma de poliuretano, ya que no logró romper el puente térmico. Si se apreció una leve mejoría en el área vidriada. En cuanto a la rehabilitación de la puerta, la inyección de espuma de poliuretano funcionó solo en los paños opacos ubicados en los dos tercios inferiores de la puerta, y esto no ocurrió en la sección del dintel o del divisor entre el paño vidriado y el paño opaco. Esto podría deberse a que en los paños opacos fue necesario proponer chapas lisas que cubrieran la espuma de poliuretano, para no dejarla a la intemperie y a la vista. De esta manera se conforma un panel sándwich de mayor aislación térmica.

Grupo C: carpinterías de madera

- Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar.
 - Postigones o contraventanas exteriores con celosías de abrir a batiente. Los

tradicionales postigones de madera con celosías exteriores son una muy buena opción de rehabilitación térmica, ya que actúan como ventanas dobles, que poseen niveles bajos de transmitancia térmica. Esto se debe a que la madera, pese a requerir esfuerzos de mantenimiento, es un buen aislante térmico. Es más aislante aun cuando su tenor de humedad es de 10-15 %; el corte de la madera es paralelo a las fibras, es liviana, porosa y poco densa.

En este grupo de carpinterías por primera vez se hallaron valores de transmitancia térmica de modelizaciones menores (11 %) que los hallados por metodología IRAM 11507-4. (ver figura 8). Esto podría deberse a que los valores de la perfilera calculados por el *software* Therm fueron más bajos que los calculados por metodología IRAM. También se debe considerar que la conductividad térmica de la madera es un valor bajo, 0,34W/m.K, lo cual influyó en las modelizaciones de la carpintería. Luego se observa que en la

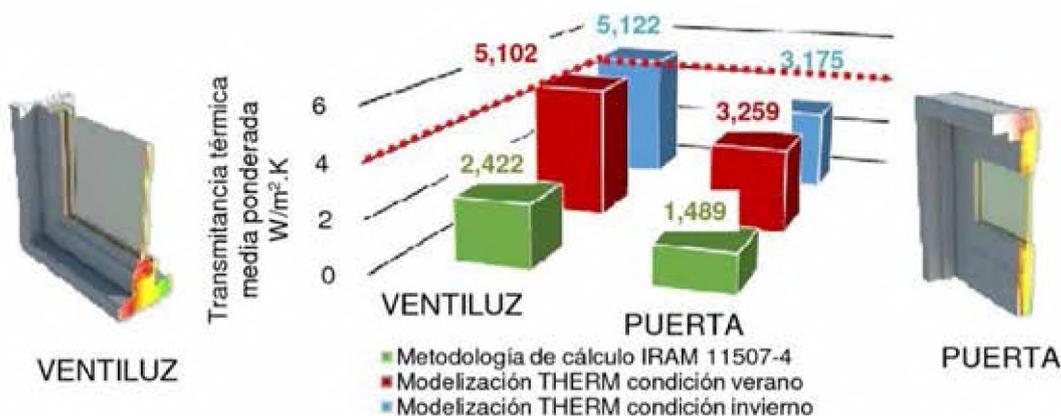


Figura 7. Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo B: carpinterías de chapa plegada. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)





Figura 8. Comparación de valores de transmitancia térmica media ponderada entre propuestas de rehabilitación térmica para el grupo C: carpinterías de madera. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)

propuesta de celosías de madera los valores volvieron a ser más altos (29%). No existe aquí una respuesta fehaciente sobre el porqué de estos resultados. Podría deberse a diferencias en metodologías de cálculo adoptadas para calcular ventanas dobles, siendo que en la norma IRAM se consideró la resistencia térmica de la ventana y la contraventana, sumado a la diferencia de resistencias superficiales externa e interna. En cambio, el software Therm calculó la transmitancia térmica de la celosía y el vidrio, considerándolo como un sistema de acristalamiento.

Beneficios energéticos

Es así que mediante la rehabilitación energética de las carpinterías se podrían obtener los beneficios detallados en la figura 9.

Para el cálculo del ahorro energético se tomaron como supuestos una vivienda de tres dormitorios modelo Procrear contemporánea región NEA, que posee cinco ventanas (tipologías de aluminio o de madera), un ventiluz y dos puertas (tipologías de chapa plegada), orientadas todas al oeste con radiación solar directa tomada

a las 16 horas. Se supone además que la carga térmica inicial de verano es de 9852,13 W y la de invierno 2008,32 kWh, el volumen a calefaccionar es de 206 m³, grados días 298. El consumo eléctrico se estimó en un promedio de 300 kWh mensuales, y se utilizó como refrigeración un aire acondicionado capacidad de refrigeración de 2.67 kW, capacidad de calefacción 2.73 kW, consumo de refrigeración 0.83 kW, consumo de calefacción 0.8 kW y cantidad de horas promedio de uso diarias ocho, anuales quinientas.



Figura 9. Beneficios de la rehabilitación energética de las carpinterías. Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)

Técnicas de implementación

A modo de supuesto, estas propuestas de corrección de puentes térmicos para carpinterías podrían implementarse en nuestra región de forma progresiva con las siguientes actividades:

- Realizar pruebas pilotos sobre edificios públicos o prototipos de viviendas sociales, con un seguimiento del comportamiento térmico de las carpinterías en la envolvente, durante un período determinado.
- Crear una normativa con carácter de ley que exija la consideración de la eficiencia energética edilicia, que se conforme con metodologías de cálculo, de ensayos, de certificación y de etiquetado de carpinterías.
- Exigir (mediante ordenanzas municipales) como parte del pliego de toda obra nueva, ampliación, refacción, etc., los cálculos de transmitancia térmica, su clasificación y la etiqueta energética.

Costos de rehabilitación térmica

Al realizar un gráfico comparativo de los costos que implicaría rehabilitar térmicamente una carpintería (fig. 10), se verificó que en los tres grupos existen propuestas

de bajo costo, accesibles, amortizables en un período no mayor a dos años, incluso menores que la reposición por una carpintería nueva. Se debe destacar que en el grupo de las carpinterías de aluminio, las soluciones son más caras, ya que las soluciones tecnológicas son más complejas, llevan materiales específicos, como perfiles con ruptura de puente térmico, varillas de poliamida, sistema de acristalamiento dobles. Sin embargo, su rendimiento energético es óptimo.

CONCLUSIONES

Los *software* Therm y Window son herramientas informáticas de gran utilidad para identificar los puentes térmicos de una carpintería, ya que grafican y calculan de forma precisa el flujo del calor. Sin embargo, se requieren precauciones en la carga de las condiciones del entorno, los datos climáticos deben conocerse de antemano, los cuales en determinados casos son difíciles de hallar o estimar. También se debe tener cuidado en la elección de los materiales y el detalle de sus propiedades térmicas, ya que si bien existe una base de datos, que incluso es actualizada permanentemente de forma *online*, algunos de los materiales de dicha

base de datos no se encuentran disponibles en el mercado local o no poseen los mismos desempeños higrotérmicos que los materiales locales. Por ejemplo: vidrios especiales de control solar, tipos de venecianas o cortinas de enrollar, sellantes o aislantes, gases de interiores de DVH. A pesar de todas las precauciones mencionadas, que deben ser consideradas para obtener resultados fehacientes, se puede destacar que los resultados de las modelizaciones en los *software* Therm y Window fueron satisfactorios, ya que si bien difieren de los resultados obtenidos por metodología de cálculo IRAM 11507-4., demuestran el real desempeño higrotérmico de las carpinterías. Se constató por ejemplo que la inyección de espuma de poliuretano no llega a ser efectiva si se rellenan en cavidades de perfilera aún conectadas en ambas caras de una carpintería (interior-exterior), porque el calor se transmite todavía a través de esa perfilera. Es decir que se debe evitar que el calor llegue de una cara a la otra de la carpintería, en todas las secciones constituyentes, ya que si, por ejemplo, existe un doble vidriado pero el marco es de perfilera común, el calor se transmitirá a través de este. Por ello se citan como efectivos los marcos y bastidores con perfiles de ruptura de puente térmico,



Figura 10. Comparativa de costos de rehabilitación Fuente: Fuente: Suárez, Betiana Rocío; Jacobo, Guillermo José (2015)



los paneles opacos tipo sándwich aislante o los dobles o triples vidriados con características de protección solar. Las ventanas dobles también son efectivas, pero su estado de baja transmitancia térmica no es constante, ya que al abrir, por ejemplo, las celosías exteriores el calor vuelve a ingresar y transmitirse a través de las ventanas interiores. Así también se debe destacar la importancia de la baja conductividad térmica de los materiales componentes del marco y los bastidores; por ello resultan más eficientes los de madera. Quedaría por investigar si son eficientes los de PVC, o los mixtos de PVC y madera, que auguran valores bajísimos de transmitancia térmica.

En cuanto a los vidrios, se pudo constatar que los de control solar y baja emisividad son muy útiles para prevenir el ingreso de la radiación solar. Impiden además el efecto invernadero en los espacios interiores en verano y las pérdidas de calor generadas por calefacción en invierno. Por lo tanto, si bien las condiciones actuales de las carpinterías de los edificios existentes en el NEA son deficientes y poseen elevados valores de transmitancia térmica, la rehabilitación térmica, como hemos visto, es factible y representa un beneficio energético y económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTINA. SUBGERENCIA DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA GERENCIA DE PLANIFICACIÓN, COORDINACIÓN Y CONTROL, COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (2016) *Síntesis del mercado eléctrico mayorista de la República Argentina*. Disponible en: http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/Informacion_del_mercado/publicaciones/mercado_electrico/mem/sintesis_mem.pdf.

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER (2015) Disponible en <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid>.

