



2015 Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales



Docencia
Investigación
Extensión
Gestión
Comunicaciones
Científicas y Tecnológicas
Anuales
2015



Docencia
Investigación
Extensión
Gestión



Facultad de
Arquitectura y
Urbanismo

DIRECCIÓN GENERAL:
Decano Facultad de Arquitectura y Urbanismo

DIRECCIÓN EJECUTIVA:
Secretarías de Investigación, de Extensión y de Desarrollo Académico

COMITÉ ORGANIZADOR:
Evelyn ABILDGAARD
Herminia ALÍAS
Andrea BENÍTEZ
Anna LANCELLE
Patricia MARIÑO

COORDINACIÓN EDITORIAL Y COMPILACIÓN:
Secretaría de Investigación

COMITÉ ARBITRAL:
Teresa ALARCÓN / Jorge ALBERTO / María Teresa ALCALÁ / Abel AMBROSETTI / Guillermo ARCE / Julio ARROYO / Teresa Laura ARTIEDA/ Gladys Susana BLAZICH / Walter Fernando BRITES / César BRUSCHINI / René CANESE / Rubén Osvaldo CHIAPPERO / Enrique CHIAPPINI / Mauro CHIARELLA / Susana 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 MAIDANA/ Sonia Itati MARIÑO / Fernando MARTÍNEZ NESPRAL / Aníbal Marcelo MIGNONE / María del Rosario MILLÁN/ Daniela Beatriz MORENO / Bruno NATALINI / Carlos NÚÑEZ / Patricia NÚÑEZ / Mariana OJEDA / María Mercedes 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 SOLIS CARNICER/ Luciana SUDAR KLAPPENBACH / Luís VERA.

DISEÑO GRÁFICO E IMPRESIÓN:
VIANET | Avda. Las Heras 526 PB Dto."B" | Resistencia | Chaco | Argentina | vianetchaco@yahoo.com.ar

CORRECCIÓN DE TEXTO:
Cecilia VALENZUELA

COLABORADORAS:
Lucrecia SELUY

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 Argentina. Octubre de 2016.

La información contenida en este volumen es absoluta responsabilidad de cada uno de los autores. Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la información contenida en el presente volumen con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

003.

REHABILITACIÓN TÉRMICA DE CARPINTERÍAS DE EDIFICIOS EXISTENTES EN EL NEA

Betiana R. SUÁREZ (1) / Guillermo J. JACOBO (2)

betianarociosuarez91@gmail.com

(1) Estudiante de arquitectura y urbanismo, becaria de pregrado SGCyT. Lugar de trabajo: FAU-UNNE.

(2) Profesor titular cátedra Estructuras II. Lugar de trabajo: cátedra Estructuras II,
Área de la Tecnología y la Producción. FAU-UNNE.

RESUMEN

La eficiencia energética en la edificación implica en la región NEA (entre otros diversos factores que considerar) la rehabilitación térmica de la envolvente de los edificios existentes, especialmente de las carpinterías, con el objetivo de reducir las ganancias-pérdidas térmicas, los consumos eléctricos en climatización, la demanda energética nacional y las emisiones de CO₂. Para lograr dicho objetivo se basa la investigación en la aplicación de la norma IRAM 11507-4, que establece la metodología de cálculo para obtener el valor de la transmitancia térmica media ponderada de una carpintería. Con la aplicación de esta norma es posible clasificar y evaluar carpinterías existentes, así como propuestas tecnológicas.

Palabras clave: transmitancia térmica media ponderada; tipologías de carpintería; Norma IRAM 11507-4.

Dimensión del trabajo: investigación.

OBJETIVOS

En el presente artículo se pretende exponer los resultados de la investigación desarrollada durante la beca de pregrado otorgada por la Secretaría General de Ciencia y Técnica con el tema "Rehabilitación térmica de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios existentes. Propuesta de soluciones tecnológico-constructivas aptas para el NEA", la cual se insertó en el proyecto "Evaluación térmico-energética de las sedes edilicias de las Facultades de Arquitectura y Urbanismo, y de la de Ingeniería de la UNNE", bajo la dirección del arquitecto Guillermo Jacobo y la codirección de la arquitecta Herminia Alías.

INTRODUCCIÓN O PLANTEO DEL PROBLEMA

El actual dilema de la eficiencia energética de los edificios tiene sus orígenes en la crisis del petróleo de los años 70, pero su creciente trascendencia deviene de los cambios climáticos planetarios producto del calentamiento global. Es de conocimiento general que los gases contaminantes emitidos por las actividades humanas, principalmente el dióxido de carbono (fig. 1 emisiones de CO₂ del argentino promedio, MARÍN y PETRILLO, 2008), afectan a la capa de ozono y originan las elevadas temperaturas. La región NEA no escapa

a esta situación, ya que las temperaturas del clima local son cada vez más altas (máximas superiores a 34° C y valores medios superiores a 26° C, verano), y el período estacional estival se prolonga con los años a la vez que se reduce la cantidad de días invernales.

Esta situación climática sumada a otros factores lleva a los usuarios de los edificios al consumo indiscriminado de electricidad para alimentar equipos de refrigeración (fig. 2, consumos medios energéticos de una vivienda CABRERA y GUIDURA, 2010), en pos de lograr un grado de confort interior de los espacios, situación que desencadena en un elevado consumo en el sector residencial (fig. 3, demanda por sectores, Asociación de Distribuidores de la Energía Eléctrica de la República Argentina, 2014). Sin embargo, el escenario mencionado no funciona de manera aislada; al contrario, forma parte de un sistema-problema, caracterizado también por nefastas políticas energéticas a nivel país, por el fomento al derroche, al uso irracional de los recursos, a la explotación de energías no renovables, con un gran porcentaje de oferta de energía primaria basada en petróleo y gas natural (fig. 4, distribución porcentual de la oferta interna de energía primaria, por forma de energía, Secretaría de Energía, 2014), que demandan materia prima que no dispone en demasía el país, lo que conlleva gastos de importación.

A su vez, la desidia respecto de la creación y aplicación de leyes rigurosas referidas a la eficiencia energética en los edificios subordina las vigentes normas IRAM de habitabilidad al criterio personal de cada arquitecto, ingeniero o constructor de aplicarlas o no a sus proyectos. Esto da lugar a edificios con envolventes deficientes, con elevados valores de transmitancia térmica, con patologías de lo más variadas, que terminan por afectar directamente la calidad de vida de los usuarios.

Las envolventes las carpinterías son el punto crítico, donde el salto térmico se agudiza más, dado su reducido espesor en relación con el muro que las contiene. También poseen condicionamientos funcionales de iluminación y conexión visual interior-exterior, que provocan la utilización de vidrios. Estos, en su mayoría, son comunes, sin tratamiento de control solar para evitar las secuelas del efecto invernadero, es decir, el aumento progresivo de la temperatura de los espacios internos una vez que la radiación solar infrarroja de onda corta atraviesa los vidrios. Es por ello que se estudió la posibilidad de rehabilitar térmicamente las carpinterías reduciendo sus valores de transmitancia térmica media ponderada, tomando como parámetros de comparación los valores dispuestos en la Norma IRAM 11507-4, aplicando a su vez la metodología de cálculo propuesta por ella (IRAM, 2010).

Emisiones de CO₂ del argentino promedio

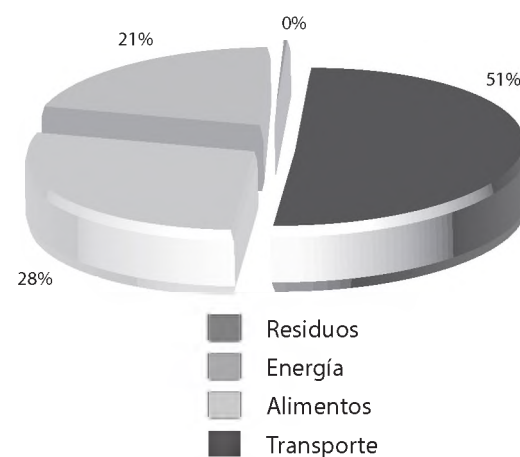


Fig. 1. Emisiones de CO₂ del argentino promedio.

Fuente: MARÍN; PETRILLO (2008). Según datos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en Argentina cada habitante tiene una huella de carbono promedio de 5,71 toneladas de CO₂ al año

Consumos medios energéticos de una vivienda 2010

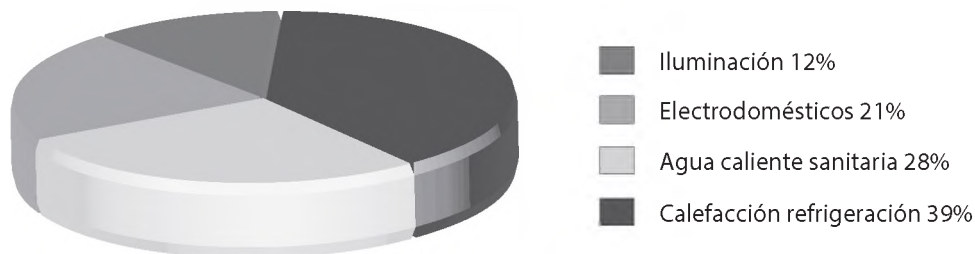


Fig. 2. Consumos medios energéticos de una vivienda Fuente: CABRERA; GUIDURA (2010)

Demanda por sectores 2014

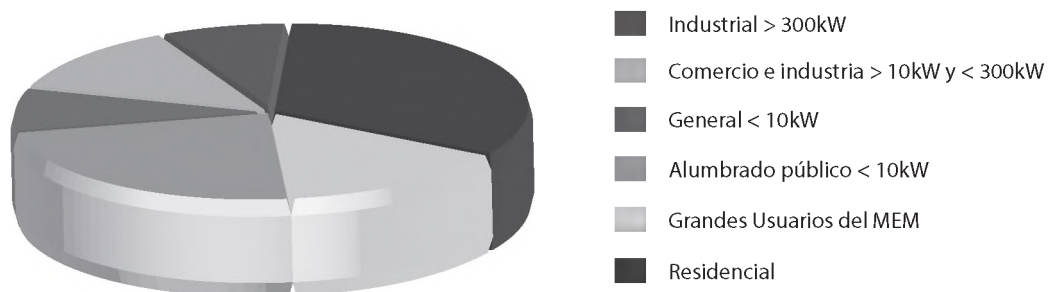


Fig. 3. Demanda por sectores. Fuente: Asociación de Distribuidores de la Energía Eléctrica de la República Argentina (2014)

Distribución porcentual de la oferta interna de energía primaria, por forma de energía, año 2014

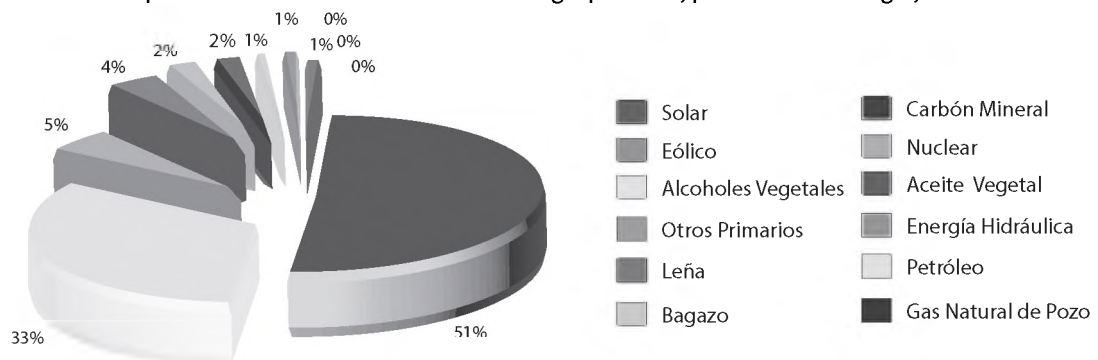


Fig. 4. Distribución porcentual de la oferta interna de energía primaria, por forma de energía. Fuente: Argentina. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2014)

DESARROLLO O RESULTADOS

La rehabilitación térmica de una carpintería colocada en un edificio existente consiste en reducir su coeficiente de transmitancia térmica por debajo del propuesto por la norma IRAM 11507-4: $4\text{W/m}^2\text{K}$ (IRAM, 2010), ya sea interviniendo sobre el marco-bastidor, sobre el acristalamiento, sobre el vano o la carpintería en su totalidad. Si bien este valor aún podría considerarse alto en comparación con los niveles de exigencia en otros países (Alemania 0,95; Francia 1,3; España 2,5 $\text{W/m}^2\text{K}$, GRILLO, 2013), es un comienzo para reconocer la calidad tecnológica constructiva existente en la actualidad en nuestra región y una guía para la aplicación de futuras intervenciones correctivas.

Se torna vital la eficiencia energética de las carpinterías porque las mayores pérdidas-ganancias térmicas en la envolvente se producen a través de las ventanas: alrededor de un 20 % (RAMOS, 2011). Debido a esta razón se desarrolló una investigación orientada a la rehabilitación de las carpinterías de los edificios existentes del NEA. Dicha labor tenía el objetivo de llegar a identificar las tipologías más utilizadas en la región, estudiar su comportamiento térmico (transmitancia térmica), sus deficiencias y posibilidades de rehabilitación. Por lo tanto, para lograr estas metas se desarrollaron una serie de tareas, pasos que se detallan a continuación.

1. Estudio de antecedentes y bibliografía

En el inicio de la investigación se recopiló información relacionada con el tema, en fuentes como libros, revistas, publicaciones, investigaciones, páginas de Internet, etc. Una vez recopilada la información, se la clasificó según ejes temáticos:

- generalidades sobre las carpinterías: definición, clasificaciones según formas de abrir y materialidad, partes componentes (marco, hojas, herrajes);
- exigencias de las carpinterías: permeabilidad al aire, estanqueidad al agua, resistencia al viento, aislamiento térmico y acústico, resistencia mecánica, anti-vibración, durabilidad;
- posibles soluciones: para lograr un orden en la extensa bibliografía se realizó un cuadro-resumen comparativo, en el cual se insertaban datos como fuente, autor, tipo de solución (industrializada, autóctona, pasiva, activa, de países europeos), nombre de la solución, imagen explicativa, breve descripción, y valores de transmitancia térmica $K = \text{W/m}^2\text{K}$;
- vidrios: clasificación, tipos, propiedades térmicas.

Esta clasificación permitió dar orden y un marco teórico a la investigación, enfocar y reducir el vasto mundo de la información disponible.

2. Análisis de la normativa vigente respecto de las carpinterías exteriores de edificios

Se estudiaron y analizaron aquellas normativas vigentes, como por ejemplo:

- Norma IRAM 11507-1: carpintería de obra ventanas exteriores, requisitos básicos y clasificación;
- Norma IRAM 11507-4: carpintería de obra, fachadas integrales livianas, ventanas exteriores, requisitos complementarios aislamiento térmica;

- Código de Edificación de Corrientes y Reglamento de Construcción de Resistencia.

De esta normativa se obtuvieron datos importantes para la investigación:

- la metodología de cálculo para verificar la condición higrotérmica de la carpintería, así como su valor de transmitancia térmica media ponderada;
- restricciones en cuanto a forma y características de las carpinterías exteriores. Por ejemplo, se prohíbe colocar postigos de abrir a batiente en pisos superiores, dada la posibilidad de su desprendimiento, que puede generar trágicos accidentes;
- exigencias en cuanto a la superficie de iluminación y ventilación, en relación directa y proporcional con los espacios a los cuales sirve;
- clasificaciones de las carpinterías según el grado de cumplimiento de las exigencias, de las Normas IRAM 11507.

3. Relevamiento y análisis de los tipos de marcos y vidrios de mayor aplicación en los edificios

Para conocer los tipos de vidrios y marcos de mayor utilización en los edificios de la región, fue necesario realizar un relevamiento fotográfico. Se tomaron alrededor de sesenta fotos en la ciudad de Resistencia y ochenta y cuatro en la ciudad de Corrientes. Dichas fotos eran tomadas de frente, para poder luego escalarlas en un programa de computadora (VectorWorks11) y realizar la graficación técnica de la carpintería. Con esta gráfica, se podían sacar los datos de la superficie de la carpintería, de su perflería, paño opaco y vidriado. Cabe especificar que para escalar la imagen, se tomaban parámetros comparativos conocidos de las fotos, como alturas de escalones, anchos de baldosas, dimensiones de ladrillos, alturas de puertas y ventanas, etc.

El relevamiento trató en la medida de lo posible de ser lo más abarcativo, es decir, se consideraban 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 estudió la utilización de determinadas tipologías de carpinterías en viviendas de construcción masiva realizadas por el Estado. Para ello fue necesario visitar los institutos de vivienda de cada provincia (IPDUV-INVICO), en busca de fotocopias de las planillas o legajo técnico que tuvieran información sobre las carpinterías existentes en las viviendas construidas. A su vez, se examinaron los pliegos de especificaciones técnicas de las viviendas PROCREAR, los cuales están disponibles en la página Web.

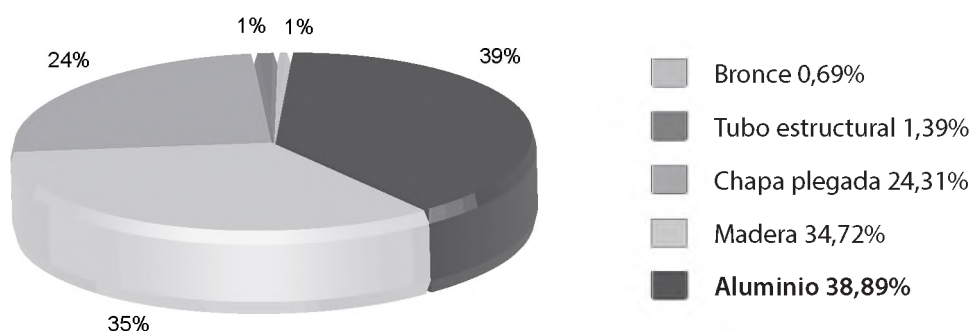
Una vez recopilada la información necesaria, digitalizadas y graficadas las fotos, se procedió a realizar un cuadro comparativo, en planilla Excel, en el cual se volcaron los siguientes datos:

- sector: si la carpintería es del sector público, residencial, comercial, que se marcan con diferentes colores;
- material: predominante de marco y hojas (madera, aluminio, chapa plegada, tubo estructural, bronce);
- denominación: gráfica técnica;
- imagen: foto relevada;
- ubicación: referencia al edificio al cual pertenece la carpintería;
- Tipo/ especificación: se especificaba material, forma de abrir, vidrios, etc.;
- áreas: se especificaban las superficies de la perflería, del paño opaco, del paño vidriado y de la carpintería en su totalidad.

También se insertaron otros valores (transmitancia térmica media ponderada, clasificación, perfilera, paño opaco y vidriado).

Luego de aplicar la metodología de cálculo de las Normas IRAM 11507-4, en las carpinterías relevadas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Materialidad de los tipos de carpinterías del NEA



Porcentajes de carpinterías que clasifican en la región NEA

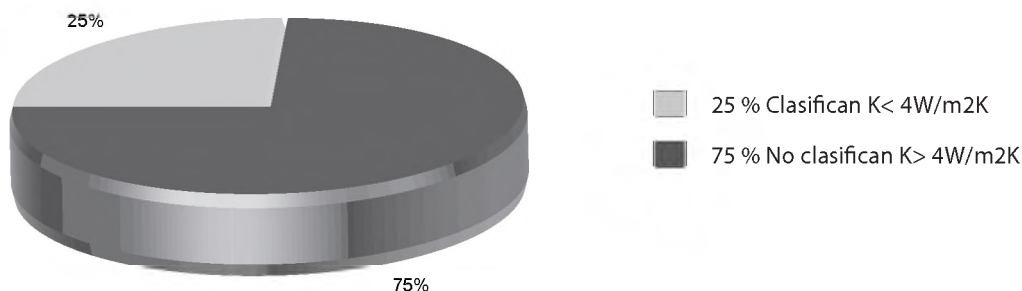


Fig. 5, 6. Materialidad y clasificación de las carpinterías del NEA Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2014)
Rehabilitación térmica de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios existentes.
Propuesta de soluciones tecnológico-constructivas aptas para el NEA

A partir del relevamiento realizado (ciudades de Resistencia y Corrientes de carpinterías de edificios existentes de diversos sectores) y de la aplicación de la metodología de cálculo, se constató que un 75 % de las carpinterías no clasifican la Norma IRAM 11507-4, es decir que su valor de transmitancia térmica media ponderada es mayor a $4W/m^2K$. Los materiales predominantes de los marcos y bastidores son el aluminio, la madera y la chapa plegada, en el respectivo orden mencionado (fig. 5, 6). Cabe destacar que del porcentaje que no clasifica (75 %), el 51,85 % son de aluminio, el 28,70 % de chapa plegada, el 16,67 % de madera y el porcentaje restante se distribuye entre otros materiales. Del porcentaje de carpinterías que clasifican (25 %), un 89 % es de madera y un 11 % de chapa plegada con espuma de poliuretano inyectada.

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.

Sobre la base de lo mencionado, se puede distinguir entonces que las tipologías prototípicas más comunes en el NEA son las siguientes:

- 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/m²K);
- 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/m²K);
- Grupo C: puertas y ventanas de **madera** de abrir a batiente, con vidrio entero o repartido, float de 3-4 mm o laminado 3+3 mm = 6mm (transmitancia térmica media ponderada 3,03- 5,07 W/m²K).

4. Planteo de pautas de diseño tecnológico para la rehabilitación energética de carpinterías

A partir de las tipologías detectadas, se trabajó en la búsqueda y el planteo de pautas de diseño, guías que marcaran el posterior desarrollo de las propuestas de rehabilitación. Dichas pautas fueron las siguientes:

- Utilizar materiales aislantes (como lana de vidrio, poliestireno expandido, poliuretano, lana mineral, pasta celulosa, etc.) con coeficiente de conductividad térmica bajo, ya que los aislantes utilizan el aire encerrado en pequeñas particiones que evitan el paso del calor; el aire posee mínima conductividad térmica, por lo que las aislaciones, al contar con cientos de estas particiones de aire encerrado, aumentan la propiedad no conductora del aire.
- Descartar aquellos aislantes que no puedan inyectarse a través de boquillas menores a 1 cm, ya que es el Ø máximo que se puede realizar en el canto de los bastidores de las carpinterías.
- Utilizar vidrios de espesor mínimo 3 mm (según norma IRAM), hasta 6 mm como máximo, espesor que cabe dentro de los perfiles de aluminio. Estas medidas también deben considerarse para otras propuestas de materiales como planchas de policarbonato.
- Utilizar vidrios en lo posible de control solar con las siguientes características:
 - Transmitancia térmica K: baja
 - Factor solar: bajo
 - Coeficiente de selectividad: alto
 - Coeficiente de sombra: bajo
 - Transmisión de luz visible: alto
 - Reflexión: alto
- Usar vidrios que puedan ser utilizados como monolíticos, individualmente sin componer específicamente un DVH.
- Utilizar para las propuestas de chapa plegada el calibre N.º 18, con dos manos mínimo de pintura anticorrosiva.
- Tener cuidado al proponer soluciones tecnológicas de diferentes metales, ya que el par galvánico podría afectar a uno de ellos.

- Verificar la existencia de los materiales componentes de las propuestas en el mercado regional, disposición, *stock*, precios, cantidad mínima del pedido a realizar, tiempo de anticipación, etc.
- Considerar como espesor final para el DVH entre 20-24 mm con cámaras de aire de 12 mm, para evitar efectos de deformación óptica o visión doble en los vidrios, así como corrientes convectoras.
- Al proponer contraventanas o postigones de abrir a batiente o corredizos, considerar el ancho del muro, si se fijarán al marco existente o se colocarán en un marco independiente.
- Tener en cuenta que las propuestas de rehabilitación térmica no pueden sobresalir del paramento en un ancho mayor de 0,30 m, así como están prohibidas las ventanas de abrir en los edificios torre.
- Tener cuidado de no rellenar o sellar completamente los zócalos de las carpinterías, de manera de asegurar el drenaje de agua.
- Considerar la vida útil de los elementos accesorios, complementarios como burletes, felpas, etc., para que su durabilidad sea acorde con el período de vida estimado para la carpintería, o considerar de manera opcional la facilidad de reposición y mantenimiento de estos componentes, por parte del usuario.

5. Propuesta y análisis de los principales sistemas de mejoramiento térmico para rehabilitación de las carpinterías: verificación teórica del desempeño en el clima local de las composiciones tecnológicas planteadas, mediante la aplicación de la norma IRAM 11507-4

Grupo A. Carpinterías de aluminio

- Recambio de carpinterías con perfilera de aluminio estándar por carpinterías con perfilera de ruptura de puente térmico ($3,338W/m^2K$).
- Inyección de espuma de poliuretano en espacios vacíos de perfiles de bastidores de la carpintería ($3,117W/m^2K$).
- Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar, como vidrio monolítico reflectivo-pirólítico de control solar y baja emisividad 6 mm y vidrio monolítico pirólítico de control solar y baja emisividad 6 mm.
- Recambio de carpinterías con perfilera de aluminio estándar por carpinterías con perfilera de ruptura de puente térmico y sistema de DVH incorporado ($2,086W/m^2K$).
- Contraventana exterior corrediza con policarbonato alveolar cristal ($1,556W/m^2K$).

De las propuestas mencionadas, es importante especificar lo siguiente:

- Los perfiles con rotura de puente térmico (fig. 7 y 8, carpintería con y sin ruptura de puente térmico, SUÁREZ y JACOBO, 2015) 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 amortiguar el paso de calor de una cara a la opuesta, es decir, el flujo de calor o frío que va de la cara exterior a la cara interior está cortado mediante la intersección de un elemento aislante (varillas de poliamida).
- Para efectuar el recambio de carpinterías es necesario que existan previamente premarcos amurados para que la rehabilitación sea de fácil y rápida ejecución.

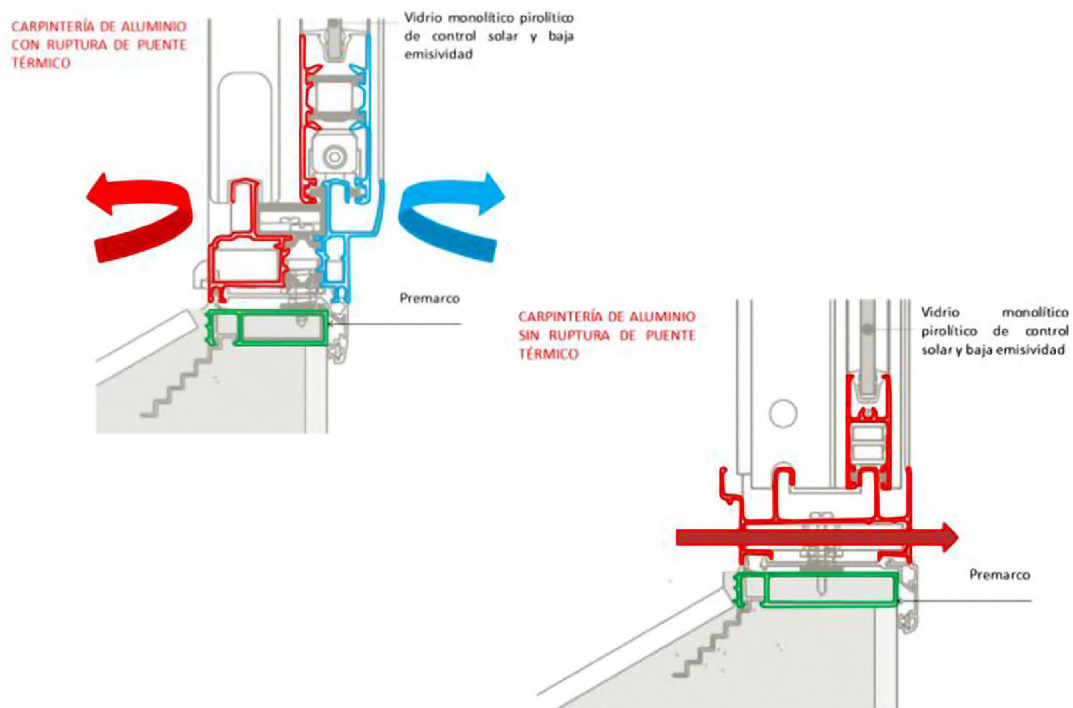


Fig. 7, 8. Carpintería con y sin ruptura de puente térmico. Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015). Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológicos constructivas para su corrección

- La inyección de espuma de poliuretano (fig. 9, carpintería de aluminio con inyección de espuma de poliuretano, ALUAR, 2014) 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 (fig. 10. Espuma monocomponente, FISCHER, 2015). Su rendimiento es el siguiente:
 - Una lata de 750 ml rinde 45 litros = $0,045 \text{ m}^3$ de relleno
 - Una lata de 650 ml rinde 40 litros = $0,04 \text{ m}^3$ de relleno
 - Una lata de 500 ml rinde 26/30 litros = $0,026/0,03 \text{ m}^3$ de relleno
 - Una lata de 250 ml rinde 14 litros = $0,014 \text{ m}^3$ de relleno

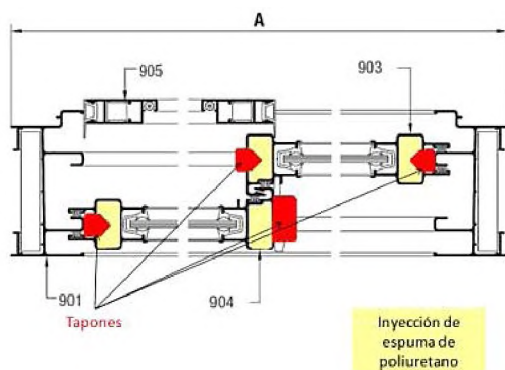


Fig. 9. Carpintería de aluminio con inyección de espuma de poliuretano. Fuente: ALUAR DIVISIÓN ELABORADOS (2014). Catálogo técnico línea Ekonal



Fig. 10. Espuma monocomponente. Fuente: FISCHER (2015) Espuma monocomponente de rápida colocación

- Para rellenar se debe tener precaución en utilizar prensas de contención, para que la presión durante la expansión de la espuma de poliuretano no deforme la perflería.
- Los vidrios monolíticos pirolíticos de control solar y baja emisividad (fig. 11. Propiedades del vidrio monolítico pirolítico de control solar y baja emisividad, SUÁREZ y JACOBO, 2015) 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). En cuanto a su propiedad de baja emisividad, no permiten que el calor generado en el interior (calefacción) se escape a través de los vidrios (especial para condiciones de invierno), además emiten un muy bajo porcentaje de calor absorbido. Por lo tanto, este tipo de vidrio además de poder utilizarse como simple acristalamiento, es adecuado para ambas estaciones.
- El recambio de los vidrios es una acción indispensable en la rehabilitación térmica, más cuando no se colocaran protecciones externas a la carpintería y se desea mantener altos niveles de iluminación natural en los espacios interiores. En la actualidad, el lenguaje arquitectónico ostenta grandes superficies vidriadas, que denotan significados de transparencia, modernidad, progreso. Sin embargo, estos sistemas constructivos son ideales en países de clima templado, donde el asoleamiento permanente es necesario; en nuestro clima local, tropical de elevadas temperaturas, es un error muy frecuente proyectar edificios con amplias aberturas vidriadas.
- En el mercado local se dispone de vidrios de control, pero que deben pedirse con anticipación y en una cantidad considerable, treinta planchas mínimo, ya que el comerciante debe asegurar sus ventas, y el pedido se realiza a otras provincias.

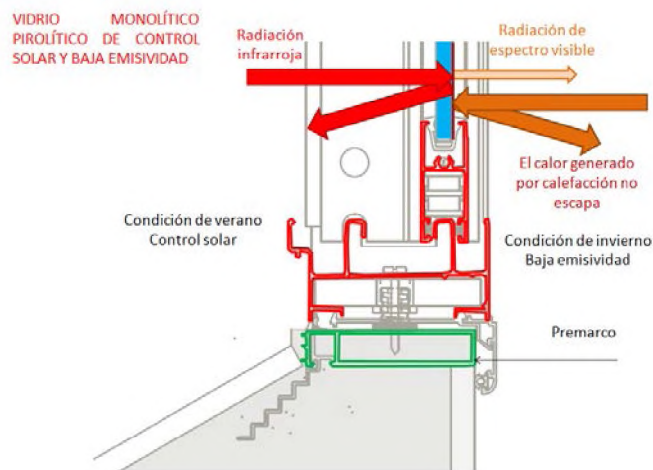


Fig. 11. Propiedades del vidrio monolítico pirolítico de control solar y baja emisividad.

Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015)

- El DVH o doble vidriado hermético (fig. 12. Doble vidriado hermético en carpintería de aluminio SUÁREZ y JACOBO, 2015) es un compuesto de dos o más vidrios, separados entre sí, por un espaciador, herméticamente sellados a lo largo de todo su perímetro, que encierra 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), 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.

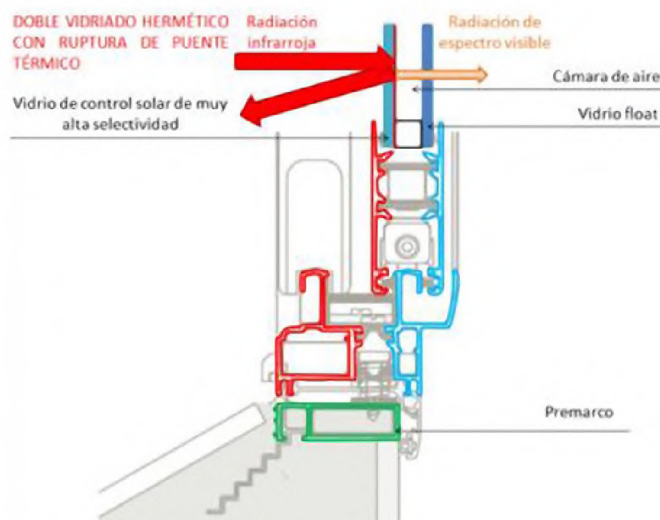


Fig. 12. Doble vidriado hermético en carpintería de aluminio

Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015)

- 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 (fig. 13, 14. Marco separado y unificado de carpinterías de aluminio, SUÁREZ y JACOBO, 2015).
- Las contraventanas exteriores corredizas son una buena opción de rehabilitación térmica cuando se desea 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.

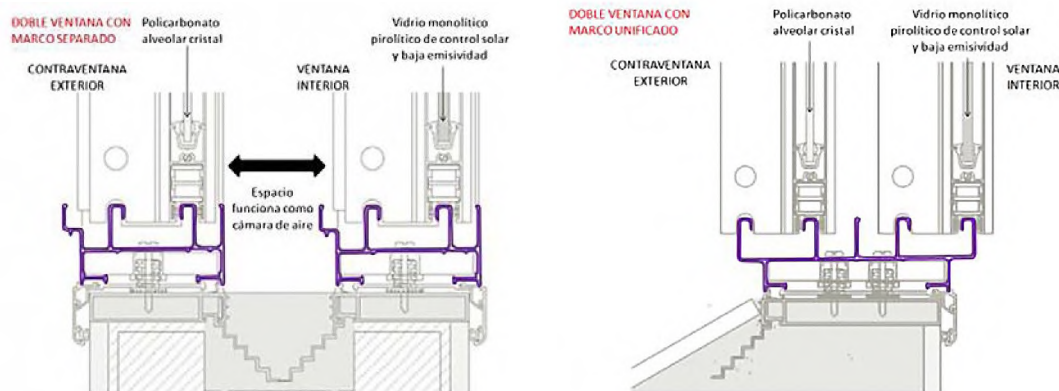


Fig. 13, 14. Marco separado y unificado de carpinterías de aluminio. Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015)

Grupo B. Carpinterías de chapa plegada

- Inyección de espuma de poliuretano en perfilera de los bastidores y superficie opaca de la carpintería ($1,489W/m^2K$) (fig. 15, marco de chapa plegada con inyección de espuma de poliuretano y vidrio pirolítico, SUÁREZ y JACOBO, 2015).
- Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar.

De las propuestas mencionadas, es importante especificar lo siguiente:

- 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, y se presenta en envases aerosoles, disponibles en cualquier ferretería a un precio razonable. Se debe destacar que la rehabilitación de las carpinterías con la inyección de espuma de poliuretano en los bastidores es óptima, clasifica en categoría de K2 a K5, lo cual significa niveles muy bajos de transmitancia térmica.

Esto se debe a la muy baja conductividad térmica que posee el gas espumante ocluido en el interior de las células cerradas de la espuma monocompente.

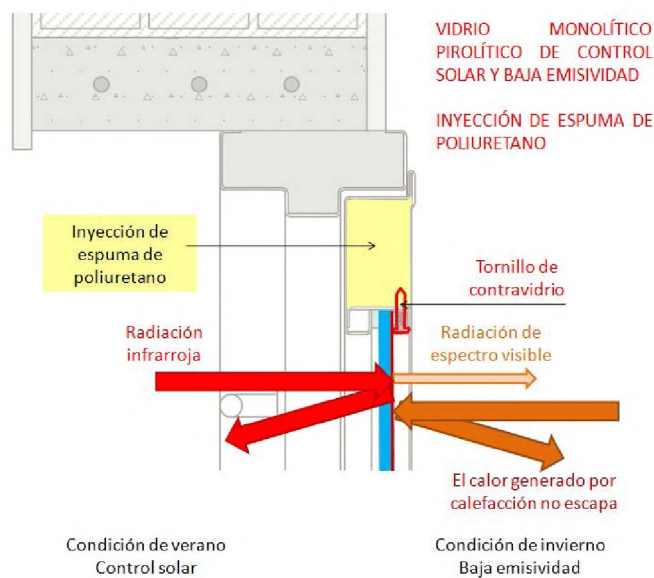


Fig. 15: Marco de chapa plegada con inyección de espuma de poliuretano y vidrio pirolítico.

Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015)

Grupo C. Carpinterías de madera

- Recambio de vidrios comunes por vidrios de control solar ($3,526W/m^2K$).
- Postigones o contraventanas exteriores con celosías de abrir a batiente ($1,887W/m^2K$) (fig. 16- 17 Carpintería de madera con postigones exteriores y vidrio pirolítico, SUÁREZ y JACOBO, 2015).

De las propuestas mencionadas es importante especificar las siguientes cuestiones:

- 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, por la escasez de electrones libres en su composición, y a su amplitud conductora, que posee un valor intermedio entre los de sus componentes sólidos y los del aire contenido en los poros. 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.

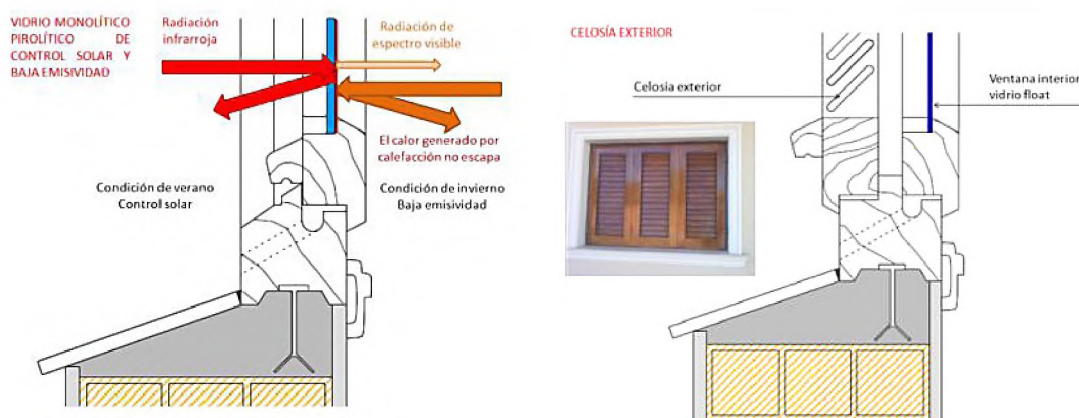


Fig. 16, 17. Carpintería de madera con postigones exteriores y vidrio pirolítico.
Fuente: SUÁREZ y JACOBO (2015)

6. Consideración de la factibilidad económica y técnica de implementación en la región NEA

En esta actividad se estudiaron los precios de mercados, visitando a los comerciantes, solicitándoles un presupuesto de las carpinterías y los vidrios, a la venta, y se realizaron preguntas técnicas correspondientes relacionadas con las propuestas planteadas.

En cuanto a la técnica de implementación en la región NEA, se analizaron los programas que se encuentran en vigencia en Argentina, difundidos por la Secretaría de Energía, para conocer y comprender su funcionamiento, estudiando la posibilidad de la creación de un programa o plan nacional similar, pero que considere la rehabilitación energética de los edificios existentes. Dicho programa podría constituirse de guías de difusión, subsidios para aquellos usuarios que rehabiliten los edificios y reduzcan los consumos energéticos, así como las emisiones de carbono. A su vez, se analizó la posibilidad de que las Normas IRAM sean exigidas en los códigos de edificación locales, para que las carpinterías cumplan sus exigencias desde el inicio y puesta en funcionamiento en los edificios y se considere también la rehabilitación térmica en reformas o ampliaciones de edificios.

CONCLUSIONES O REFLEXIONES FINALES

A partir de la investigación realizada y de los resultados hallados, es posible arribar a las siguientes reflexiones:

- Las normas IRAM son una herramienta de trabajo muy útil, ya que a partir de su aplicación es posible determinar científicamente valores de transmitancia térmica, que permiten comprender el comportamiento de una carpintería. Se puede analizar su composición y saber cuál sería la solución técnica más óptima, así como los materiales y sistemas constructivos adecuados.

- Las carpinterías de los edificios existentes en el NEA requieren en su mayoría rehabilitación térmica, tanto las antiguas como las recientes, ya que lamentablemente las Normas IRAM no son de carácter obligatorio y la mayoría de los profesionales, comerciantes y fabricantes las desconocen o desconsideran.
- A pesar de que la mayoría de las carpinterías no clasifican la norma IRAM 11507-4, es posible rehabilitarlas térmicamente, siempre que sean considerados los recursos locales. Porque existen infinitas posibilidades, pero no todas son factibles en la región.
- El diseño bioclimático y sustentable es una materia precariamente reconocida en la región, escasas son las edificaciones que guían y construyen sus proyectos en los preceptos del uso racional, conciencia medio ambiental y ahorro energético.
- Si la eficiencia energética y las normas de etiquetado fueran una exigencia en la construcción edilicia de nuestro país, los ahorros energéticos serían efectivos, la demanda eléctrica podría disminuir, así como las emisiones de CO₂ y los efectos del calentamiento global. Pero primordialmente se brindaría un mayor confort a los usuarios.
- La rehabilitación térmica de un edificio debe considerarse como un sistema integral. No es fructífero rehabilitar los componentes constructivos (techo, muro, carpinterías) como elementos aislados, ya que merman los resultados. A su vez, la eficiencia energética de un edificio no solo depende de la rehabilitación, sino que es la base en una cadena tendiente a mejorar la sustentabilidad de la arquitectura.
- Si bien en esta investigación se estudió y analizó sobre construcciones ya existentes, no es en vano aprender de los errores cometidos, para corregirlos en futuros proyectos. Considerarlos desde el momento del diseño puede impedir muchos gastos de reparación y corrección (hasta cinco veces mayor el costo que si se hubiera previsto desde el inicio), evitando numerosas patologías, deterioro del edificio, así como disgusto y discomfort por parte de sus habitantes.
- Las ventajas de rehabilitar térmicamente una carpintería son:
 - mayor eficiencia térmica, disminución de la transmitancia y el flujo de calor en un 41-76 %;
 - ahorro energético, menor consumo de electricidad (Kwh) 45-77 %;
 - viabilidad económica, tiempo de amortización de 1-5 años (dependiendo de la existencia de subsidio energético). Se destacan las siguientes estimaciones económicas orientativas:
 - Grupo A: ventana corrediza de aluminio nueva (1.10m*1.50m): \$ 1400 (precio de mercado año 2014). Rehabilitación: \$ 750,91. Ahorro de un 46 % (no incluye mano de obra). *Clasifica en categoría K4, $K = (2,688W/m^2K)$.*
 - Grupo B: puerta de abrir de chapa plegada nueva (0.80 m *2.00 m): \$ 1200 (precio de mercado año 2014). Rehabilitación: \$ 607,86. Ahorro de un 49 % (no incluye mano de obra). *Clasifica en categoría K2, $K = (1,489W/m^2K)$.*
 - Grupo C: ventana de abrir de madera con celosía nueva (1.00m*1.50m): \$1100 (precio de mercado año 2014). Rehabilitación: \$205,09. Ahorro de un 81% (no incluye mano de obra). *Clasifica en categoría K5, $K = (3,526W/m^2K)$.*
 - Disminución de CO₂.
 - Aumento del nivel de confort.
 - Menores riegos de condensaciones.
 - Reducción del consumo de aire acondicionado (cantidad de horas funcionando).

- Menores costos en la factura de electricidad, ahorro del 5 %. Mayor impacto cuanto más porcentaje de carpinterías existan en la envolvente.

Es de destacar la importancia de la continúa investigación en el campo de la eficiencia energética y la sustentabilidad de los edificios, ya que los proyectos, los congresos, las reuniones científicas propician el valeroso intercambio de los resultados hallados por los investigadores. Abren camino para unpreciado y tan buscado cambio paradigmático en la proyección y construcción de la arquitectura moderna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARÍN, Nazareno Castillo; PETRILLO, Daniela (2008) *Cálculo de huella de carbono del argentino promedio*. Dirección de cambio climático. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/040608_presentacionhuelladecarbono.pdf Balance energético de la secretaria de energía de la Nación.

CABRERA, Zulma; GUIDURA, Juan Ramón (2010) *Arquitectura bioclimática para barrios de viviendas sociales*. Programa provincial de energías renovables, biocombustibles e hidrógeno. Consejo Profesional de arquitectura e ingeniería de Misiones.

ASOCIACIÓN DE DISTRIBUIDORES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (2014) *Informe estadístico anual*. Disponible en: <http://www.adeera.com.ar/informes-tecnicos.asp>.

ARGENTINA. SECRETARÍA DE ENERGÍA, MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS (2014) *Balance Energético Nacional 2014*. Disponible en <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2010) *Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 4: Requisitos complementarios. Aislación térmica* (N.º de publicación IRAM 11507-4). Argentina.

GRILLO, Giorgio (2013). "Ventanas eficientes". Revista *Rehabitec News*, número 002, octubre de 2013. Editorial Entorno gráfico SL. Móstoles, Madrid.

RAMOS, Eduardo M. (2011) *Rehabilitación térmica de cerramientos de huecos vidrios y marcos térmicamente eficientes*. Saint GobainGlass, Bilbao, España.

SUÁREZ, Betiana Rocío; JACOBO, Guillermo José (2014) *Rehabilitación térmica de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios existentes. Propuesta de Soluciones Tecnológico constructivas aptas para el NEA*. Documentación probatoria de informe final de beca pregrado SGCyT.

SUÁREZ, Betiana Rocío; JACOBO, Guillermo José (2015) *Desempeño higrotérmico de cerramientos de vanos (vidrios y marcos de carpinterías) de edificios del NEA según análisis de puentes térmicos y propuesta de pautas tecnológicos constructivas para su corrección*. Documentación probatoria de informe de avance de beca pregrado SGCyT.

ALUAR DIVISIÓN ELABORADOS (2014) *Catálogo técnico línea Ekonal*. Buenos Aires, Argentina.

FISCHER (2015) *Espuma monocomponente de rápida colocación*. Catálogo técnico: espumas y silicona. Argentina.