

EJE TEMATICO 1: Innovacion en Sist. Construct. y Estruct. Nuevos Materiales

LA CELULOSA DE PAPEL RECICLADO PARA AISLACIÓN TÉRMICA DE EDIFICIOS. APLICACIÓN A LA REALIDAD TECNOLÓGICO - CONSTRUCTIVA Y ECONÓMICA DEL NEA.

Palabras Clave: Celulosa – Edificios - Aislacion Termica

Manuel VenhausHeld; Herminia María Alías

Cátedra Estructuras II

Facultad de Arquitectura y Urbanismo / Universidad Nacional del Nordeste

Argentina - Av. Las Heras 727, 3500, Resistencia, Chaco

Contacto: VenhausHeld: manu_ven@hotmail.com/ Contacto Alías: heralias2001@yahoo.com

INTRODUCCION

El presente trabajo, desarrollado en el marco de una Beca de Pregrado otorgada por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste, se centra en la investigación aplicada de los materiales de construcción derivados de la celulosa, y de su aplicación en componentes constructivos de la envolvente perimetral de edificios.

Se parte de la hipótesis según la cual las condiciones de habitabilidad y sustentabilidad de la construcción de edificios en el Nordeste Argentino (NEA), el uso eficiente y racional de la energía convencional y el logro de los rangos de confort que respondan a las normas técnicas vigentes, se alcanzarían mejorando las resistencias térmicas de las envolventes edilicias con materiales de construcción apropiados que aprovechen los recursos naturales zonales, como la celulosa y sus derivados, mediante la optimización de su uso, el aprovechamiento de sus propiedades específicas y la aplicación de las técnicas constructivas adecuadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del trabajo se planteó en 2 etapas. En una **primera etapa** se trabajó en la

conformación del marco teórico. A partir de la información extraída de la bibliografía, se estudiaron características físicas, mecánicas, tecnológicas, estructurales e higrotérmicas de la celulosa y se realizó una consideración general del Análisis de Ciclo de Vida de la celulosa y sus derivados como materiales de construcción para envolventes constructivas de edificios en el NEA. Una **segunda etapa** se basó en la operacionalización a partir del estudio de la disponibilidad y formas de presentación de la celulosa y sus derivados en el mercado comercial regional y nacional. Se desarrollaron pautas de diseño técnico – constructivo y cuatro (4) propuestas preliminares de tipologías técnico-constructivas que las aplican. Verificando las mismas mediante la normativa técnica de habitabilidad vigente (IRAM - serie 11600) y experimentalmente, mediante una probeta real del material ensayada mediante el “*aparato de placa caliente*”. Se concluyó con la consideración de la factibilidad económica y técnica de implementación de las propuestas desarrolladas en el NEA.

DESARROLLO

La celulosa es el principal material constituyente de las paredes de las especies vege-

tales, sintetizada en sus hojas en el proceso denominado fotosíntesis. Se trata de un carbohidrato polisacárido, cuya composición química (C₆H₁₀O₅) determina una estructura lineal o fibrosa, haciéndola muy estable, resistente e insolubles en agua. El producto de celulosa usado como aislante en los cerramientos de edificios se obtiene a partir de fibras de celulosa de papel reciclado, con el agregado de sustancias químicas que le confieren una mayor resistencia al fuego y evitan el desarrollo de hongos. Del peso neto del producto final, el 85% corresponde a material reciclado y el restante 15% a sustancias químicas como bórax y ácido bórico. El papel de periódico (pulpa celulósica mecánica), que sirve como materia prima, se somete a dos etapas para la obtención de la celulosa aislante. Por un lado, el papel es triturado y desfibrado. Por otro lado, es tratado en húmedo con sales bóricas o fosfatos de amoníaco. Este proceso se realiza en silos especiales y permite que cada uno de los copos de fibras se vuelva ignífugo y resistente a parásitos. El material así obtenido sirve efectivamente como aislante tanto para altas como bajas temperaturas y es inofensivo para la salud humana. Registra características de conductividad térmica teórica de **0,035 W/mK**, un **pH** de **7,7** y un factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de **1 a 2 μ**. Tiene una reacción al fuego de **clase B2** (DIN 4102) y una densidad que varía entre **45 y 60 kg/m³**. Debido a que las fibras de celulosa son de origen vegetal, tienen una superficie porosa y estructura esponjosa, el material es capaz de absorber grandes cantidades de humedad, en ocasiones 10 veces mayor a la masa de carga del aislante, y enviarlas a zonas con menor saturación, acelerando la evaporación del agua por la distribución de la humedad.

En general existen 4 diferentes maneras de aplicar el material en las construcciones. Se presenta en **Planchas** de espesor comercial de 30 a 200 mm., para realizar obras de acondicionamiento pequeñas. Por otro lado es provisto en bolsas del material Suelto para el relleno manual de suelos, volcandola celulosa dentro de una estructura de sostén. También puede aplicarse mediante el **Insuflado**, especialmente en restauraciones, bombeando el material a través de tubos con presión neu-

mática y pulverizándolo dentro de cámaras de aire. Por último se presenta la técnica de **Proyectado**, especialmente idóneo para obras nuevas. La proyección se realiza mediante una lanza, de la cual sale la celulosa a gran presión y se mezcla con un spray de agua, desprendido por la misma lanza, ayudando a la cohesión de los copos. Una vez rellena toda la superficie, se la alisa y empareja, siguiendo guías colocadas anteriormente. Este método de aplicación presenta las ventajas de lograr unacobertura del 100% de grietas y cavidades, sin costuras, y de realizarse en un solo proceso, reduciendo los tiempos de aplicación. Debiendo considerarse únicamente el tiempo de secado de la mezcla hasta alcanzar un 25% de humedad, estimado en 24 a 36 hs. de aplicado. Además no registra pérdidas de material, pues no solo no tiene cortes por la inexistencia de juntas, sino que todo aquel material que haya caído al suelo durante la proyección o aquel que haya sido proyectado demás, puede ser aspirado y vuelto a utilizar.

ANÁLISIS DE EJEMPLOS

Del **análisis de ejemplos de intervenciones arquitectónicas** (internacionales, nacionales y regionales) en las que se verificaron técnicas eficientes de utilización del material celulosa y sus derivados en la aislación térmica edilicia, puede mencionarse que por lo general su aplicación se relaciona con la construcción “no tradicional” o “en seco”, ya sea de manera exclusiva o la combinación de ésta con tecnologías tradicionales, debido a la mayor facilidad de aplicación del material con este tipo de técnicas. Asimismo puede reconocerse la tendencia a la implementación del material constructivo analizado en obras de vanguardia y una categoría elevada, siendo únicamente uno (1) de los ejemplos estudiados para fines sociales. Verificando estos mismos ejemplos con los métodos propuestos por las Normas de Acondicionamiento Térmico de Edificios del IRAM, en relación al **Coefficiente de Transmisión Térmica (K)**, pudo reconocerse que los distintos cerramientos - tipo analizados son muy eficientes respecto a la aislación térmica que proveen a los sistemas constructivos

(si se analizan los muros opacos), alcanzan niveles "A" (óptimo o recomendado) para verano en todos los casos, y niveles "A" para invierno en el 40% de los casos y "B" (medio) en el restante 60%. En cambio, resultan muy poco eficientes analizándolos desde el punto de vista de los puentes térmicos, debido a la gran diferencia de resistencias térmicas que se establecen entre los paños opacos y las zonas de heterogeneidades (puentes térmicos), resultando únicamente uno (1) de los ejemplos apto en relación a la norma IRAM 11.601. Por otro lado, considerando el clima local en invierno, los **riesgos de condensación superficial** de los diferentes ejemplos (tomando un valor característico de permeabilidad al paso de vapor de agua de la celulosa de 0,525 g/mhKpa), no existen. Sin embargo, respecto al **riesgo de condensaciones intersticiales**, se verificó que existe en todos los casos estudiados: ocurre en las zonas de contacto de las capas constitutivas exteriores del cerramiento y el material aislante de celulosa, ocasionadas principalmente debido a que la celulosa ofrece gran resistencia al paso de calor, pero no al vapor de agua. Por ello, las variaciones de temperatura de bulbo seco son mucho mayores a las variaciones de temperatura de rocío, llevando a condensaciones intersticiales.

CICLO DE VIDA

De la **Consideración General del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**, se analizó el impacto ambiental de la utilización de materiales derivados de la celulosa, en comparación con el poliestireno expandido, como aislantes en las edificaciones del Noreste Argentino, considerando el impacto potencial de Calentamiento Global en contribuciones al efecto invernadero, en forma emisiones de CO₂ durante las etapas de extracción, modificación, transporte, puesta en obra y utilización de soluciones constructivas utilizando ambos materiales aislantes mencionados. Puede concluirse que el material de celulosa tiene un mucho menor impacto en su producción (0.32 Kg CO₂/Eq), comparado con el del poliestireno expandido (4.17 Kg CO₂/Eq). Si bien durante la etapa de puesta en obra el producto celulósico requiere de una pequeña cantidad de energía

y agua para ser proyectado (a diferencia del poliestireno expandido que no la necesita), una ventaja evidente radica en que del poliestireno en planchas se obtienen recortes y desperdicios en los casos en que la modulación del sistema constructivo no corresponda con las dimensiones de la oferta comercial del material, situación que se evita con la celulosa proyectada. Considerando, por otro lado, que ambos productos analizados tienen similares coeficientes de conductividad térmica y por ello contribuyen de manera similar a la aislación térmica de los cerramientos, ello se traduce en valores similares de consumos energéticos para la mantención de las condiciones de habitabilidad interior. Y estimando el impacto producido por el transporte de uno y otro producto, se obtienen valores muy diferenciados a favor del poliestireno, que es de producción nacional, respecto al producto celulósico, que es importado desde el exterior. No obstante, ello se contrarresta **si el material celulósico proviene del reciclado de papel local**, como la alternativa que el presente trabajo considera y propone.

En el mercado nacional, **actualmente el producto derivado de la celulosa usado como aislante en la construcción es importado** de Estados Unidos, Canadá o Europa, dependiendo de la franquicia comercial, y se encuentra disponible en bolsas de medidas comerciales conteniendo el material suelto (sin cohesión), para ser aplicado únicamente con la técnica del proyectado, con equipamiento específicamente diseñado y que requiere un manejo especial por parte de mano de obra calificada. Ello implica que la puesta en obra y aplicación del material se encuentran incluidas en la oferta comercial de las empresas distribuidoras. En el ámbito comercial regional del NEA, únicamente **se registra su utilización en ejemplos aislados en la Provincia de Misiones (en la construcción de complejos turísticos y hoteleros en la localidad de Puerto Iguazú)**. Sin embargo, este empleo se debe más a la contratación de importantes empresas constructoras con actuación a nivel nacional que emplean este material, que a la presencia y disponibilidad de los productos derivados de la celulosa en el mercado regional. En el ámbito local, específicamente de las ciudades

de Resistencia y Corrientes, no se registran obras que hayan empleado el material en su acondicionamiento térmico. Así como tampoco se encontraron comercios locales o representantes directos de las franquicias que ofrezcan el material entre sus servicios.

PAUTAS PARA LA APLICACIÓN DEL MATERIAL: OPERATIVAS Y DE DISEÑO. VERIFICACIÓN

La determinación de **Pautas de Diseño** para la aplicación del material derivado de la celulosa en el contexto tecnológico constructivo y climático de la región NEA se plantea en dos categorías, entendiéndolas como complementarias, siendo muchas veces especificaciones de tipo operativo-prácticas determinantes en la toma de decisiones del diseño tipológico de los diferentes cerramientos, y viceversa. Se plantean así, por un lado, **Pautas Operativas**, relacionadas a la implementación práctica del material en obra, incluyendo recomendaciones de su empleo preferentemente en construcciones no tradicionales o en seco, debido a la modalidad de aplicación (el proyectado). En ellas, la colocación de instalaciones y equipamientos que se alojen en las capas intermedias del cerramiento se hace con anterioridad a la proyección del material, evitando dañar y poner en riesgo la continuidad y efectividad del aislante una vez proyectado. Asimismo es recomendable, por similares razones, colocar el material aislante en puntos fijos y estables de la estructura de cerramiento. Por otro lado, la tolva y máquina de proyección deben instalarse a una distancia menor de 30 m. de la zona que se desea impermeabilizar, debido a las características de los equipos de instalación, que además requieren de un suministro eléctrico que debe preverse. Por otro lado, en el plan de trabajos de obra debe considerarse no solo el tiempo de aplicación del aislante celulósico, sino también el tiempo de secado del material proyectado de aproximadamente 24 a 36 horas posterior a su aplicación. Por último, durante la proyección, la mano de obra que opera las maquinarias debe usar mascarillas como protección de las vías respiratorias debido al polvillo de celulosa que es despedido durante la proyección. Por otro

lado, se plantean **Pautas de Diseño Tipológico de cerramientos**, que deben tenerse en cuenta al momento de los diferentes cerramientos que utilicen el material derivado de la celulosa como aislante térmico. Ellas incluyen la posibilidad de seleccionar al aislante celulósico como acabado final de los paramentos, pudiendo ser pintado al látex, o cubierto con algún tipo de revestimiento. Se recomienda también el empleo del material celulósico en espesores que varíen entre los 2 y 5 cm., evitando abusar de su propiedad aislante en desmedro de su comportamiento higroscópico, pues los principales inconvenientes asociados a este material se relacionan a las condensaciones de vapor de agua, debido su mínimo poder aislante higroscópico en relación al térmico, y a la gran diferencia de transmitancia térmica que se establece entre los paños opacos de los muros y las secciones heterogéneas (puentes térmicos: esquinas, estructura portante, encuentros con carpinterías, etc.). En relación a las condensaciones, se recomienda el uso de poderosas barreras de vapor intermedias en las capas constitutivas del cerramiento y/o barreras impermeables en los paramentos internos de los ambientes. Y, en relación a la diferencia de transmitancia térmica, se recomienda seleccionar cuidadosamente los materiales que sirvan como estructura de sostén intermedia de los cerramientos (en caso de necesitarla), así como aquellos que sirvan como guía para el enrazado final del aislante proyectado, buscando que tengan similares propiedades aislantes al de la celulosa.

El diseño de **Propuestas Preliminares de Tipologías** de uso de la celulosa y sus derivados como materiales aislantes térmicos de edificios del NEA se desarrolló considerando las tipologías constructivas de mayor difusión en la región y la manera en que estas podrían ser combinadas con la tecnología del material celulósico. En una primera **Propuesta Tipológica de Cerramiento Vertical** (Fig. 1) se propuso trabajar con una mampostería de ladrillos comunes que actúe como muro portante. La terminación exterior se propone con un revoque completo a la cal y la interior, con un revoque seco, materializado en placas de roca de yeso, colocadas sobre la superficie

con un adhesivo especial ofrecido por el mismo proveedor de las placas. En el intersticio de estas dos capas se propuso trabajar con el aislante celulósico, en un espesor de 5 cm., completando con una barrera de vapor de film de polietileno colocada entre el aislante y el revoque seco.

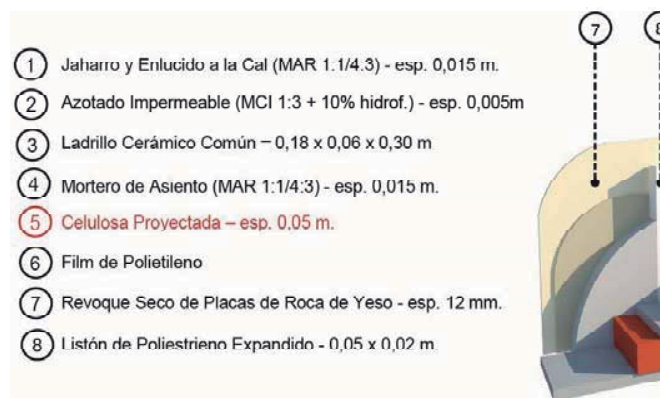


Figura 1. Perspectiva de Detalle Tecnológico de Propuesta Tipológica para Cerramiento Vertical N° 1.

Fuente. Elaboración Propia.

Para la segunda **Propuesta Tipológica de Cerramiento Vertical** (Fig. 2) se trabajó con el sistema de construcción en seco denominado “BalloonFrame”, usual en la región NEA, mediante un cerramiento cuya estructura de tirantes de madera de 2” x 4” se cierra exteriormente con una plancha de aglomerado fenólico y un siding de madera de

1” x 6”. Interiormente se resuelve el cerramiento con un entablonado de machimbre de madera de pino de 1/2” de espesor. El material aislante se aplica así en el espacio intermedio conformado por el reticulado estructural entre ambas caras de cerramiento interior y exterior.

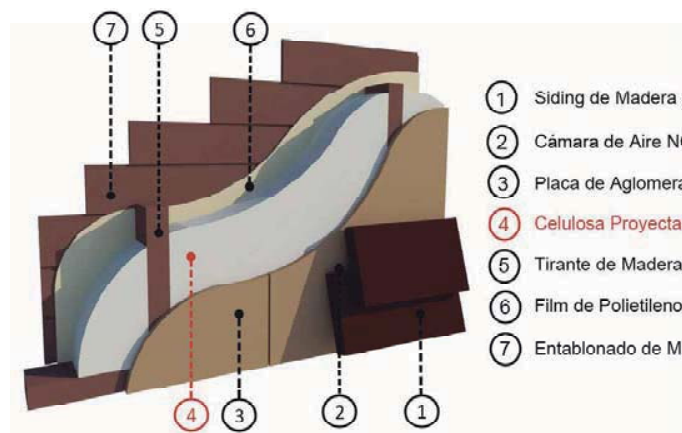


Figura 2. Perspectiva de Detalle Tecnológico de Propuesta Tipológica para Cerramiento Vertical N° 2.

Fuente. Elaboración Propia.

Para el diseño de la primera **Propuesta Tipológica de Cerramiento Horizontal** (Fig. 3) se partió de la tecnología tradicional de techo de tejas sobre estructura de madera, dejando el entablonado a la vista, a manera de cielorraso. Y para la aplicación de la celulosa proyectada se interpuso entre las capas tradicionales del entablonado de machimbre y la aislación hidráulica, una capa de 0,05 m. de espesor del aislante ya mencionado. Utilizando listones de madera de pino de 2" x 2" colocados en sentido transversal a la pendiente para establecer el espesor, contener el material celulósico y poder enzararlo una vez proyectado.



Figura 3. Perspectiva de Detalle Tecnológico de Propuesta Tipológica para Cerramiento Horizontal N° 1.
 Fuente. Elaboración Propia.

Para la segunda **Propuesta Tipológica de Cerramiento Horizontal** (Fig. 4) se optó por trabajar con una cubierta de chapa galvanizada sinusoidal sobre estructura metálica de correas de PNG (Perfiles Normales Galvanizados) "C" y vigas de caño estructura. Debajo de ésta, y como cerramiento interior, se propuso un cielorraso suspendido de placas de roca de yeso con estructura de PNG "C" soleras y montantes, sujeto a la cubierta con velas rígidas de PNG "C". La ubicación de los diferentes elementos del cerramiento determinó la conformación de un espacio de ático entre cubierta y cielorraso, el cual se trabajó como NO ventilado. Se decidió colocar la aislación con celulosa proyectada sobre las placas de

cielorraso, pues en el estudio del riesgo de condensaciones del componente se registraron mejores resultados colocando al material sobre la cara superior del cielorraso que sobre la cara inferior de la cubierta.

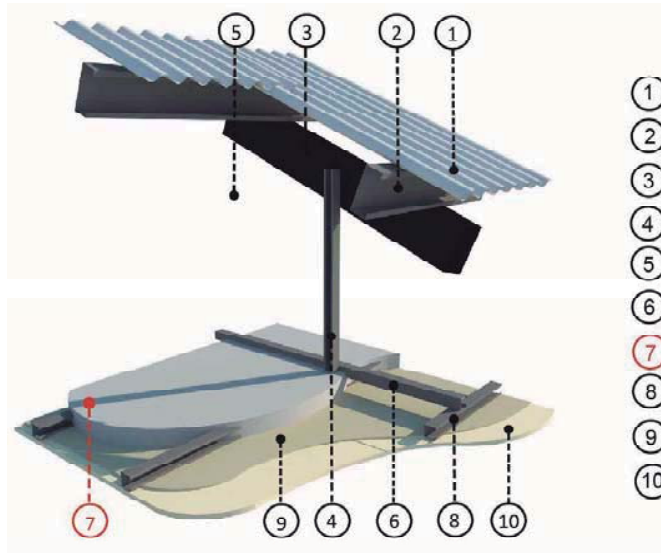


Figura 4. Perspectiva de Detalle Tecnológico de Propuesta Tipológica para Cerramiento Horizontal N° 2.
Fuente. Elaboración Propia.

El desempeño en el clima local de las Propuestas Tipológicas diseñadas fue verificado teóricamente mediante la aplicación de la normativa técnica de habitabilidad vigente. Se estudiaron los riesgos de condensación superficial e intersticial de las propuestas, no registrándose las del primer tipo en ninguno de los casos. Sin embargo se registraron riesgos de condensaciones intersticiales en la zona de contacto de las capas constitutivas exteriores del cerramiento y el material aislante de cada una de las tipologías diseñadas. A pesar de haberse ensayado diferentes alternativas, principalmente en relación a la cantidad y ubicación de las barreras de vapor que eviten el paso de la humedad, no se pudo obtener una propuesta que responda adecuadamente a esta problemática, sin demandar complejas soluciones de tipo constructivo. Se determinaron asimismo los coeficientes de transmitancia térmica, tanto de las secciones de muros opacos como de las secciones de puentes térmicos, verificando su adecuación y clasificándolos de acuerdo a los rangos admisibles que establece la Norma IRAM 11605/96. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla N°1.

Resultados de Cálculos de Transmitancia Térmica				
Propuesta Tipológica	Espesor (m)	Coeficiente de Transmitancia Térmica Muro Opaco		Coeficiente de Transmitancia Térmica Puente Térmico
Cerramiento Vertical (Muro) N° 1 (Mampostería de Ladrillos Comunes con Revoque Interior Seco de Placas de Roca de Yeso)	0,25	0,53 W/m ² °C		0,55 W/m ² °C
		Nivel		Aptitud según IRAM 11605/96
		Verano	A	APTO
Invierno	B			
Cerramiento Vertical (Muro) N° 2 (Cerramiento tipo BalloonFrame, terminación interior y exterior en Madera de Pino Cepillada)	0,145	0,29 W/m ² °C		0,88 W/m ² °C
		Nivel		Aptitud según IRAM 11605/96
		Verano	A	NO APTO
Invierno	A			
Cerramiento Horizontal (Cubierta) N° 1 (Cubierta de Tejas Coloniales con Estructura de Madera y Entablonado a la vista)	0,21	0,44 W/m ² °C		0,87 W/m ² °C
		Nivel		Aptitud según IRAM 11605/96
		Verano	B	NO APTO
Invierno	B			
Cerramiento Horizontal (Cubierta) N° 2 (Ático con Cubierta de Chapa Galvanizada con Estructura de Metal y Cielorraso de Placas de Roca de Yeso)	Variable	0,56 W/m ² °C		1,57 W/m ² °C
		Nivel		Aptitud según IRAM 11605/96
		Verano	B	NO APTO
Invierno	B			

Tabla 1. Resultados de Cálculo de Coeficiente de Transmitancia Térmica de Propuestas Tipológicas.
Fuente. Elaboración Propia

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UNA PROBETA DE CELULOSA

Para la **verificación del valor de la conductividad térmica (κ) real de una probeta de celulosa** obtenida de material de periódico, se desarrollaron tres procedimientos consecutivos. En primer lugar se preparó la probeta con el material que se iba a ensayar. Luego se estableció la densidad real de dicho material. Y finalmente se llevó a cabo el ensayo mediante el procedimiento del "aparato de placa caliente". Debido a la imposibilidad de contar con una muestra del material ofrecido en el mercado comercial nacional, se hizo necesario realizar la probeta mediante procedimientos empíricos con los propios medios y a partir de la información sobre componentes y procedimientos que se habían estudiado previamente. Se procedió cortando hojas de papel de diario en trozos de aproximadamente 4 mm. de lado. Se preparó

la solución química que le confiere protección de hongos e insectos, disolviendo Borax (Na₂B₄O₇•10H₂O) en polvo (de venta libre en farmacias) en agua a temperatura ambiente. Luego se procedió a embeber los trozos de papel cortado en la solución de borax dejándolo reposar por 16 horas. Finalmente se escurrió el agua del papel humedecido, desfibrándolo (desgarrándolo) manualmente y dejándolo secar hasta contener una humedad aproximada del 25%. Una vez obtenido el material en forma suelta (sin cohesión), hubo que contenerlo en recipientes que permitieran llevar a cabo el ensayo propiamente dicho. Para ello se utilizaron ladrillos (cajas) de madera de algarrobo de 0.30 m. x 0.30 m. x 0.046m. provistos por el Departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Uno de ellos poseía 3 ranuras en cada una de sus caras mayores, a los fines operativos del ensayo.

Seguidamente se estableció la densidad real del material preparado, pesando 100 cc. del mismo con una balanza en la Facultad de Ingeniería de la UNNE. A partir del cociente del peso sobre el volumen del material se determinó la densidad del mismo, resultando en 98,02 Kg/m³. Valor que difiere notablemente de la densidad teórica el material ofrecido comercialmente, de entre 45 y 60 kg/cm³.

Finalmente se llevó a cabo el ensayo con el procedimiento del “aparato de placa caliente”, de acuerdo a la metodología propuesta por la Norma IRAM 11.559. De acuerdo a la misma, conociendo el espesor y la conductividad térmica de la madera de algarrobo utilizada en las tapas superior e inferior de los ladrillos, obtenida en ensayos anteriores, y pudiendo determinar experimentalmente el coeficiente de conductividad del ladrillo entero, se pudo calcular el coeficiente de conductividad del preparado de celulosa (incógnita), a partir del cálculo en función de la conductividad total, discriminando la conductividad de las tapas de madera. Para determinar experimentalmente el coeficiente de conductividad térmica se entregó calor a la placa caliente mientras se hacía circular agua por las 2 placas frías. Luego de 10 horas se llegó a régimen permanente o estacionario (las temperaturas en ambas caras permanecieron constantes) y se midieron las temperaturas de la cara caliente y la cara fría, así como las potencias eléctricas entregadas en la placa caliente. En las figuras 5 a 8 registran los diferentes momentos del ensayo.



Figura 6. Material celulósico dentro del recipiente.
Fuente. Propia del Investigador.



Figura 7. Ambos ladrillos listos para el ensayo.
Fuente. Propia del Investigador.



Figura 5. Producto final obtenido.
Fuente. Propia del Investigador.



Figura 8. Probeta entre ambas placas luego del ensayo.
Fuente. Propia del Investigador.

A partir de las mediciones y los cálculos se determinó una conductividad experimental real de 0,4011 W/mK. Éste resultado resulta muy diferente a la conductividad térmica teórica de 0,035 W/mK promocionada comercialmente para el producto aislante celulósico. Sin embargo, el valor experimental se vio claramente influenciado por la falta de especificidad en el proceso de mezclado y procesado del material en su realización “casera”, no pudiéndose obtener una verdadera transformación de la estructura, densidad y composición de la materia prima. Se concluye asimismo que, **a pesar de la abundancia de la materia prima en el medio, el material no puede ser elaborado de manera artesanal o experimental, debido a la especificidad y tecnicidad que implica su producción.**

Por lo expuesto, la factibilidad económica y técnica de la aplicación de este material en la zona del NEA debe considerar factores de disponibilidad del material, de los equipamientos específicos para su aplicación y la mano de obra especializada. De ello se desprende que la aplicación del mismo es técnicamente factible en la región, pero demandaría grandes inversiones en logística, impactando negativamente en los costos de instalación, debido al transporte de materiales y equipamientos, que asimismo impactaría negativamente considerando el ACV de un material que se promociona como “ecológico” y “sustentable”.

CONCLUSIONES

Habiendo estudiado el material celulósico de uso como aislante en la construcción y su factibilidad de implementación en la región NEA puede concluirse que el material presenta grandes ventajas en relación al excelente comportamiento térmico teórico que registra, no así higroscópico. Demanda un diseño cuidadoso de las propuestas y un estudio minucioso de la normativa nacional vigente en relación con la habitabilidad de espacios, no habiéndose podido abordar la presente investigación con la rigurosidad deseada en el estudio experimental del comportamiento real del material, por el desinterés y la poca cooperación de los sectores comerciales que ofrecen el material en el ámbito nacional. Por otro lado, la promoción del material como “ecológico” y fabricado a partir de materia reciclada, si bien es acertada, se reduce a sus lugares de origen y no representa grandes ventajas en la zona, debido a la inexistencia de una industria de producción local y los impactos económicos, energéticos y medioambientales que la presencia del material acabado a nivel nacional o local representan. El verdadero desafío se plantea en la instalación de plantas de producción en la región y el despertar interés por parte del sector comercial y profesional por instalar el producto en la construcción a nivel local. Región que por otro lado, no cuenta con ninguna ventaja con respecto a otros sectores por la gran industria maderera y de pasta celulósica que puede encontrarse, debido a la producción del material aislante a partir de papel periódico reciclado. Materia prima para la cual asimismo existe un pronóstico cada vez más desalentador, por la creciente digitalización que se registra en la sociedad

BIBLIOGRAFIA

- Aislantes Celulósicos S.A. (2014): Especificaciones Técnicas del Material ACP - Buenos Aires (Argentina)
- Alías, H. M. y Pilar, C. (2013): Uso Racional de la Energía URE y Análisis de Ciclo de Vida. Material Didáctico para la Cátedra Construcciones II.ITDAHU, FAU, UNNE - Resistencia, Chaco (Argentina)
- Arena, A. P. (2012): El Análisis de Ciclo de Vida. Una Metodología de evaluación de la consecuencias ambientales de la actividad humana - Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional (Mendoza)
- Hermida Rodríguez, Manuel (2013): La Fibra de Celulosa como Aislante en la Construcción. Master en Rehabilitación Arquitectónica. Nuevos Materiales y Sistemas - Universidad de la Coruña(España)
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1971):**Norma IRAM 11559**.Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda. - Buenos Aires (Argentina): IRAM
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM): Normas Técnicas Nacionales vigentes de Habitabilidad Higrotérmica(**Normas IRAM 11601 – 11603 – 11605 – 11625 – 11630**) - Buenos Aires (Argentina): IRAM
- Meil, J. y Salazar, J. (2009): Prospectsforcarbon-neutral housing: theinfluence of greaterwood use onthecarbonfootprint of a single-familyresidence - Revista “Journal of CleanerProduction”, Edición N° 17 (Estados Unidos)
- Organización Internacional de Normalización (ISO) (1997):**Norma N° 14040**. Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y Estructura.
- Química y Tecnología de Macromoléculas - Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid (España)
- ZabalsaBribián, I. (2010): Adaptación de la metodología del análisis de ciclo de vida para la evaluación y la mejora del impacto energético y ambiental de la edificación en España. Tesis Doctoral - Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Zaragoza (España)

- **PÁGINAS WEB:**

- > <http://aislantescelulosicos.com/inicio/>
- > <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl>
- > <http://www.cellulose.org/index.php>
- >

- **AGRADECIMIENTOS:**

Al Ing.Pablo E. Martina (del Grupo de Investigación de Energías Renovables –GIDER-, del departamento de Termodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE), por su generosa colaboración en el ensayo de determinación de la conductividad térmica de la probeta de celulosa mediante el “aparato de placa caliente”.