

AISLACIÓN TÉRMICA ALTERNATIVA, REUTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO DE DESCARTE, ORIENTADO A LAS NECESIDADES DE COOPERATIVAS DE RECICLADO

Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable

San Juan Gustavo Alberto¹

Viegas Graciela Melisa²

Jodra Juan Ignacio³

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, ¹gustavosanjuan60@hotmail.com, ²gachiviegas@yahoo.com.ar; ³juanjodra@gmail.com

RESUMEN

Se exponen los resultados de la medición en laboratorio de la Transmitancia Térmica (“K”) y el cálculo de la conductividad térmica (λ) de materiales aislantes térmicos alternativos realizados “ad-hoc”. Los materiales conforman paneles de muy bajo costo ya que reutilizan piezas de poliestireno expandido del descarte de embalajes. Los mismos se orientan a la mejora de las condiciones ambientales de viviendas de interés social y/o auto-construidas. Este desarrollo se enmarca en una necesidad planteada por cooperativas de reciclado y trabajo de la región de La Plata, Argentina, en el marco del Consejo Social de la Universidad Nacional de La Plata (CS-UNLP). El reciclado es una actividad productiva de bien social y ambiental que desarrollan dichas cooperativas, las cuales detectan que el poliestireno expandido proveniente de embalajes no es rentable para su venta. Ante esta situación se analizan sus posibilidades de utilización incorporándolo en paneles aislantes térmicos (conformados por el material molido más un aglomerante) destinados a viviendas de interés social y/o precarias -en condiciones higró-térmicas desfavorables- para mejorar el cuidado de la salud familiar y su calidad de vida, pertenecientes a sectores de escasos recursos económicos o bajo la línea de pobreza. Esta investigación avanza en la cuantificación y cualificación en cuanto a la capacidad aislante de estos materiales utilizando el método de medición del flujo de calor por “caja caliente”. Se estudian además la granulometría, la cantidad proporcional de aglomerante y el espesor apropiado, comparándolo con una aislación térmica adquirida en el mercado. Los resultados permiten la concreción de un componente tecnológico realizado por auto-construcción y auto-gestión en cooperativas o equipos recicladores, los que asegurarán la homogeneidad y estandarización del producto final, su producción en serie y su impacto por adopción territorial.

PALABRAS CLAVES: COOPERATIVAS DE RECICLADO - POLIESTIRENO EXPANDIDO DE DESCARTE - PANELES AISLANTES - VIVIENDA SOCIAL



1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene sus orígenes en una necesidad proveniente del Consejo Social de la Universidad Nacional de La Plata (CS-UNLP) y de cooperativas de reciclado y trabajo de la región que participan de dicho espacio, las cuales requieren el desarrollo de un módulo habitacional de emergencias (MHE), que solvante la necesidad de cobijo de hogares vulnerables, en la región del Gran La Plata, Argentina. Las viviendas existentes en la región son generalmente precarias y presentan una baja calidad térmica de sus envolventes. Asimismo, los módulos habitacionales de emergencia que distribuye el Estado y otras organizaciones, presentan un fácil armado y bajo costo, pero su envolvente es de muy baja calidad térmica (aproximadamente, una transmitancia térmica de $12.5W/m^2C$).

En este marco se planteó –previo a esta investigación–, el desarrollo de un módulo habitacional que responda a: (i) fácil armado; (ii) bajo costo de inversión; (iii) alta durabilidad; (iv) sistema prefabricado que facilite armado y desarme (para su traslado y reubicación), conformado un sistema tecnológico “modular”, que sintetice y sistematice sus componentes; (v) que permita la generación de un ambiente interior habitable y saludable. Uno de los factores claves a resolver es la “envolvente edilicia”, la cual debe garantizar las condiciones necesarias para generar un ambiente confortable, sano y que requiera baja entrega de energía para climatización. Por lo tanto el estudio de la capacidad aislante (higro-térmica) de la envolvente, mediante la reutilización de materiales reciclados, de bajo costo y producción por auto-construcción, es un nicho de investigación y desarrollo posible.

Al respecto, se han relevado diversas investigaciones basadas en el uso de materiales aislantes alternativos, tanto reciclados como de origen natural. Las mismas destacan que la situación socio-económica de diversos grupos sociales justifica el estudio de dichos materiales ya que tienen un bajo o nulo costo, son de fácil adquisición, y poseen buenas propiedades térmicas. Las investigaciones analizan los procesos de producción y las capacidades térmicas de diversos materiales mediante métodos de medición elaborados “ad hoc”. Los materiales estudiados se agrupan en plásticos, fibras naturales, papel y tierra, y abarcan las siguientes variantes: ladrillos y bloques de plástico, fardos plásticos, poliestireno triturado, polietileno en bollos, goma “eva” reciclada, paja en fardos, junco en torones, guata de celulosa, placa de celulosa, celulosa proyectada, papel compactado, capas de cartón, mapas de cartón apilados, tierra en tapial, adobe, entre otras. En estos materiales se han encontrado conductividades térmicas (“ λ ”) que oscilan entre $0.037W/m^2C$ y $0.2W/m^2C$. En general se han analizado materiales a granel y no se observaron tantos desarrollos en forma de sistemas constructivos adaptables a viviendas (Viegas et al, 2016). Bajo esta conclusión observamos la necesidad de estudiar los materiales integrados a sistemas tecnológicos para viviendas.

El reciclado de materiales es una actividad productiva de bien social y ambiental que desarrollan diferentes grupos cooperativos de la región, donde el material proveniente de embalajes de diferentes productos (poliestireno expandido) que se recolectan en el espacio urbano de uso público, no se considera rentable para su venta. Esto se debe a que la ecuación económica de \$/kg de venta versus costo del flete para su transporte, convierte a este material económicamente inviable, como recurso económico-social. Las cantidades que se depositan en la calle y que son parte del acopio en los espacios de reciclado, son abundantes, lo que ha llevado a pensar en la posibilidad de su reutilización para la conformación de materiales aislantes y generación



productiva, destinados a la vivienda social y fundamentalmente para sectores sociales pauperizados, bajo la línea de pobreza.

Las condiciones mencionadas hasta el momento, generaron la oportunidad de estudiar y conformar un material aislante higró-térmico que pueda ser ejecutado por dichas cooperativas para uso propio o generando oportunidades de trabajo. A su vez, avanzando en la concreción de un sistema constructivo factible -tema detectado como falencia-, el material puede ser utilizado en dos tipos de productos: (A) en placas rígidas modulares y (B) placas multicapa tipo “sándwich”, modulares (1.22m x 2.44m) como se observa en las Figuras 1 y 2. Los beneficios encontrados en su producción son los siguientes: (i) realización por auto-construcción; (ii) bajo costo; (iii) facilidad de ejecución; (iv) mínimo conocimiento tecnológico incorporado. Y en cuanto a los beneficios indirectos: (v) mejoramiento de las condiciones térmicas e higrófugas del espacio habitable (invierno y verano); (vi) reducción del consumo energético necesario para climatización del aire; (vii) disminución de la emisiones de poluentes a la atmósfera, por quema de combustibles fósiles (gas, leña, otros combustibles líquidos, utilizados) y (viii) mejora de la calidad de vida y de la salud de los habitantes.

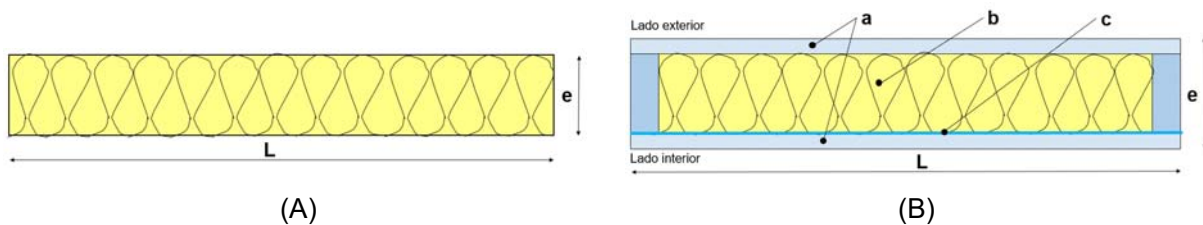


Fig. 1: (A) Placas rígidas modulares; (B) Placas multicapa tipo “sándwich” modulares. Tablero o tablas machihembradas de madera; (b) Aislación térmica, alternativa; (c) Barrera de vapor.



Fig. 2: Material base de descarte. Material triturado.

En este marco, el objetivo del presente trabajo es cuantificar y cualificar la capacidad aislante del poliestireno expandido reciclado, mediante la medición de la transmitancia térmica (“K”) y el cálculo de la conductividad térmica (“λ”), a partir de la medición del flujo de calor utilizando el método de “caja caliente”. Las variables a estudiar son: la granulometría, la cantidad proporcional de aglomerante y espesor apropiado, comparándolo con una aislación térmica tradicional, adquirida en el mercado. Los resultados de este trabajo podrán ser asimilados a la concreción de un componente tecnológico que sea realizado por auto-construcción y auto-gestión en cooperativas o equipos de recicladores, los que asegurarán la homogeneidad y estandarización del producto final, su producción en serie y su impacto por adopción territorial.



2. DESARROLLO

La vigencia e importancia de la evaluación térmica y física de distintos materiales de aislamiento térmico, basado en materiales o componentes alternativos, refuerzan la necesidad de abordar y continuar procesos de investigación en la temática. A continuación se explicitan los materiales adoptados y la metodología desarrollada para su evaluación.

2.1. Metodología

La metodología del trabajo se organiza en las siguientes etapas:

- i. Caracterización, conformación de las probetas y medición de capacidad aislante.
- ii. Cálculo de espesores equivalentes al poliestireno expandido comercial.
- iii. Cálculo de espesores necesarios para cumplimiento de Norma IRAM 11.605.
- iv. Comparación de un muro tradicional y un panel sándwich en función del “K” admisible.

2.1.1. Caracterización, conformación de las probetas y medición de capacidad aislante

Para la medición de los materiales se requiere la conformación de “probetas” construidas ad hoc. Las mismas tienen una superficie de 0.40m x 0.40m y un espesor de 0.10m, resultando una superficie de 0.16m² y un volumen de 0.016m³. Las probetas se conforman con un material aislante, en este caso poliestireno expandido desgranado, y un material aglomerante, resuelto en este caso con cemento hidráulico y aditivo plástico (resinas termoplásticas y aditivos químicos).

La granulometría del poliestireno expandido molido, proporcionará la cantidad de espacios de aire en estado estanco, la cual determinará -en gran medida- la capacidad de aislación térmica de la muestra. El contenido de aglomerante proporcionará la adherencia entre granos, por contacto superficial. Se estimó de forma empírica la cantidad mínima de aglomerante con lo cual brindar al producto final una cierta estructura resistente, libre de desgranamiento, pero disminuyendo la transferencia y conducción de la energía térmica, evitando que se transforme en puente térmico. Para controlar que la muestra contenga la menor cantidad de aglomerante, la mezcla, producto de todos los materiales utilizados, se volcó en un tamiz, con lo cual posibilitar el retiro del excedente de aglomerante permitiendo que solo quede una película recubriendo los granos de poliestireno expandido y que al fraguar, se obtenga la adherencia esperada.

En función que las variables independientes (granulometría y contenido de aglomerante) se obtienen las variables dependientes: la densidad (“ δ ”) y la conductividad térmica (“ λ ”). A continuación se presentan sus características, proceso constructivo y componente final (Figura 3 y 4).



PROBETA 1	Perlitas + Cemento + Agua	Grano Fino (Probeta BASE)
------------------	----------------------------------	--------------------------------------

Poliestireno Expandido conformado por perlitas esféricas de un diámetro de 3mm, adquiridas en el mercado. **Densidad** de la probeta en estado seco: 66 Kg/m³



Mezcla de Cemento hidráulico y Aditivo plástico



Perlitas de Poliéstireno expandido



Mezcla de los materiales



Molde para conformación de probeta



Tamizado de la mezcla



Probeta conformada

PROBETA 2	P.E. reciclado + Cemento + Agua	Grano Medio
------------------	--	--------------------

Poliestireno expandido triturado, grano grueso (50%) + Poliéstireno expandido triturado, grano fino (50%) + Cemento + Agua + Aditivo plástico. **Densidad:** 170 Kg/m³

PROBETA 3	P.E. reciclado + Cemento + Agua	Grano Grueso
------------------	--	---------------------

Poliestireno expandido triturado, grano grueso (100%) + Cemento + Agua + Aditivo plástico. **Densidad:** 119 Kg/m³

Figura 3: Descripción técnica de las Probetas estudiadas



Probeta 1 Probeta 3 Probeta 2



Componente tipo "Sandwic"

Fig. 4: Probetas listas para el ensayo

El equipo de medición utilizado está basado en el método Heat Flow Meter (HFM). Se dispone la muestra entre una placa fría y una caliente y una vez logrado el régimen estacionario de temperaturas entre ambas caras de la "probeta" se mide el flujo de calor que pasa a través de ella.



Consiste en una unidad frigorífica ubicada en el extremo frío, una estructura calada de EPS en el que se inserta y aísla la probeta, y una fuente generadora de calor en el extremo caliente. En el baricentro de la probeta y del lado caliente se ubica el sensor de flujo (Heat Flow Sensor marca CONCEPT ENGINEERING, modelo F-005-T-3) y las termocuplas tipo “T” (cobre-constantan) que registran las temperaturas de capa para determinar el estado estacionario. Logrado éste, se realizan los cálculos y se obtiene el coeficiente de transmitancia térmica (“K”) del componente ensayado y se calcula su conductividad ($W/m^{\circ}C$). La diferencia térmica entre la cara caliente y la fría tiene que lograr un salto térmico mayor o igual a $20^{\circ}C$ a los efectos de establecer un régimen estacionario estable y un flujo térmico intenso para que el método sea fiable. La fuente caliente es una resistencia eléctrica plana (almohadilla térmica Large AL81 SILFAB) y la fría un equipo frigorífico comercial MABE HMA 122FC B.

Para la medición se localizan dos termocuplas en la superficie de la probeta: una en la cara fría y otra en la caliente; dos en el aire en contacto con la probeta: una del lado frío y otra del lado caliente. Las termocuplas están conectadas a micro adquisidores de datos que registran las mediciones, HOBO UX100-014M de un canal. El sensor de flujo fue conectado a un adquisidor de datos OMEGA OM-CP-OCT-TEMP Data Logger que es un registrador de datos basado en termocuplas con 8 canales y funciona a batería, y permite medir el flujo de calor en mV. Para el cálculo de la transmitancia y conductividad térmica se utilizan las siguientes fórmulas (Figura 5):

Transmitancia térmica

$$K = Q \div \Delta T$$

Dónde:

Q: calor intercambiado (W/m^2) medido con el sensor de flujo térmico;
K: transmitancia térmica del elemento ($W/m^2^{\circ}C$);
 ΔT : diferencia de temperatura entre ambas caras de la probeta ($^{\circ}C$), utilizando las mediciones de temperatura registradas en los adquisidores de datos.

Conductividad térmica

$$\lambda = K \times e$$

Dónde:

K: transmitancia térmica del elemento ($W/m^2^{\circ}K$);
 λ o k: conductividad térmica en $W/m^{\circ}K$;
e: espesor de la probeta (m).



Cara “caliente”. Termocupla superficial



Cara “fría”. Medidor de flujo.



Cara “fría”. Termocupla superficial.

Fig. 5: “Caja caliente”

Se utiliza como material aislante para los anillos de guarda de la probeta, poliestireno expandido de alta densidad para minimizar las pérdidas térmicas hacia el exterior. Tiene un espesor de 50 mm y se colocan consecutivamente tantos como sean necesarios en relación al espesor de la probeta a medir.

2.1.2. Cálculo de espesores equivalentes al poliestireno expandido comercial



En esta etapa se compara el espesor de una aislación térmica conformada por poliestireno expandido comercial en plancha, de una densidad de 20 Kg/m^3 , con un coeficiente de conductividad térmica de $0.035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (según Norma IRAM 11601) con los materiales de las tres probetas. Se calcula el espesor equivalente ($e_{\text{equiv.}}$) de cada material para igualar sus condiciones térmicas. Se toma como espesor base 1cm de PE.

2.1.3. Cálculo de espesores de material necesarios para cumplimiento de Norma Iram 11.605

En esta etapa se realiza el análisis de los espesores (e) necesarios de cada Probeta para cumplir con los valores de Transmitancia Térmica máxima admisible ($K_{\text{max adm}}$) de invierno y verano establecidos en la Norma IRAM 11605 para La Plata (Zona bioambiental III-b; Norma IRAM 11603).

Se considera para el estudio la comparación del espesor de un tabique que actúa de envolvente materializado con poliestireno expandido comercial (con una densidad de 20Kg/m^3), con tabiques equivalentes materializados con los materiales estudiados. Se toman las siguientes condiciones de referencia:

- Niveles de confort higro-térmico, que implica la incorporación del criterio de uso eficiente de la energía (UEE) para climatización: Nivel “C” mínimo; Nivel “B”, medio.
- Valores máximos de Transmitancia Térmica ($K_{\text{max adm}}$) para condiciones de **invierno**, en muros y techos, para una temperatura exterior de diseño (t_{ed}) de 0°C .
- Valores máximos de Transmitancia Térmica ($K_{\text{max adm}}$) para condiciones de **verano**, en muros y techos, para Zona Bioambiental III, Templada Cálida, donde se localiza la ciudad de La Plata (según Norma IRAM 11603).

2.1.4. Comparación de un muro tradicional y un panel sándwich con materiales aislantes alternativos

Finalmente se compara la Transmitancia térmica de un muro tradicional de **ladrillo cerámico** (de 0.18m de espesor) revocado de ambas caras, con la de un panel multicapa tipo “sandwich”, correspondiente al diseño del Módulo Habitacional de Emergencia desarrollando, el cual está compuesto por placas exteriores de OSB (Oriented Strand Board) con adhesivo fenólico, con un espesor de 0.011m y un material aislante correspondiente al de la probeta 2 (Grano medio).

2.2. Resultados

2.2.1. Caracterización, conformación de las probetas y medición de capacidad aislante

La **Probeta 1**, conformada por un volumen homogéneo (100%) de perlitas esféricas (adquiridas en el mercado), adoptada como probeta “base” o de referencia, ofrece la menor densidad aparente (66 Kg/m^3), implicando por ende espacios intersticiales relativamente medianos, lo que limita su capacidad aislante. El coeficiente de conductividad resultante de la medición es de $0.108 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

La **Probeta 2**, conformada por una mezcla de poliestireno expandido molido, de grano grueso (50%) y fino (50%), con una densidad aparente de 170 Kg/m^3 , registra el coeficiente de conductividad más bajo, con un valor de $0.06 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Se interpreta como una mezcla homogénea donde los intersticios dejados por los granos gruesos, son ocupados por los granos finos. La



mayor densidad se debe al mayor contenido de cemento en la mezcla, que al corresponder a un recubrimiento superficial y puntual, no incide en su efecto como conductor térmico.

La **Probeta 3**, conformada a partir de una mezcla de poliestireno expandido molido, de grano grueso, con una densidad aparente de 119Kg/m^3 , ofrece en forma relativa grandes espacios superficiales y contenido de cemento mayor en función de la superficie total de recubrimiento. Esto implica el mayor coeficiente de conductividad térmica, reduciendo su capacidad aislante.

En la Tabla 1 se sintetizan los valores resultantes de la medición de las muestras.

Variables	PROBETA 1 Perlitas comerciales	PROBETA 2 Reciclado: 50% grano grueso 50% grano fino	PROBETA 3 Reciclado: 100% grano grueso
Densidad (kg/m ³)	66	170	119
Conductividad Térmica (W/m ² °C)	0,108	0,06	0,144

Tabla 1: Resultados de medición de Conductibilidad térmica (“λ”)

2.2.2. Cálculo de espesores equivalentes al poliestireno expandido comercial

En la Tabla 2 se evidencia la dimensión del espesor de material necesario de cada probeta para igualar las condiciones térmicas de 1cm de poliestireno expandido de 20kg/m^3 . Se observa que la Probeta 2 tiene un espesor equivalente (0.017m) más próximo al comercial. A partir de estos resultados se decide seleccionar este material para la conformación de los componentes constructivos a desarrollar en las etapas futuras de esta investigación.

MUESTRAS	Densidad (Kg/m ³)	Coefficiente de conductividad térmica - λ (W/m ² °C)	Espesor Equivalente (cm)
Poliestireno expandido (comercial)	20	0.035	1
PROBETA 1	66	0.108	3.1
PROBETA 2	170	0.060	1.7
PROBETA 3	119	0.144	4.1

Tabla 2: Resultado de Espesores equivalentes (e_{equiv.})

2.2.3. Cálculo de espesores necesarios para cumplimiento de Norma Iram 11.605

En Tabla 3 se ven los resultados de los espesores de material aislante necesarios para cumplir los tres niveles de $K_{admisible}$ según norma IRAM 11.605.

MUESTRAS	INVIERNO				VERANO			
	Nivel “C”		Nivel “B”		Nivel “C”		Nivel “B”	
	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo	Muro	Techo
Poliestireno exp.(comercial). Referencia	0.019	0.035	0.035	0.042	0.017	0.046	0.028	0.073
PROBETA 1	0.058	0.108	0.108	0.130	0.054	0.140	0.086	0.225
PROBETA 2	0.032	0.06	0.06	0.072	0.030	0.079	0.048	0.125
PROBETA 3	0.078	0.144	0.144	0.173	0.072	0.190	0.115	0.300

Tabla 3: Espesores calculados según $K_{max adm}$ (Norma Iram 11605)



La situación de referencia muestra que un tabique de poliestireno expandido comercial de 20 kg/m³ requiere de 0.019m y 0.046m en el muro y techo respectivamente, para cumplir con el nivel más bajo de $K_{admisible}$ (C); mientras que requiere de 0.035cm y 0.073m en muro y techo respectivamente para cumplir con el nivel medio (B).

La **Probeta 2**, con un 50% de material triturado grano grueso y 50% de material triturado grano fino (densidad 170 Kg/m³), se registra como la de mayor viabilidad, en función de los siguientes espesores: 0.032m y 0.079m en el muro y techo respectivamente para cumplir con el nivel más bajo de $K_{admisible}$ (C); mientras que requiere de 0.06m y 0.125m en muro y techo respectivamente para cumplir con el nivel medio (B).

2.2.4. Comparación de un muro tradicional y un panel sándwich en función del K admisible

Un muro de ladrillo hueco de 0.18m de espesor cumple con el nivel mínimo de IRAM ($K_{max adm}$ Nivel "C"; IRAM 11605, para muros en Invierno, $K= 1.85 W/m^2C$). Al compararlo con el panel sándwich con material aislante de la Probeta 2 observamos que: **i. un muro de ladrillo hueco tradicional**, revocado ambas caras tiene un **$K= 1.68W/m^2C$** ; $R= 0.58m^2C/W$; mientras que **ii. un panel tipo "Sandwich"** (según Probeta 2) con **0.018m de aislante** tiene un **$K= 1.80W/m^2C$** ; $R= 0.55m^2C/W$. Esto implica que para asimilar las condiciones térmicas del Panel "Sandwich" propuesto en función de compararlo con un Muro tradicional de ladrillo hueco, se requiere un espesor de aislación de **18mm**. Si adoptáramos el nivel "B" de la norma, con un $K_{max adm} = 1.00 W/m^2C$ (lo que incluye criterio de conservación de la energía), el espesor del aislante sería de 0.044 (**44mm**), con un $K= 1.012W/m^2C$ y $R= 0.985m^2C/W$.

3. CONCLUSIONES

El estudio desarrollado expone en primera instancia, la viabilidad del método de cálculo, y en segunda la viabilidad de la tecnología desarrollada para implementar aislación térmica alternativa basada en la reutilización de poliestireno expandido de descarte, para la conformación de un componente aislante. Como se ha expuesto en la introducción, su implementación podría habilitar a la conformación de un micro-emprendimiento productivo destinado a cooperativas de recicladores, generando trabajo alternativo, con lo cual incorporar valor agregado a un material que en la actualidad no posee valor de venta. Asimismo, poder mejorar las condiciones de la vivienda existente o producir tabiques modulares para envolventes edilicias.

Se verifica que la **Probeta 2**, correspondiente a una mezcla de poliestireno expandido molido, de grano grueso (50%) y fino (50%), es la que ofrece mejor capacidad en cuanto a aislación térmica (0,06 W/m²C), lo que corresponde a un espesor 70% mayor, en relación a un espesor de poliestireno comercial de una densidad de 20kg/m³. O sea, 0.017m del primero en relación a 0.01m del segundo.

La **Probeta 2** se verifica como la más adecuada si calculamos y comparamos su espesor con una muestra de poliestireno expandido comercial (de 20Kg/m³), en función de la Transmitancia Térmica máxima admisible ($K_{max adm}$) para las condiciones establecidas en la normativa (Norma IRAM 11605). Los resultados son: Para Nivel "C": Muro: 0.032m y Techo: 0.079m. Para Nivel "B": Muro: 0.06m y Techo: 0.125m.



Si comparamos la conformación de un panel tipo "Sandwich", con la muestra de la Probeta 2 con un muro tradicional de ladrillo hueco, revocado de ambas caras, en función del Nivel "C" de la Norma IRAM, el primero requiere de un espesor de material aislante de 0.018m, para asimilar sus condiciones térmicas. Y para cumplir con el Nivel "B" de la norma requiere 0.044m.

En función de los resultados obtenidos se plantean a futuro acciones tendientes a verificar las condiciones mecánicas del material estudiado y seleccionado. Se considerará la resistencia a la compresión, al desgranamiento, la capacidad estructural del panel. Asimismo se verificará el comportamiento ignífugo del material. Por otro lado se pretende evaluar la viabilidad social del material en función de su aceptación por parte de las cooperativas y los usuarios. Y en un siguiente avance, desarrollar el sistema de producción del material.

BIBLIOGRAFÍA

Norma IRAM: 11601 (2002). *Aislamiento Térmico de Edificios. Método de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Norma IRAM 11603 (1996). *Acondicionamiento Térmico de edificios. Clasificación bioclimática de la República Argentina*. Norma IRAM 11605 (1996). *Acondicionamiento Térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios. Valores máximos de Transmitancia térmica en cerramientos opacos*.

Viegas G., Walsh C., Barros M.V. (2016). *Evaluación cuali-cuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas*. El caso de la agricultura familiar. Revista INVI Nro N° 86, Volumen N° 31: 89-117.