



Revista INVI

ISSN: 0718-1299

revistainvi@uchilefau.cl

Universidad de Chile

Chile

Viegas, Graciela Melisa; Walsh, Carolina; Barros, María Victoria  
Evaluación cualicuantitativa de aislaciones térmicas alternativas para viviendas. El caso  
de la agricultura familiar  
Revista INVI, vol. 31, núm. 86, mayo, 2016, pp. 89-117  
Universidad de Chile  
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25845563004>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# **EVALUACIÓN CUALI- CUANTITATIVA DE AISLACIONES TÉRMICAS ALTERNATIVAS PARA VIVIENDAS. EL CASO DE LA AGRICULTURA FAMILIAR<sup>1</sup>**

Graciela Melisa Viegas<sup>2</sup>, Carolina Walsh<sup>3</sup> y María Victoria Barros<sup>4</sup>

## **Resumen**

Los agricultores familiares del Gran La Plata y Berazategui (Buenos Aires, Argentina) están condicionados por la situación de arrendamiento de la tierra en la que viven y trabajan y por su frágil situación económico-productiva. Se observa la construcción de viviendas de muy baja inversión con altos déficit de habitabilidad y deficiencias de la envolvente. Este trabajo propone la búsqueda de materiales alternativos para la aislación térmica de viviendas, reutilizando recursos. Estos materiales podrían colaborar tanto a la mejora de la vivienda existente (reciclado) como a la nueva. Para ello se desarrolló un equipo de medición de la transmitancia térmica de materiales, basado en el principio de “caja caliente”. Durante el año 2014 se realizaron mediciones de los materiales más representativos agrupados en cuatro categorías: fibras

# **QUALITATIVE AND QUANTITATIVE EVALUATION OF ALTERNATIVE THERMAL INSULATION. THE CASE OF FAMILY-BASED FARMING<sup>1</sup>**

Graciela Melisa Viegas<sup>2</sup>, Carolina Walsh<sup>3</sup>, María Victoria Barros<sup>4</sup>

## **Abstract**

*Family-based farmers of Greater La Plata and Berazategui (Buenos Aires, Argentina) are conditioned by their position as leaseholders of land by which they live and work and by their fragile economic-productive situation. Low-cost dwellings with low habitability standards and poor insulating properties are observed. This paper proposes the exploration of alternative insulating materials through the reuse of resources. These materials may contribute to the improvement of both existent (recycling) and new dwellings. Such an exercise involved the measurement of the thermal transmittance of materials through hot box methods. Different analyses of the most representative materials were conducted during 2014; these elements were divided into four categories: natural fiber, plastic, paper and soil. Interviews and*

naturales, plásticos, papel y tierra. Las mediciones cuantitativas fueron contrastadas con la opinión de los posibles usuarios de estos materiales y la de técnicos que trabajan con este sector social, a través de entrevistas y consultas. Los resultados mostraron que el cartón corrugado y el polietileno reciclado tienen buena respuesta térmica, costo bajo o nulo, reducen un desecho existente y los usuarios consideran posible su aplicación si se resuelven problemas de estanqueidad, humedad y condensación.

**PALABRAS CLAVE: AISLACIONES TÉRMICAS ALTERNATIVAS; AGRICULTORES FAMILIARES; MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS; RECICLADO DE ENVOLVENTE**

Recibido: 15-06-2015

Aceptado: 18-01-2016

- 
- 1 El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, a través de una beca de entrenamiento en investigación FAU, de proyecto de extensión universitaria UNLP, y de un Proyecto de Investigación Plurianual (PIP) CONICET nro. 097, respectivamente.
  - 2 Argentina. Arquitecta, Doctora en Ciencias, Área Energías Renovables. Investigadora Asistente de CONICET e integrante del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), grupo vinculado al INENCO - CCT Salta- CONICET, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Correo electrónico: gachiviegas@yahoo.com.ar"
  - 3 Argentina. Arquitecta. Integrante del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Correo electrónico: carowalsh22@hotmail.com.
  - 4 Argentina. Arquitecta, docente-extensionista de la UNLP e integrante del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Correo electrónico: mariavictoriarbarros@yahoo.com.ar.

*consultations were conducted in order to elaborate quantitative analyses that were contrasted with the opinion of potential users and the viewpoint of technicians involved in this social segment. Results show that corrugated cardboard and recycled polyethylene have good insulating properties, are affordable or obtained for free and reduce the amount of existing waste; likewise, users consider the use of these materials a possible solution if they solve sealing, humidity and condensation issues.*

**KEYWORDS: ALTERNATIVE THERMAL INSULATION; FAMILY-BASED FARMERS; HOUSING IMPROVEMENT; RECYCLING OF INSULATING MATERIALS**

Received: 15-06-2015

Accepted: 18-01-2016

---

1 This paper has been partially funded by the Faculty of Architecture and Urbanism (FAU), National University of La Plata and the National Scientific and Technical Research Council, Argentina, through a FAU research training grant, a UNLP university research project and by a CONICET multiannual research project No. 097.

2 Argentina. Architect, PhD in Renewable Energies. Assistant researcher at CONICET, member of the Institute of Research and Policies of the Built Environment, Faculty of Architecture and Urban Planning, National University of La Plata. Email: gachiviegas@yahoo.com.ar

3 Argentina. Architect, member of the Institute of Research and Policies of the Built Environment, Faculty of Architecture and Urban Planning, National University of La Plata. Email: carowalsh22@hotmail.com.

4 Argentina. Architect, professor at the National University of La Plata, member of the Institute of Research and Policies of the Built Environment, Faculty of Architecture and Urban Planning, National University of La Plata. Email: mariavictoriarbarros@yahoo.com.ar

## Introducción

La urbanidad latinoamericana está marcada por la *ciudad informal*, la cual no puede ser evadida ni ocultada, porque es parte de la realidad. Una realidad que expresa su fragmentación social y su correlato en fragmentación territorial, donde la lucha por la tierra es un claro ejemplo de ello. Los modelos de desarrollo implementados en la mayoría de los países del tercer mundo se han caracterizado por establecer niveles de concentración de capital y poder, así como procesos acelerados de urbanización que contribuyen a la degradación del ambiente, a la privatización del espacio público, al empobrecimiento, la exclusión y segregación social y espacial. “*En las periferias hay otra ciudad que se construye día a día, al margen de políticas públicas y de los grandes desarrollos promovidos por la iniciativa privada. (...) En ella, con grandes esfuerzos y elevados costos económicos y sociales, las familias han levantando de manera individual y colectiva una enorme cantidad de barrios y colonias, generando una alternativa propia frente a las demandas habitacionales que ni el Estado ni la iniciativa privada han logrado cubrir. Así, de manera casi anónima, se ha construido la ciudad informal, la ciudad espontánea e inacabada, que se ha gestado y ha crecido progresivamente y que, siguiendo incluso los pronósticos más conservadores, seguirá creciendo en estas condiciones*”<sup>5</sup>

---

5 Romero y Mesías, 2004.

En este contexto surge el concepto de Producción Social del Hábitat (PSH), que congrega un conjunto de modalidades de auto-producción, empujadas por los sectores sociales de menores ingresos, desarrollando estrategias de supervivencia frente a la brecha entre los alcances de la producción capitalista de vivienda y la demanda social de vivienda y hábitat. Enet et al.<sup>6</sup> entienden por PSH todos aquellos procesos generadores de espacios habitables, componentes urbanos y viviendas, que se realizan bajo el control de auto-productores y otros agentes sociales que operan sin fines lucrativos. Parte de la conceptualización de la vivienda y el hábitat como proceso y no como producto terminado; como producto social y cultural y no como mercancía; como acto de habitar y no como mero objeto de intercambio.

Los grupos sociales que conforman la Agricultura Familiar (AF) son uno de los tantos agentes claros en lo referente a la producción social de su hábitat. La AF en Argentina es definida como *un tipo de producción donde la unidad doméstica y la unidad productiva están físicamente integradas, la familia aporta la fracción predominante de la fuerza de trabajo utilizada en la explotación y la producción se dirige tanto al autoconsumo como al mercado*. Siguiendo la definición del Foro Nacional de Agricultura Familiar (FoNAF), *la agricultura familiar es una forma de vida y una cuestión cultural que tiene como principal*

---

6 Enet, Romero y Olivera, 2008.

objetivo la reproducción social de la familia en condiciones dignas<sup>7</sup>. El Proinder –IICA<sup>8</sup> señala que en Argentina se registra que las dos terceras partes del total de las explotaciones agropecuarias del país, son del tipo familiar. A su vez, el 52% corresponde al sector de menores recursos productivos<sup>9</sup>. Al analizar la situación en torno a la región de La Plata, el atlas del IPAF Pampeana-INTA<sup>10</sup> muestra que más del 60% del cinturón hortícola corresponde a explotaciones de agricultores familiares<sup>11</sup>. Estos números indican la importancia del sector en cuanto a cantidad y condiciones desfavorables en las que trabajan.

El presente trabajo de investigación se inserta respondiendo a problemáticas surgidas a partir de la experiencia de dos proyectos de extensión universitaria de la Universidad Nacional de La Plata, orientados a generar de manera conjunta propuestas y acciones de mejora de vivienda de los agricultores familiares del Gran La Plata y Berazategui

(Provincia de Buenos Aires, Argentina)<sup>12</sup>. El grupo social con el que se trabajó comprende a familias productoras agrícolas de pequeña escala ubicadas en la zona rural y peri-urbana del cinturón hortícola de los partidos mencionados (figura 1). Se trata de alrededor de 200 familias de agricultores organizadas en 24 grupos de trabajo.

Dicho sector poblacional se caracteriza por ser arrendatarios de la tierra en la que viven y trabajan, condición que repercute directamente en su calidad de vida y precarias condiciones de habitabilidad. Al no ser propietarios de la tierra, la inversión que las familias realizan en el hábitat es mínima. Tal situación les impide edificar o instalar infraestructura que les permita vivir en condiciones más dignas. Entre otras problemáticas se observa la necesidad de dar alternativas para paliar las condiciones críticas del hábitat, como mejorar las condiciones de habitabilidad y la accesibilidad a diferentes recursos como los energéticos. Un tema recurrente por parte de las familias es la insuficiente aislación higrotérmica que en el caso de estudio se asocia a construcciones de madera, en su mayoría

7 Prividera, G., en Cad, Lipori, Muscio, Preda, Prividera, Villagra y Ramillo, 2011.

8 Proyecto de Desarrollo de Pequeños Productores Agropecuarios (PROINDER), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Argentina.

9 Obschatko, Foti y Román, 2007.

10 Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

12 Proyectos de extensión universitaria: ¿Vivir para producir o producir para vivir? Propuestas y acciones para la producción social del hábitat de agricultores familiares, de la región del Gran La Plata y Berazategui. Etapas I y II. 2011-2014. IIPAC-FAU-UNLP. Dir. María Victoria Barros.

**FIGURA 1. AMBIENTE RURAL DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN PARTIDOS DE LA PLATA Y BERAZATEGUI, BUENOS AIRES, ARGENTINA.**



Fuente: autoras.

simple, o de bloques; con cubiertas de chapa sin aislación alguna, manifestando (los agricultores) condiciones de intenso calor en verano e intenso frío en invierno. Las deficiencias en la envolvente no solo generan condiciones de incomodidad sino

además un gasto de recursos para calefaccionar en invierno, así como también problemas de salud, producto de la quema de biomasa en el interior de la vivienda.

**FIGURA 2. VIVIENDAS DE AGRICULTORES FAMILIARES DEL ÁREA DE ESTUDIO.**



Fuente: autoras.

En función de las necesidades del grupo social y en relación a los antecedentes observados, buscando dar respuestas para mejorar la calidad de su hábitat, se tiene por objetivo investigar materiales alternativos y sistemas constructivos para la aislación térmica de viviendas de sectores de escasos recursos económicos, reutilizando recursos y reduciendo costos o anulándolos. Se busca que las alternativas sean socialmente aceptadas por las familias, por lo cual se propone una metodología cuali-cuantitativa que realice un diagnóstico

integral. Por otro lado, este tipo de desarrollos son pensados para situaciones de utilización en viviendas a construirse, como así también aplicables al reciclado de la envolvente edilicia existente<sup>13</sup>.

Diversos investigadores reconocen la importancia de incorporar metodologías cuali-cuantitativas en los procesos de adecuación socio-técnica de tecnologías apropiadas. En Belmonte et al.<sup>14</sup> se realiza una metodología de evaluación social de la tecnología, donde se observa que los aspectos que

13 Proyecto de Investigación Plurianual PIP 067 *Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial*, orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas, financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, 2014-2016.

14 Belmonte, Escalante y Franco, 2012.

influyen y deberían ser considerados en relación con la presente investigación son la participación de la comunidad y de los técnicos, la logística, el seguimiento de los procesos y la estructura de la comunidad de trabajo. Paralelamente, investigadores de las ciencias sociales y la tecnología<sup>15-16</sup> realizan sistemáticos análisis de adecuación socio-técnica de artefactos con energías renovables, destacando la necesidad de cambiar la concepción del fracaso o éxito relativo en la adopción asociado generalmente a *problemas sociales*, cuando debería entenderse que los procesos son más complejos y las tecnologías y los grupos sociales son construidos mutuamente. Por otro lado<sup>17</sup> se observan diversas experiencias de desarrollo de tecnologías solares, involucrando procesos de interacción con la comunidad basados en la práctica sistemática sobre grupos sociales organizados, recurriendo a tecnologías apropiadas, sencillas, de fácil ejecución y desarrolladas en conjunto entre los técnicos y las comunidades.

## MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA ENVOLVENTE DE VIVIENDAS

El uso de las aislaciones térmicas alternativas utilizando materiales de descarte o de origen natural ha sido ampliamente estudiado. En Rosenfeld et.

al.<sup>18</sup> se observa que la búsqueda de opciones constructivas y materiales alternativos que posibiliten el reciclado energético por parte del usuario, con un costo económico bajo, es de importancia en el proceso socio-económico mejorando la calidad de vida mínima de los sectores de bajos recursos. Los autores realizan la elección de los materiales a partir de su capacidad para competir con aquellos que se encontraban en el mercado, debiendo poseer propiedades razonables similares y costos finales inferiores. Enfatizan la búsqueda de materiales de origen vegetal o de reúso, con costo cercano a cero y posibilidades de ejecución y *retrofitting* por auto-construcción. Obtuvieron como resultados valores de conductividad térmica muy bajos en materiales naturales y de descarte de la industria del calzado. Por ejemplo, el junco en torones (0,099 W/mK), el uso de maples de cartón en placas (0,14 W/mK), las fibras de polipropileno comúnmente llamado guata (0,075 W/mK), y el etilvinilacetato comúnmente llamado goma EVA descarte de suelas de zapatos, en forma maciza (0,064W/mK) y con cámaras de aire transversales o longitudinales (0,16W/mK).

Particularmente respecto a materiales de origen natural, se observa que hay desarrollos y mediciones del aislamiento térmico que producen las fibras naturales y la tierra. Los fardos de paja se utilizan

15 Garrido, Lalouf y Thomas, 2010.

16 Garrido, Lalouf y Thomas, 2011.

17 San Juan, Barros, Discoli y Viegas, 2011.

18 Rosenfeld, Discoli, San Juan, Czajkowski, Ferreyro y Rizzo, 1992, p. 153-159.

como aislantes<sup>19</sup> específicamente de trigo, escanda, arroz y centeno. El Instituto de Investigaciones de Protección del Calor de Múnich<sup>20</sup> estableció en 2003 que el valor de los fardos de paja con densidades entre 90 y 110 Kg/m<sup>3</sup> (según la norma DIN 52612 en seco con una temperatura ambiente de 10°C) es de 0,0379 W/mK. Con un aumento del 0,2 (20%) como factor de seguridad de la humedad, según la DIN 4108-4, da un valor de 0,045 W/mK. Por otra parte, el uso de las agrofibers se ve reflejado en el desarrollo del bloque Greensulate<sup>21</sup>, donde a las fibras naturales se añaden esporas de hongos ostra (micelio fungico), se pone en un molde y se deja en la oscuridad durante 5 a 10 días, tiempo durante el cual el micelio crece y une la mezcla de materias primas. Este bloque se seca a continuación para producir un tablero rígido aislante, libre de plástico y sin ninguna espuma. No se conocen valores de transmitancia o conductividad térmica.

Otros estudios internacionales verifican las propiedades físicas y mecánicas de distintos materiales de origen natural y de reciclado y refuerzan la ecológica disposición final de estos materiales. Chikhi et al.<sup>22</sup> verifican el uso de fibras de palma para incorporarse a mezclas de yeso y así obtener

una reducción de la conductividad térmica del material, lo que permite además su fácil disposición final a partir de compostaje o recuperación calorífica al final de su ciclo de vida. Obtuvieron valores de 0,234 y 0,177 W/m°K, con porcentajes de 1,2 a 10% de fibras en mezclas de yeso.

La utilización de fibras naturales para viviendas rudimentarias del área andina del Perú<sup>23</sup> se verifica en investigaciones que valoran y estudian la disponibilidad de un tipo de fibra natural, local y económica denominada "Ichu", mostrando resultados de la conductividad térmica que varían desde 0,047 hasta 0,113 W/mK, para las esteras con fibras orientadas unidireccionales, siendo que el Ichu tiene los valores más bajos. Y se destaca que no habían sido previamente medidas en otros estudios.

En el uso de la tierra como aislante, se observa que como material de construcción natural tiene mejores cualidades que los materiales industriales como el hormigón, los ladrillos y los silicocalcáreos<sup>24</sup>. En cuanto a la conductividad térmica, en el Laboratorio de Construcciones Experimentales de la Universidad de Kassel, Alemania, un barro alivianado con paja, con una densidad de 750 Kg/m<sup>3</sup> tiene un valor de conductividad de 0,20 W/mK,

19 Como paja se considera el tallo seco de los cereales o de plantas fibrosas.

20 Minke y Mahlke, 2006.

21 Grow your own (...), 2011.

22 Chikhi, Agoudjil, Boudenne y Gherabli, 2013.

23 Charca, Noel, Andía, Flores, Guzmán, Renteros y Tumialan, 2015.

24 Minke, 2013 y 2014.

mientras que un barro alivianado con arcilla expandida, con una densidad de 740 Kg/m<sup>3</sup>, tiene 0,18 W/mK. El uso de la tierra en las construcciones puede realizarse en forma de bahareque (barro lanzado), adobe (ladrillo o bloque) y bloques de tierra comprimida. Otras investigaciones analizaron la producción de materiales aislantes en base a arcillas, cenizas volantes, ceniza de cáscara de arroz<sup>25</sup>, entre otros, obteniendo valores de conductividad térmica de entre 0,537 y 0,256 W/m°K.

Por otra parte, el Centro de Estudios para la Vivienda Económica<sup>26</sup> busca alternativas para reducir la cantidad de residuos que se entierran y/o acumulan o queman en basurales a cielo abierto, a partir de generar un elemento constructivo. Con envases descartables de bebidas producen PET (tereftalato de polietileno) y con embalajes de alimentos reciclados, PE (polietileno), BOPP (polipropileno bioorientado) y PVC (policloruro de vinilo). Desarrollan bloques y ladrillos de cemento y plástico con muy buena aislación térmica (0,15 W/m°K). Otras experiencias reutilizan botellas de PET tapadas y sin relleno para aislamiento en viviendas rurales bioeficientes en la provincia de Entre Ríos Argentina<sup>27</sup>. Mientras que la organización Pura Vida de Guatemala<sup>28</sup> diseña el ecoladrillo para reutilizar

residuos plásticos. Para ello se utilizan botellas recicladas de PET y se llenan con residuos secos compactados. No se tienen valores de aislamiento térmico de estos materiales.

En relación a estos materiales, se observa que ciertos estudios combinan el uso de los materiales naturales, por ejemplo derivados de residuos de lana, con el reciclado de fibras de poliéster<sup>29</sup>. Los residuos de lana son buen aislante pero su disposición es limitada, por lo cual se mezclan con fibras de reciclado de poliéster (derivadas de los residuos post-consumo de botellas de plástico que son fuente potencial de materia prima para la reducción de la contaminación del medio ambiente) en iguales proporciones y se obtienen los mejores valores de conductividad térmica de 0,032 W/m°K, demostrando los autores que las materias primas recicladas combinadas son alternativas adecuadas a los materiales convencionales.

El uso de residuos del papel como aislamiento también es una alternativa posible. Se observan desarrollos<sup>30</sup> que muestran que la guata de celulosa<sup>31</sup> tiene un gran desfasaje térmico (8 a 12 h) y un buen aislamiento con una conductividad térmica en el rango de 0,037 W/mK a 0,041 W/mK. Esta misma guata en paneles semirrígidos combinada

25 Balo, 2015.

26 Berretta, Gatani, Gaggino, y Arguello, 2008.

27 Jiménez, 2010.

28 El eco ladrillo (...), s.f.

29 Patnaik, Mvubu, Muniyasamy, Botha y Anandjiwala, 2015.

30 Rodríguez Gálvez, s.f.

31 92% de papel de periódico reciclado preseleccionado, sales bóricas de origen natural y otros aditivos.

con cáñamo y resina de poliéster, mejora su aislamiento alcanzando valores de 0,040 W/mK. Otras posibilidades son el proyectado y el insuflado (relleno de cámaras de aire) de celulosa. Por último el uso de placas de celulosa en seco, que está prensada y tiene las mismas propiedades térmicas que el insuflado de la celulosa, posee una conductividad de 0,039 W/mK.

Otras posibilidades del uso de materiales naturales y de descarte<sup>32</sup> obtuvieron valores de conductividad entre 0,065 W/m°K para cartón y de 0,13 W/m°K para piedra pómez. El aserrín, el papel picado, y la paja de cereal presentan conductividades similares, alrededor de 0,09 W/m°K.

Paralelamente a toda esta bibliografía que demuestra los beneficios de los materiales naturales y de descarte, se observa por ejemplo en Pargana et al.<sup>33</sup> que el uso de materiales aislantes convencionales presenta la necesidad de la evaluación de los impactos ambientales en la producción de los mismos (poliestireno, poliuretano, ampliado aglomerado de corcho expandido extruido y expandido arcilla áridos ligeros) a partir de la evaluación del ciclo de vida.

Como se puede observar, la vigencia e importancia de la evaluación térmica y física de distintos materiales de aislamiento térmico refuerzan la

necesidad de continuar con su estudio. A partir de esta búsqueda surge la posibilidad de ampliar la información sobre ciertos materiales e incorporar nuevas alternativas surgidas de las necesidades y posibilidades del grupo social mencionado inicialmente. Para ello es necesario desarrollar un equipo de medición de conductividad y transmitancia térmica.

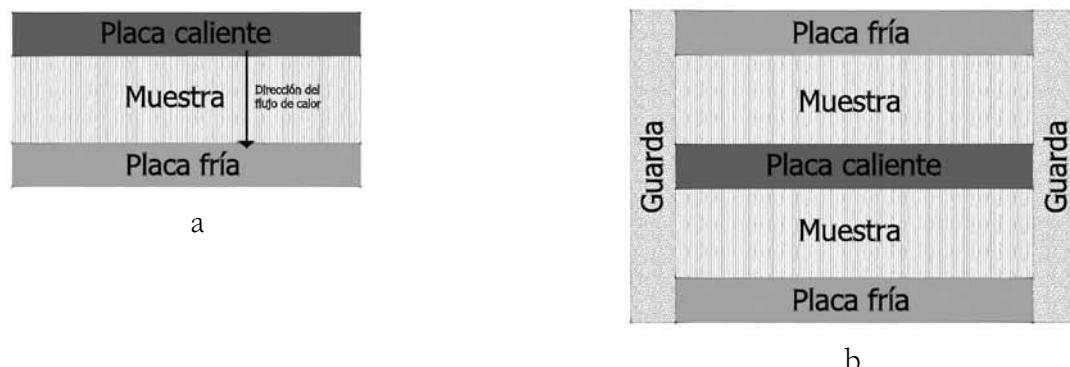
## SISTEMAS DE MEDICIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Existen diversos sistemas desarrollados para alcanzar este objetivo. Algunos de ellos son de carácter comercial, otros están instalados en organismos públicos capaces de certificar sus mediciones y otros son de carácter experimental desarrollados en ámbitos universitarios y/o por grupos de investigación y/o transferencia de tecnologías. Básicamente responden a dos métodos de medición en estado estacionario. Uno, denominado *Heat Flow Meter* (HFM, medidor de flujo de calor), consiste en ubicar el elemento a probar entre una fuente caliente y una fuente fría y medir el flujo de calor que pasa a través de él. En el otro denominado *Guarded Hot Plate* (GHP, placa de guarda caliente), la probeta se coloca en el medio de dos placas frías y estas tres juntas entre dos placas calientes, todas aisladas perimetralmente (figura 3).

32 Gutiérrez y González, 2012.

33 Pargana, Pinheiro, Silvestre y de Brito, 2014.

**FIGURA 3. ESQUEMA DE SÍNTESIS DE LOS MÉTODOS INVOLUCRADOS EN LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DE MATERIALES: (A) *HEAT FLOW METER* (HMF, MEDIDOR DE FLUJO DE CALOR) Y (B) *GUARDED HOT PLATE* (GHP, PLACA DE GUARDA CALIENTE).**



Fuente: elaboración propia.

El área Construcciones, del Instituto Nacional de Tecnologías Industriales (INTI) de Argentina, tiene dos equipos para realizar las evaluaciones de transmitancia térmica, que funcionan mediante los dos métodos mencionados. El GHP lo utiliza para los valores absolutos de conductividad térmica, y el HFM para mediciones comparativas. El uso del GHP se especifica en las normas ASTM C177<sup>34</sup> o ISO 8302. El uso del HFM se especifica en las normas del sector ASTM C518 e ISO 8301. Ambos tienen el beneficio de permitir a los desarrolladores de sistemas constructivos del país, tanto empresas como privados, obtener una medición

certificada de sus productos para asegurar sus características térmicas. Las mediciones del mismo deben ser remuneradas al INTI Construcciones, o ser parte de algún convenio celebrado entre las partes cuando se trate de un organismo oficial como solicitante.

Como sistemas comerciales a nivel internacional se encuentra el HMF 300/1 LINSEIS (Heat flow meter instrument, Thermal Conductivity Analyzer). Realiza pruebas automatizadas a una temperatura prefijada en el rango de 0-60°C (temperatura operativa), sin intervención del operador para muestras estándar de 305 mm x 305 mm y espesor

34 American Society for Testing and Materials, 1993.

hasta de 100 mm. El inconveniente que presenta es su elevado costo.

En ámbitos universitarios y de investigación del tipo experimentales en Argentina, se han relevado tres sistemas con diferentes configuraciones y prestancias.

El primer equipo mencionado (desarrollado por el Departamento de Materias Básicas y el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela, Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe)<sup>35</sup> es de reducido volumen, con una superficie de medición de 300 mm x 300 mm y un espesor de 20 a 30 mm de probeta; es de fácil autoconstrucción y permitirá realizar ensayos comparativos con otros laboratorios, pero no permitiría la medición de sistemas constructivos multicapa ya que tiene un reducido espesor de probeta. El segundo equipo desarrollado es de geometría cilíndrica para la medición de aislación térmica de materiales a granel (desarrollado por el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente-INIBIOMA-CONICET y UNCOMA<sup>36</sup>, Bariloche); es de construcción sencilla y bajos recursos pero presenta la imposibilidad de ensayar sistemas constructivos que respondan a muros o cubiertas de edificios. El tercer sistema es el utilizado para la presente investigación (desarrollado por el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente

Construido<sup>37</sup> de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata-II-PAC-FAU-UNLP), dando respuesta a la necesidad de no solo ensayar materiales sino también sistemas constructivos de la envolvente edilicia. Y a la vez que permita ser trasladado para realizar mediciones *in situ* de envolventes en el caso de realizar reciclado o *retrofitting* de envolventes.

## Metodología

Se plantean acciones de dos tipos, en laboratorio y en campo, con el objeto de diseñar tecnología posible de aplicar y replicar. Se utilizó como estrategia metodológica trabajar con un intercambio y retroalimentación entre las dos grandes áreas del conocimiento: la de las ciencias sociales y la de las ciencias exactas. Esto significa que se trabajará tanto con métodos cualitativos como cuantitativos. Esta ida y vuelta brinda como resultado la obtención de mayores certezas en el producto final y mayor aceptación social de la tecnología, debido a que se produce una construcción colectiva y participativa (entre el ámbito académico y la comunidad). Por otro lado, la investigación se sustenta en la experiencia propia del grupo y el aporte de otros grupos (pre-comprensión del modelo). La investigación se

35 Domínguez Vega C. M., 2010.

36 Gutiérrez y González, 2012.

37 Rosenfeld, Discoli, San Juan, Czajkowski, Ferreyro y Rizzo, 1992.

encolumna en desarrollos dentro del ámbito teórico (teorético) y conocimiento empírico<sup>38</sup>.

En primera instancia, en función de la búsqueda bibliográfica sobre materiales alternativos a los tradicionales que pueden utilizarse como aislaciones térmicas, se realiza una observación de las posibilidades de incorporar materiales que se detectaron como posibles a utilizar a partir de la interacción con las familias. Para la sistematización de la información, se desarrolla un sistema de registro que consta de fichas por material y tablas de resumen comparativas. En función de sus características se las clasificó en cuatro grandes categorías: plástico, fibras naturales, papel y tierra. Dentro de cada ficha se detallan en algunos casos sus características térmicas, constructivas, etc.

Como segunda etapa se desarrollaron las pruebas de laboratorio sobre los materiales seleccionados, construyendo tanto las probetas a estudiar, diseñando previamente el sistema constructivo de sostén, como el sistema de medición de transmisión de temperatura empleado para tal fin.

En una siguiente etapa se realiza un análisis de factibilidad de los materiales y sistemas, sintetizado a partir de tablas diseñadas *ad-hoc*. Las variables que definirán la factibilidad son: requerimiento del material, costo, proceso constructivo; y transmisión térmica o conductividad del mismo. Estas

variables consideran al material en su fase de uso como elemento aislante. A futuro se considerará pertinente incorporar el análisis del ciclo de vida y CO<sub>2</sub>, con el objetivo de realizar un análisis de factibilidad integral de los materiales, considerando las fases de obtención del material, fabricación de los mismos y disposición final, ajustándonos a la bibliografía internacional sobre el tema.

En las instancias iniciales y finales se realizan entrevistas y consultas para verificar la posibilidad de réplica y la aceptación social de los materiales. Una vez obtenidos los resultados de las muestras, se exponen ante los agricultores familiares y el público en general para obtener datos de la interacción con ellos.

## EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA

El equipo de medición utilizado está basado en el método de medición HFM, disponiendo la muestra entre una placa fría y una caliente y midiendo el flujo de calor que pasa a través de ella<sup>39</sup>. Consiste en una unidad enfriadora en un extremo, anillos aislantes que sostienen la probeta en el medio y una tapa con una fuente caliente en el otro extremo. En medio de estos elementos se ubican las termocuplas tipo T (cobre-constantan) que registran las mediciones de temperatura para luego poder

38 Samaja, 1993.

39 Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1997.

efectuar el cálculo correspondiente para obtener el coeficiente de transmitancia térmica (K) del material probado y finalmente a partir del espesor obtener la conductividad térmica. La dimensión adoptada para las probetas surge de la máxima posible en relación a la unidad enfriadora, siendo de 400mm de ancho por 410mm de alto, admitiendo un espesor variable.

Como fuente caliente se utilizó una resistencia eléctrica para generar calor, colocando una almohadilla térmica *Large AL81 SILFAB* dentro de la tapa de cierre del sistema. Sobre ésta se ubicó una plancha de cobre, siendo un material altamente conductor de temperatura, generando una distribución pareja del calor producido por la resistencia en la almohadilla. Como fuente fría se empleó una heladera sin freezer *MABE HMA 122 FC B*, la cual se desmontó de la puerta principal y del congelador, para poder ubicar los anillos aislantes. El primer anillo se ubica en el interior de la unidad y los demás por fuera, en contacto con el primero (figura 4).

La medición se realiza por medio de termocuplas localizadas, dos en la superficie de la probeta: una en la cara fría y una en la cara caliente; dos en el aire en contacto con la probeta: una del lado frío y una del lado caliente; y una resistencia eléctrica midiendo el flujo de calor ubicada sobre el baricentro de la probeta, del lado caliente. Las termocuplas están conectadas a micro adquisidores de datos

que registran las mediciones, HOBO UX100-014M de un canal. La resistencia eléctrica fue conectada 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.

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.

Para el cálculo de la transmitancia térmica se utiliza la siguiente fórmula:

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

Donde:

*Q: calor intercambiado (W/m<sup>2</sup>) medido con el sensor de flujo térmico;*

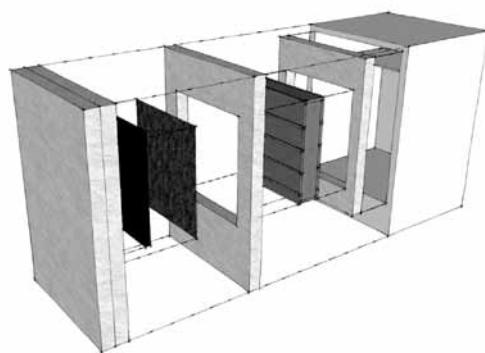
*K: transmitancia térmica del elemento (W/m<sup>2</sup>°K);*

*ΔT: diferencia de temperatura entre ambas caras de la probeta (°K) utilizando las mediciones de temperatura registradas en los adquisidores de datos. Se toma la temperatura superficial.*

Y la conductividad se obtiene de:

$$\lambda = K \times e$$

FIGURA 4. SÍNTESIS CONCEPTUAL E IMÁGENES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN EMPLEADO.



Fuente: autoras.

Donde:

K: transmitancia térmica del elemento ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ );

$\lambda$  o  $k$ : conductividad térmica en  $\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$ ;

e: espesor de la probeta (m).

En principio se realiza la medición de un vidrio para calibrar el equipamiento, ya que es un material con un K conocido ( $5,8 \text{ W}/\text{m}^\circ\text{C}$ ). Una vez calibrado, se procede a probar las muestras.

## Resultados y discusión

### SELECCIÓN Y SISTEMA DE REGISTRO DE MATERIALES

En la tabla 1 se muestra la clasificación de los distintos materiales surgidos a partir de la búsqueda bibliográfica y los posibles de incorporar surgidos de la interacción con las familias.

La misma tabla muestra una gran cantidad de materiales que ya han sido desarrollados y probados por otros grupos. Surgen entonces algunas observaciones e incorporaciones.

Comparados con materiales aislantes industriales como el poliestireno expandido ( $k= 0,032$  a  $0,037$  W/mK) o la lana de vidrio ( $0,033$  a  $0,045$  W/mK), que tienen una conductividad baja, los materiales naturales o reutilizados presentan buenas condiciones como aislantes alternativos, presentando valores entre  $0,15$  y  $0,037$  W/mK, dando la posibilidad de utilizarlos a muy bajo costo o costo cero.

En el grupo plásticos, se observa que el plástico en fardos no ha sido probado aún en cuanto a su capacidad térmica. Se propone realizar mediciones de paneles llenos con botellas de aire cerradas. Por otro lado, la posibilidad de reutilizar un desecho como es el poliestireno expandido, descartado de los envoltorios de los electrodomésticos, hizo que se proponga como opción el triturado del mismo e incorporarlo en las cámaras de aire de los cerramientos. Asimismo, los agricultores familiares venían manifestando la necesidad de reutilizar el plástico de polietileno que descartan de los invernáculos de verduras y frutas, con lo cual se decidió incorporarlo y medirlo en forma de bollos dentro del sistema constructivo propuesto (ver sección de entrevistas y consultas más adelante).

En el grupo fibras naturales observamos que existía la posibilidad de reutilizar el descarte de las

cosechas agrícolas de la región, como el maíz y el trigo. El resto de los materiales observados en la bibliografía ya poseía mediciones de capacidad térmica.

Con respecto a los derivados del papel (o celulosa), observamos que a pesar de existir mediciones de este elemento a granel, se hacía necesario analizarlo en forma de capas de cartón paralelas conformando un panel. El resto de los materiales ya poseía sus mediciones.

Finalmente se consideró que el grupo de tierra ya se encuentra bastante estudiado. Además, los AF manifiestan que este material no es ampliamente utilizado actualmente en nuestra región, probablemente por resistencias o prejuicios vinculados a aspectos socio-culturales (ver sección de entrevistas y consultas más adelante).

## MEDICIÓN DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Las probetas se construyeron con doble capa de machimbre de  $\frac{1}{2}$ , simulando el tipo de construcción característica de las viviendas de los agricultores familiares (ver características y valores de la probeta vacía en la figura 5). Dentro de las mismas se dispusieron los materiales seleccionados para las pruebas de a uno por vez, durante un período mínimo de 24 h para lograr estabilizar las temperaturas entre la fuente fría y caliente en el sistema.

**TABLA 1. SÍNTESIS DE MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS NATURALES O DE REUTILIZACIÓN EXISTENTES Y PROPUESTOS. POSIBLES MATERIALES A MEDIR.**

MATERIALES				Conductividad térmica (k)
<b>PLÁSTICOS</b>	Ladrillos y bloques de cemento plástico		PL1	k=0,15 W/mK
	Fardos	Aire	PL2_A	No probado-a probar
		Con papel	PL2_B	No probado
	Poliestireno expandido triturado		PL3	Propuesto-a probar
	Polietileno en bollos		PL4	Propuesto-a probar
	Goma EVA maciza			k=0,064 W/mK
<b>FIBRAS NATURALES</b>	Goma EVA con aire transversal			k=0,16 W/mK
	Guata de polipropileno			k=0,075 W/mK
	Paja	Fardos	FN1_A	k=0,037-0,045 W/mK
		Agrofibra	FN1_B	k=0,09 W/mK-reformular y probar
	Juncos en torones			k=0,09 W/mK
	Guata de celulosa			k=0,037-0,041 W/mK
<b>PAPEL</b>	Placa de celulosa			k=0,039 W/mK
	Celulosa proyectada		P1	Probado
	Compactado (bollos)		P2	No probado-a probar
	Cartón en rollo		P3	k=0,065 W/mK
	Capas de cartón			No probado-a probar
<b>TIERRA</b>	Maples de cartón apilados			k=0,14 W/mK
	Bahareque		T1	
	Adobe		T2	
	Bloque de tierra comprimida		T3	k=0,2-0,18 W/mK
	Tapial		T4	
	Piedra pómex			k=0,13 W/mK

Fuente: elaboración propia.

**FIGURA 5. PROBETA VACÍA. MACHIMBRE DE 15MM EN AMBAS CARAS. CÁMARA DE AIRE EN EL INTERIOR.  $K=2,4 \text{ W/M}^2\text{K}$ ;  $K=0,24 \text{ W/MK}$ .**



Fuente: elaboración propia.

La diferencia de temperatura entre la cara fría y la caliente fue entre 35 y 45°C.

Se seleccionaron los materiales de mayor aplicabilidad para el caso de los agricultores familiares, teniendo en cuenta que sean reciclados, fáciles de conseguir y de utilizar. Por este motivo se eligieron 5 materiales: botellas de plástico, poliestireno expandido, polietileno en bollos, paja de trigo y cartón.

Como se puede observar en la tabla 2, los valores resultantes han sido satisfactorios. Los materiales agrupados en plásticos y fibras naturales han dado resultados en similar orden de valores. Se destaca

el buen resultado que arroja el cartón corrugado reciclado dispuesto en capas.

Se puede concluir que los materiales que mejores valores arrojan son el cartón corrugado y el polietileno en bollos. Es importante destacar que éste último representa un residuo importante y de difícil descarte para los AF.

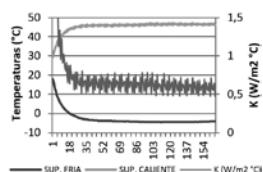
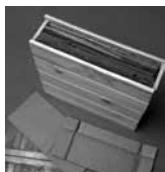
## Análisis de factibilidad

La tabla 3 muestra el análisis de los parámetros que se definieron en esta investigación para determinar la factibilidad del sistema o material lo que podría permitir ser replicado en el caso de estudio.

En la primera columna de detalla el *requerimiento del material*. Para describirlo se estima medir el volumen necesario ( $\text{m}^3$ ) del material para aislar una determinada superficie de envolvente de vivienda ( $\text{m}^2$ ). Se exceptúa la probeta de botellas plásticas ya que se consideran las unidades utilizadas. La superficie a aislar se calculó en base a una vivienda promedio del caso de estudio de  $60 \text{ m}^2$  de superficie construida. Se consideraron entonces  $72 \text{ m}^2$  de envolvente vertical.

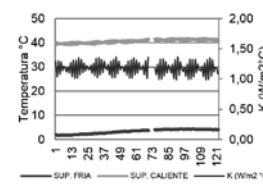
En la segunda columna se desglosa el *costo del material*. Que mide los pesos (\$) por metro cuadrado de superficie a cubrir. De acuerdo a parámetros

**TABLA 2. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE TRANSMITANCIA Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS MATERIALES.**



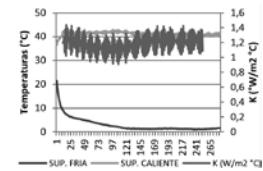
Probeta de cartón reciclado. Se dispusieron verticalmente las planchas, ocupando la mayor cantidad de intersticios posible. La dirección de las celdas de aire fue paralela.

$$K=0,62 \text{ W/m}^2\text{K} \quad k=0,062 \text{ W/m K}$$



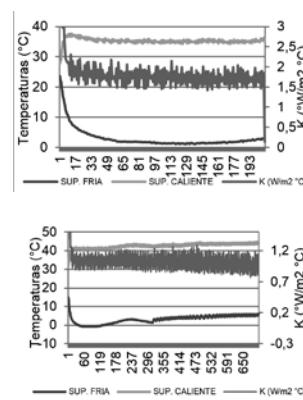
Probeta de telgopor reciclado. Se cortaron en pequeños trozos las planchas de telgopor de embalajes de electrodomésticos y se colocaron en el interior de la probeta sin mayor compactación.

$$K=1,26 \text{ W/m}^2\text{K} \quad k=0,12 \text{ W/mK}$$



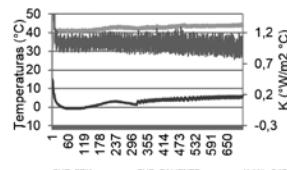
Probeta de paja de trigo. Se realizó el secado del material en un secadero eléctrico, para eliminar restos de humedad y luego se colocó en el interior de la probeta sin compactación.

$$K=1,25 \text{ W/m}^2\text{K} \quad k=0,125 \text{ W/mK}$$



Probeta de botellas plásticas recicladas. Se dispusieron en el interior de la probeta. Vacías y tapadas. Se colocaron de manera que entren la mayor cantidad posible. Se utilizaron 11 unidades.

$$K=1,65 \text{ W/m}^2\text{K} \quad k=0,165 \text{ W/mK}$$



Probeta de polietileno reciclado. Se ubicaron a modo de bollos en el interior de la misma, sin mayor compactación que la disposición a mano.

$$K=1,03 \text{ W/m}^2\text{K} \quad k=0,103 \text{ W/mK}$$

Elaboración: propia.

validados de la experiencia en el caso de estudio<sup>40</sup> se clasifica en: económico de \$0 - \$100/m<sup>2</sup>; accesible de \$101 - \$200/m<sup>2</sup>; costoso de más de \$201/m<sup>2</sup>.

En la tercera columna describe el *proceso constructivo*. Tomando como parámetros la cantidad de mano de obra y las herramientas necesarias para construir el sistema. Se clasifica en sencillo: hasta dos personas/herramientas hogareñas sencillas; medio: hasta 4 personas/herramientas manuales especiales; y difícil: más de 5 personas/maquinaria industrial.

En la cuarta columna se especifica la *capacidad de aislación térmica*, definiendo la transmitancia térmica (K) de las probetas en los ensayos con probetas en la Caja Caliente.

(\*) Se consideraron botellas de entre 500 y 600 ml. Son elementos reciclados, por lo que su costo es nulo, a lo que podría sumarse el transporte en caso de ser necesario.

(\*\*) Se considera para el cómputo un 20% de aire entre las piezas. A su vez, 5,20 m<sup>3</sup> de polietileno expandido equivalen en dimensiones comerciales a aproximadamente 260 planchas de 1m x 1m x 0.2m. En este caso, al tratarse también de un material reciclado, el costo considera 0.

(\*\*\*) Se consideró un 50% de aire por el modo simple de compactación, sin utilizar herramientas. A su vez, 3,25 m<sup>3</sup> de polietileno equivalen a 3600 m<sup>2</sup> del material en rollos. Se considera de costo nulo, ya que se reutilizaría el descarte de los invernáculos de los productores al cambiarlo. Se renuevan aproximadamente cada 3 años, generando un gran volumen de descarte.

(\*\*\*\*) Las fibras de paja de trigo secas son muy livianas y la forma de emplearlas dentro de la probeta para su medición fue sin compactación, por lo que se considera que un 80% de la probeta es aire.

40 Se toma como parámetro, el costo por m<sup>2</sup> de las intervenciones realizadas en el Proyecto de Extensión Universitaria “¿Vivir para producir o producir para vivir? Propuestas y acciones para la producción social del hábitat de agricultores familiares, de la región del Gran La Plata y Berazategui.”, teniendo en cuenta casos en que los AF pudieron acceder a la mejora con una inversión propia, o con la ayuda de un subsidio. Se consideró que una inversión de hasta 100\$ por m<sup>2</sup> es accesible por parte de los productores, de acuerdo a la experiencia previa de realización de mejoras.

**TABLA 3. CUADRO DE ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

Probeta	Requerimiento	Costo (\$/m <sup>2</sup> )	Proceso constructivo		Cap. A° Térmica (K W/m <sup>2</sup> K)
			(Personas)	(Herramientas)	
Botellas de plástico vacías (*)	5.500 unidades	Económico	Sencillo	Sencillo	1,65
Poliestireno expandido reciclado (**)	5,20 m <sup>3</sup>	Económico	Sencillo	Sencillo	1,26
Bollos de polietileno reutilizado (***)	3,25 m <sup>3</sup>	Económico	Sencillo	Sencillo	1,03
Paja de trigo seca (****)	1,63 m <sup>3</sup>	Económico	Sencillo	Sencillo	1,25
Cartón reciclado (*****)	6,20 m <sup>3</sup>	Económico	Sencillo	Sencillo	0,62

Fuente elaboración propia.

(\*\*\*\*\*) Por la disposición de las planchas de cartón dentro de la probeta, se toma como referencia solo un 5% de aire. En tanto, 6,20 m<sup>3</sup> equivalen a aproximadamente 1321 planchas de 1,2m x 1m.

Es importante el análisis de los sistemas constructivos y materiales a partir de estos parámetros, con lo cual hacer un análisis más integral de su factibilidad de uso.

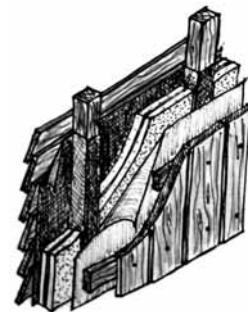
Lo que se puede observar es que todos los materiales poseen similares características en cuanto a requerimiento, costo y proceso constructivo. Por ende, se puede determinar ante una mejor aislación térmica, cuál sistema es más factible de utilizar de acuerdo a los resultados del análisis del ítem

anterior. Una conclusión parcial apuntaría a que el cartón corrugado es el mejor material, seguido por el polietileno en bollos. Pero la instancia de validación con el grupo social puede modificar estas conclusiones.

## ENTREVISTAS Y CONSULTAS

A partir de una experiencia práctica, en la cual se realizó la aislación higrotérmica de una vivienda de madera con grandes déficits en cuanto a su habitabilidad y confort, surgió la necesidad de buscar materiales alternativos para realizar este tipo de aislaciones de manera más económica y auto-gestionada (intentando reemplazar las aislaciones comerciales tradicionales). Esta demanda se orientó además a la búsqueda de soluciones desmontables

**FIGURA 6. TRABAJO REALIZADO EN LA CASA DE UNA FAMILIA DE PRODUCTORES, BÚSQUEDA DE OPCIONES AISLANTES.**



Fuente: autoras.

posibles de trasladarse (sin perder la inversión) ante el carácter de las familias de arrendatarios de las tierras (figura 6).

La búsqueda de alternativas tuvo componentes técnicos (funcionamiento, respuesta, construcción) y sociales. La experiencia de este trabajo ha demostrado que los últimos son los que determinarán el grado de aceptación de la tecnología, teniendo en cuenta que se exploraron alternativas no tradicionales. Por este motivo se buscó mantener un intercambio directo con las familias, para poder recabar información sobre sus opiniones y percepciones respecto a los avances de la investigación. Asimismo se buscó tener opiniones complementarias de otros actores vinculados al sector, tales como referentes técnicos e investigadores con trabajo de campo en la agricultura familiar.

Las actividades de interacción con la comunidad se desarrollaron a partir de visitas, entrevistas y encuentros específicos con algunas familias. Se realizaron talleres de intercambio con dos grupos de agricultores familiares, en los cuales se conversaron aspectos vinculados al hábitat y acciones de mejora progresiva. En la instancia inicial de este proceso se buscaron ideas sobre materiales disponibles o accesibles, para proceder luego a su análisis como posible material de aislación. Junto a los agricultores fue difícil poder identificar materiales o elementos que estén disponibles en la quinta, ya que la propia dinámica familiar lleva a que todo se reutilice (principalmente los residuos de la producción, además de ser del tipo orgánico). El único material que surgió como idea posible fue el polietileno que recubre los invernáculos (el cual requiere un recambio cada 2 a 5

años), generando un residuo de importante volumen que habitualmente es quemado a cielo abierto.

Asimismo, durante el proceso de intercambio se indagaron las opiniones que tuvieron en cuanto al conocimiento sobre los materiales alternativos en los que se estaba investigando. Algunos agricultores afirmaron tener conocimiento sobre experiencias de tecnologías con materiales alternativos, como por ejemplo botellas de gaseosa utilizadas como lumiductos o los ladrillos realizados con PET. Al respecto se mostraron interesados, inicialmente por lo novedoso de las tecnologías, pero principalmente por considerar importante la reutilización de productos de descarte y por convertirse en una tecnología económica. Acerca de las

tecnologías en tierra aseguraron conocerlas y existen en la comunidad algunos casos de viviendas construidas bajo esta técnica. Lo que se observó es que estas construcciones fueron realizadas hace décadas y por productores provenientes del norte argentino, y si bien consideran que es una buena técnica y con óptima respuesta de funcionamiento, existe cierta connotación negativa por parte de las familias, considerándolo “antiguo o precario”. Las opiniones respecto a los materiales alternativos aún reflejan que hay influencias surgidas de aspectos socio-culturales que no podemos explicar o abordar en esta investigación.

Otra de las premisas que guiaron este trabajo fue la contraposición entre los materiales llamados “de

**FIGURA 7. TALLER DE REFLEXIÓN, RECONOCIMIENTO DE PROBLEMÁTICAS Y BÚSQUEDA DE SOLUCIONES.**



Fuente: autoras.

construcción húmeda o pesada” –barro o ladrillo– y los de “construcción en seco o livianas”. Experiencias previas con este mismo grupo social, en casos de ampliaciones de viviendas donde optaron por materiales livianos desmontables, han puesto de manifiesto la importancia de orientar la investigación hacia este tipo de tecnologías. No obstante, aún falta mucho trabajo de difusión y capacitación, ya que esta elección se circunscribe a una decisión condicionada por la inestabilidad de ocupación de tierras y no por ser conscientes de su calidad térmica (igual o superior al sistema “húmedo”, principal sistema constructivo en nuestro país). En este sentido se han expuesto ante las familias comparaciones entre los diferentes sistemas constructivos (húmedos y secos)<sup>41</sup> para visualizar la mejor respuesta térmica y económica de los sistemas secos.

Las opiniones complementarias de actores vinculados al sector (técnicos de terreno y público en general) se obtuvieron a partir de encuestas realizadas en un encuentro de productores agrícolas de la Región del Gran La Plata a inicio de 2015, cuando se presentaron los resultados del trabajo. La recolección de esta información se hizo a través de un cuestionario sencillo donde se consideraron la aplicabilidad, facilidad constructiva y el costo de los mismos. La mayoría de los entrevistados consideraron interesantes las pruebas efectuadas, sugiriendo incluso aplicaciones a viviendas

alternativas, mostrando que para el público en general es factible de réplica en otros ámbitos. No obstante esta percepción positiva sobre la exploración de nuevos materiales, se consideraba principalmente para ser utilizado por los sectores de menores ingresos. Esto sigue demostrando que será necesario llegar a un sistema constructivo final que no exprese la distinción para un sector social diferenciado del resto, buscando evitar la estigmatización de la tecnología.

Como percepción negativa por parte de los AF pudo observarse una general preocupación por la intromisión de insectos y roedores en el sistema, sobre todo en los casos de las fibras naturales y los derivados del papel. Sin embargo, algunos técnicos vinculados al ámbito rural mencionaron la inevitable presencia de los mismos, más allá del sistema constructivo que se utilice, y la necesaria concientización y prevención respecto a este tema, así como también la importancia de realizar la construcción con un alto grado de hermeticidad. Cabe aclarar que esta problemática podrá existir si se utilizan tanto los sistemas livianos tradicionales, como los alternativos; en este sentido el tema excede a esta investigación, pero deberá ser tenido en cuenta a futuro al momento de diseñar un sistema constructivo.

Una vez finalizada la etapa de medición, nuevamente se realizaron visitas a los agricultores con

41 Freire, 1973.

quienes se habían intercambiado percepciones y posibles materiales a emplear al inicio del trabajo, exponiendo los resultados de las pruebas. Notoriamente, las primeras observaciones coincidieron con las de las encuestas, considerando el ingreso de roedores como un factor negativo. A pesar de esto se mostraron optimistas ante los resultados y se pensaron posibles soluciones al inconveniente, como mayor compactación en la opción del polietileno. O el embolsado de los materiales previo a su colocación en el panel de madera.

Al opinar sobre los materiales alternativos, en términos genéricos existe un interés positivo, pero al considerar su real utilización aparecen opiniones negativas (por ejemplo, problemas por los roedores, que no surgen al opinar sobre materiales livianos tradicionales como poliestireno expandido o lana de vidrio). En este sentido, se percibe aún cierta resistencia o prejuicios que seguramente están asociados a aspectos del tipo socio-cultural.

## Conclusiones

A nivel general se observa una amplia gama de opciones de materiales y tecnologías constructivas alternativas, las cuales vienen siendo utilizadas en diferentes experiencias, con resultados satisfactorios. Varias de estas opciones han sido probadas en laboratorios resultando favorables, pero hemos

observado que algunas de ellas no son fácilmente aplicables en el caso de estudio. Fue necesario reformularlas para nuestra condición. Asimismo, se observó que existen numerosas experiencias probadas empíricamente pero no evaluadas con exactitud en laboratorio, por lo que la medición de la transmitancia térmica en la *caja caliente* fue un aporte significativo a las experiencias en desarrollo de otros grupos.

## ASPECTOS CUANTITATIVOS

De los materiales estudiados se consideran en primera instancia como posibles de implementación los del grupo *Papel*, tanto los de celulosa adecuando las técnicas al medio local, como los elaborados en su totalidad por esta investigación; y los del grupo *Plásticos*, tanto las tecnologías desarrolladas y no probadas en laboratorio, por ejemplo los fardos de botellas de PET, como las innovaciones formuladas, por ejemplo el poliestireno expandido y polietileno reciclado.

Las tecnologías incluidas en el grupo *Tierra* se consideran datos probados que no requieren medición, aunque se propone una verificación a futuro. En tanto que las *Fibras naturales*, principalmente *agrofibers*, se consideraron tecnologías que requirieron de una tarea de adaptación que fue realizada para ser posible de apropiación por los agricultores familiares.

Luego de realizadas las mediciones sobre los materiales seleccionados, se observa que las 5 muestras elegidas (botellas plásticas, poliestireno expandido reciclado, cartón corrugado, paja de trigo y polietileno reciclado) comprenden una alternativa factible de réplica por los agricultores familiares, pues los parámetros analizados en el estudio de factibilidad determinan que son de implementación sencilla, de muy bajo costo y con una óptima respuesta en cuanto a la aislación térmica.

Si bien son materiales reciclados de costo cero, el volumen requerido para la implementación en la vivienda podría ser un inconveniente debido a que la cantidad requerida provoca la necesidad de una logística de transporte. De todos modos, los agricultores familiares están organizados en grupos o cooperativas, por lo que el trabajo conjunto en comunidad podría soslayar este inconveniente, así como también existen actualmente, en la ciudad de La Plata, numerosos grupos organizados en cooperativas de clasificación de residuos secos.

El análisis del ciclo de vida de estos materiales, si bien es una tarea a considerar en el futuro, permitiría precisar la factibilidad de su utilización desde un punto de vista integral.

Por otra parte, el análisis de estos materiales con posibilidades de ser incorporados a viviendas, requeriría estudios mecánicos y físicos, de higroscopacidad por ejemplo, como se ha observado en la

bibliografía internacional más actual. Esto le daría factibilidad real de ser utilizados.

## ASPECTOS CUALITATIVOS

También se puede concluir, relacionando las opiniones recolectadas del público en general y de las propias familias, que el sistema constructivo a desarrollar debe contar con la mayor hermeticidad posible. Se tiene en cuenta una posible reformulación de las técnicas para la utilización de los materiales en los ensayos futuros que se seguirán desarrollando, como mayor compactación con algún tipo de aglutinante duro, sellado de espacios de infiltración, incorporación de algún tipo de malla, o el agregado de un elemento aglutinante que pueda funcionar a la vez para alejar posibles infecciones. De este análisis surge que los materiales plásticos tendrían mejor aceptación social porque no presentan peligros en cuanto a las infecciones mencionadas.

El polietileno en bollos sería el material que engloba los mejores valores de aislación, y fue un material propuesto por las familias, considerando que está disponible en grandes cantidades en la zona y no presenta peligros de infección. Se observa que se abre un nuevo camino de investigación en cuanto a sus cualidades (durabilidad, higroscopacidad, etc.) y para las posibilidades de aplicación y fundamentalmente de adopción de este material y de la necesaria generación de un sistema constructivo

específico. Asimismo, será una premisa incorporar la posibilidad de desmonte en un sistema constructivo en seco liviano, que genere un aporte innovador y significativo para las familias.

Acerca de las opiniones y percepciones que arroja esta investigación, todavía falta un minucioso trabajo de intercambio y participación para poder llegar a una óptima aceptación social. Como conclusión general, la aplicación de metodologías que apunten a articular aspectos cuantitativos y cualitativos, permite obtener resultados más acertados ante la búsqueda de alternativas a problemáticas de grupos sociales específicos.

Delineando las perspectivas del trabajo de investigación a futuro, podríamos considerar que el estudio debería avanzar en la puesta en uso de aquellos materiales que han resultado con buena respuesta cuantitativa y cualitativa, desarrollando sistemas constructivos factibles, probados en el tiempo, para trabajar en la utilización de materiales naturales y de descarte que pueden responder a problemáticas reales con costos bajos y visión ecológica de la vivienda.

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración y participación en el trabajo de campo del Sr. Jesuan Ponce de León,

Arq. Víctor Chang, Arq. Mariela Urquiza, Arq. María Eugenia Durante, Sra. Hilen Paula Stefannizzi, Sr. Tamel Ghiani y el asesoramiento del Dr. Carlos Alberto Díscoli y de Dr. Gustavo San Juan.

## Bibliografía

**AMERICAN Society for Testing and Materials.** Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus. C177-85. ASTM. 1993.

**BALO, Figen.** Feasibility study of “green” insulation materials including tall oil: Environmental, economical and thermal properties. *Energy and Buildings*. 86: 161-175, 2015. ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.09.027.

**BELMONTE, Silvina; ESCALANTE, Karina y FRANCO, Judith.** Aplicación de metodologías cuali-cuantitativas para el análisis de factores condicionantes en procesos de adecuación socio-técnica de energías renovables. *Revista AVERMA*. 16, 2012. ISSN 0329-5184.

**BERRETTA, Horacio; GATANI, Mariana; GAGGINO, Rosana y ARGÜELLO, Ricardo.** Ladrillos de plástico reciclado. Buenos Aires, Argentina, Nobuko. 2008. 91 p. ISBN 978-987-584-137-6.

**CAD, María; LIPORI, Mariana; MUSCIO, Luciana; PREDA, Graciela; PRIVIDERNA, Guido; VILLAGRA, Constanza y RAMILLO, Diego.** Atlas: población y agricultura familiar en la región pampeana.

- Buenos Aires, INTA. 2011. Agricultura familiar nro. 5. ISBN 978-987-679-005-5.
- CHARCA, S.; NOEL, J.; ANDÍA, D.; FLORES, J.; GUZMÁN, A.; RENTEROS, C. y TUMIALAN, J.** Assessment of Ichu fibers as non-expensive thermal insulation system for the Andean regions. *Energy and Buildings*. 108: 55-60, 2015. ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2015.08.053.
- CHIKHI, Mourad; AGOUDJIL, Boudjemaa; BOUDENNE, Abderrahim y GHERABLI, Abdelkader.** Experimental investigation of new biocomposite with low cost for thermal insulation. *Energy and Buildings*. 66: 267-273, 2013. ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2013.07.019.
- DOMÍNGUEZ VEGA, C. M.** Medición de conductividad térmica en materiales de construcción con equipo de placa caliente. 3er. Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales. Concepción del Uruguay, 12-13 de agosto de 2010. 6 p.
- EL ECO ladrillo en tu cocina.** [En línea]. *Pura Vida*. S.f. [Fecha de consulta: 14 junio 2015]. Disponible en: [http://puravidaatitlan.org/es\\_eco%20ladrillo.html](http://puravidaatitlan.org/es_eco%20ladrillo.html).
- ENET, Mariana; ROMERO FERNÁNDEZ, Gustavo y OLIVERA GÓMEZ, Rosa.** Herramientas para pensar y crear en colectivo: en programas intersectoriales de hábitat. Buenos Aires, CYTED. 2008.
- FREIRE, Paulo.** Extensión o comunicación: la concientización en el medio rural. México, Siglo XXI. 1973.
- GARRIDO, Santiago; LALOUF, Alberto y THOMAS, Hernán.** Resistencia y adecuación socio-técnica en los procesos de implementación de tecnologías. Los dispositivos solares en el secano de Lavalle. *Revista AVERMA*. 15, 2011. ISSN 0329-5184.
- Instalación de destiladores solares en el noreste de la provincia de Mendoza – transferencia vs. adecuación socio-técnica. *Revista AVERMA*. 14, 2010. ISSN 0329-5184.
- GROW your own insulation.** [En línea]. *Thermal properties: heat efficiency for older homes*. 2011. [Fecha de consulta: 13 junio 2015]. Disponible en: <https://thermalproperties.wordpress.com/2011/02/04/grow-your-own-insulation/>.
- GUTIÉRREZ, Joel y GONZÁLEZ, Alejandro.** Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. 16: 08.41-08.48, 2012. ISSN 0329-5184.
- INSTITUTO Argentino de Normalización y Certificación.** Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda. 11.559. Argentina, IRAM. 1997.
- JIMÉNEZ, María Cristina.** Vivienda bioeficiente: una aventura personal con firme compromiso social. [En línea]. *Saber Cómo*. (90), julio 2010. [Fecha de consulta: 13 junio 2015]. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc90/inti8.php>.
- MINKE, Gernot.** Revoques de barro. San Carlos de Bariloche, BRC Ediciones. 2014.

- Manual de construcción con tierra. San Carlos de Bariloche, BRC Ediciones. 2013.
- MINKE, Gernot y MAHLKE, Friedmann.** Manual de construcción con fardos de paja. Uruguay, Fin de Siglo. 2006.
- OBSCHATKO, Edith Scheinkerman de; FOTI, María del Pilar y ROMÁN, Marcela E.** Los pequeños productores de la República Argentina: importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al censo nacional agropecuario 2002. 2a ed. Buenos Aires, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Dirección de Desarrollo Agropecuario, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2007. ISBN 978-987-9184-54-7.
- PARGANA, Nuno; PINHEIRO, Manuel Duarte; SILVESTRE, José Dinis y BRITO, Jorge de.** Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings. *Energy and Buildings*. 82: 466-481, 2014. ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2014.05.057.
- PATNAIK, Asis; MVUBU, Mlindo; MUNIYASAMY, Sudhakar; BOTHA, Anton y ANANDJIWALA, Rajesh D.** Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. *Energy and Buildings*. 92: 161-169, 2015. ISSN 0378-7788. DOI 10.1016/j.enbuild.2015.01.056.
- RODRÍGUEZ GÁLVEZ, Helena.** Aislamientos naturales II: La celulosa. [En línea]. *Mimbrea*. S.f. [Fecha de consulta: 13 junio 2015]. Disponible en: <http://www.mimbrea.com/aislamientos-naturales-ii-la-celulosa/>.
- ROMERO, Gustavo y MESÍAS, Rosendo.** La participación en el diseño urbano y arquitectónico en la producción social del hábitat. México, CYTED-HABITED-Red XIV.F. 2004.
- ROSENFELD, Elías; DISCOLI, Carlos; SAN JUAN, Gustavo; CZAJKOWSKI, Jorge; FERREYRO, Carlos y RIZZO, Ana.** Aislaciones térmicas no convencionales para cerramientos opacos. Actas de reunión de trabajo de ASADES. 1992. Tomo 1.
- SAMAJA, Juan.** Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica. Buenos Aires, Eudeba. 1993.
- SAN JUAN, Gustavo; BARROS, María Victoria; DISCOLI, Carlos y VIEGAS, Graciela.** Tecnología para la mejora del hábitat de agricultores familiares. Argentina, [s.n.]. 2011.

