Propiedades térmicas de paneles fabricados con residuos textiles y almidón de papa

Thermal properties of panels made with textile waste and potato starch

Propriedades térmicas de painéis fabricados com resíduos têxteis e amido de batata

DOI: https://doi.org/10.18861/ania.2026.16.1.4240

Arq. Kristina Atanasoska
Universidad Nacional de Mar del Plata
Argentina
Kristina.atanasoska@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-6508-2575

Recibido: 06/11/2025
Aceptado: 22/11/2025

Cómo citar:
Atanasoska, K. (2026). Propiedades térmicas de paneles fabricados con residuos textiles y almidón de papa. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 16(1). https://doi.org/10.18861/ania.2026.16.1.4240

CC BY

Resumen

El acceso a una vivienda adecuada sigue siendo uno de los principales desafíos a nivel global. En Argentina, más de 1,1 millones de familias viven en barrios populares caracterizados por condiciones precarias. En este contexto, gran parte de las viviendas son autoconstruidas, sin asistencia profesional y sin aislamiento térmico adecuado, lo que compromete el confort térmico y la salud. En este estudio se investigan las propiedades térmicas de paneles fabricados de residuos textiles pre-consumo de algodón provenientes de la industria textil de Mar del Plata y almidón de papa, un subproducto de la industria alimenticia local. Se plantea la hipótesis de que la fabricación de paneles térmicos a partir de residuos textiles puede contribuir a mejorar el confort térmico en viviendas vulnerables y a reducir el impacto ambiental. Se fabricaron cinco paneles con distintos contenidos de almidón y se ensayaron utilizando una caja caliente calibrada, siguiendo la norma argentina IRAM 11564. Tres de los cinco paneles presentaron valores de conductividad térmica inferiores a 0,1 W/m·K, lo que los hace aptos para aislamiento térmico y estudios posteriores. El valor más bajo obtenido fue de 0,0655 W/m·K, y este panel fue analizado en mayor profundidad para su aplicación en sistemas de muros típicos utilizados en la ciudad, donde el panel redujo significativamente la transmitancia térmica de los cerramientos. Se requirió un espesor de 3,5 cm para cumplir con el estándar mínimo, y un espesor de 7 cm logró un rendimiento intermedio entre los niveles A y B de confort térmico establecidos por la norma IRAM. Los resultados confirman la viabilidad técnica de transformar residuos de la industria textil y alimenticia en materiales aislantes eficaces, ofreciendo una solución ambientalmente sostenible e inclusiva. Se recomienda continuar la investigación para evaluar la durabilidad a largo plazo y el desempeño mecánico de los paneles.

Palabras claves: Economía circular, eficiencia energética, hábitat popular, aislamiento térmico, conductividad térmica, materiales sustentables, confort térmico, paneles aislantes, caja caliente calibrada.

Abstract

Access to adequate housing remains one of the main global challenges. In Argentina, more than 1,1 million families live in informal settlements characterized by precarious conditions. In this context, a large portion of homes are self-built, without professional assistance and without proper thermal insulation, which compromises thermal comfort and health. This study investigates the thermal properties of panels made from pre-consumer cotton textile waste sourced from the textile industry in Mar del Plata and potato starch, a by-product of the local food industry. It is hypothesized that the production of thermal panels from textile waste can contribute to improving thermal comfort in vulnerable housing while reducing environmental impacts. Five panels with varying starch contents were manufactured and tested using a calibrated hot box, following the Argentinian standard IRAM 11564. Three of the five panels showed thermal conductivity values below 0,1 W/m·K, making them suitable for thermal insulation and further studies. The lowest value obtained was 0,0655 W/m·K, and this panel was analyzed in greater detail for its application in typical wall systems used in the city, where the panel significantly reduced the thermal transmittance of the enclosures. A thickness of 3,5 cm was required to meet the minimum standard, and a thickness of 7 cm achieved intermediate performance between levels A and B of thermal comfort established by the IRAM standard. The results confirm the technical feasibility of transforming waste from the textile and food industries into effective insulating materials, offering an environmentally sustainable and inclusive solution. Further research is recommended to assess the long-term durability and mechanical performance of the panels.

Keywords: Circular economy, energy efficiency, informal housing, thermal insulation, thermal conductivity, sustainable materials, thermal comfort, insulation panels, calibrated hot box.

Resumo

O acesso a uma moradia adequada continua sendo um dos principais desafios em nível global. Na Argentina, mais de 1,1 milhão de famílias vivem em bairros populares caracterizados por condições precárias. Nesse contexto, grande parte das moradias são autoconstruídas, sem assistência profissional e sem isolamento térmico adequado, o que compromete o conforto térmico e a saúde. Neste estudo, investigam-se as propriedades térmicas de painéis fabricados com resíduos têxteis de pré-consumo de algodão provenientes da indústria têxtil de Mar del Plata e amido de batata, um subproduto da indústria alimentícia local. Levanta-se a hipótese de que a fabricação de painéis térmicos a partir de resíduos têxteis pode contribuir para melhorar o conforto térmico em habitações vulneráveis e reduzir o impacto ambiental. Foram fabricados cinco painéis com diferentes teores de amido e testados utilizando uma caixa quente calibrada, seguindo a norma argentina IRAM 11564. Três dos cinco painéis apresentaram valores de condutividade térmica inferiores a 0,1 W/m·K, o que os torna adequados para isolamento térmico e estudos posteriores. O menor valor obtido foi de 0,0655 W/m·K, e este painel foi analisado em maior profundidade para sua aplicação em sistemas de paredes típicas utilizadas na cidade, onde o painel reduziu significativamente a transmitância térmica dos fechamentos. Foi necessária uma espessura de 3,5 cm para cumprir com o padrão mínimo, e uma espessura de 7 cm alcançou um desempenho intermediário entre os níveis A e B de conforto térmico estabelecidos pela norma IRAM. Os resultados confirmam a viabilidade técnica de transformar resíduos das indústrias têxtil e alimentícia em materiais isolantes eficazes, oferecendo uma solução ambientalmente sustentável e inclusiva. Recomenda-se dar continuidade à pesquisa para avaliar a durabilidade a longo prazo e o desempenho mecânico dos painéis.

Palavras-chave: Economia circular, eficiência energética, habitação popular, isolamento térmico, condutividade térmica, materiais sustentáveis, conforto térmico, painéis isolantes, caixa quente calibrada.

Introdución

En el mundo no está logrando resolver el problema del déficit de viviendas adecuadas. Según las Naciones Unidas-Hábitat (2023), actualmente 1.100 millones de personas, lo que representa el 24,2% de la población urbana a nivel mundial, vive en barrios marginales o en viviendas con condiciones inadecuadas. En 2020, el 17,7% de la población de América Latina y el Caribe vivía en condiciones de marginalidad, y se observó una tendencia en la región de que los gobiernos inviertan menos en vivienda en comparación con la década anterior (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023).

En Argentina, donde se desarrolla esta investigación, funciona en la Secretaría de Desarrollo Territorial, Hábitat y Vivienda el Registro Nacional de Barrios Populares (RENABAP). Este registro define a los barrios populares como urbanizaciones informales que presentan distintos grados de precariedad y hacinamiento, con déficit en el acceso formal a servicios básicos y tenencia irregular del suelo. Según el último informe, de diciembre de 2023, existen 6.467 barrios populares, con aproximadamente 1.237.795 familias viviendo en estas condiciones en el país (Secretaría de Desarrollo Territorial, Hábitat y Vivienda, 2023). En este contexto, la mayoría de las viviendas son autoconstruidas, realizadas sin asistencia profesional y con baja inversión. Se estima que en Argentina hay aproximadamente 6,39 millones de viviendas, lo que representa el 55% del total nacional, que presentan algún tipo de deficiencia (Boix et al., 2023).

En estas condiciones habitacionales, la población se vuelve más vulnerable y propensa a sufrir enfermedades. La Organización Mundial de la Salud (2018) considera que las condiciones de la vivienda relacionadas con la salud son de máxima importancia debido al tiempo que las personas pasan en ellas. Entre los principales riesgos detallados en su guía Health and Housing Guidelines se destacan el frío y la humedad. El frío está asociado con una alta morbilidad y mortalidad respiratoria y cardiovascular, mientras que la humedad se relaciona con alergias y enfermedades del tracto respiratorio, asma, neumonitis, alveolitis alérgica y disnea.

Uno de los factores que más influye en el comportamiento térmico de los edificios es la falta o el uso insuficiente de aislamiento térmico. Actualmente, los materiales aislantes más utilizados en la construcción son las lanas minerales y las espumas plásticas (Abu-Jdayil et al., 2019; Pavel y Blagoeva, 2018). Estos productos son buenos aislantes térmicos, sin embargo, generan impacto ambiental ya que utilizan materias primas vírgenes para su producción y no son biodegradables (Asdrubali et al., 2015). Ante la necesidad de reducir la presión sobre la naturaleza, se están investigando materiales provenientes de la agroindustria o del reciclaje para su aplicación como aislantes térmicos. Los materiales reciclados están ampliamente disponibles y tienen el potencial de agregar valor a los residuos, transformándolos en materia prima secundaria en lugar de desecharlos en vertederos.

Debido al alto nivel de contaminación y al creciente volumen de residuos que genera la industria textil (Parlamento Europeo, 2020), la reutilización de sus descartes cobra especial relevancia. Briga-Sá et al. (2013) observaron mejoras significativas en la resistencia térmica de muros al incorporar residuos de tejidos acrílicos. Barbero-Barrera et al. (2016) desarrollaron paneles de residuos de algodón con cal hidráulica, mostrando mejoras térmicas de entre 35% y 38% respecto de productos similares del mercado. Gounni et al. (2019) elaboraron tejidos a base de fibras acrílicas y lana mediante la técnica de needle-punching, reportando valores de conductividad térmica similares a los materiales aislantes tradicionales. Paneles de fibras de lana de oveja descartadas y distintos biomateriales también demostraron una conductividad térmica comparable a la de los aislantes tradicionales (Pennacchio et al., 2017; Savio et al., 2022). Reza et al. (2023) desarrollaron biocompuestos con relleno de algodón y almidón de maíz que, a pesar de presentar densidades entre 434 kg/m³ y 670 kg/m³, reportaron valores de conductividad térmica de hasta 0,04885 W/m·K. En Argentina, Yajnes et al. (2023) investigaron paneles elaborados con residuos de tela acrílica y cemento, alcanzando una conductividad térmica de 0,106 W/m·K.

La industria textil en Mar del Plata ocupa el tercer lugar en importancia dentro de la ciudad, después de la alimentaria (Graña y González Barros, 2019). Aunque no existen datos específicos sobre la cantidad de residuos descartados mensualmente, se sabe que estos no reciben tratamiento y terminan en el basural a cielo abierto. Desarrollar un material aislante que incorpore estos residuos textiles y les agregue valor podría ayudar a mejorar el confort térmico en viviendas ubicadas en barrios populares. Además, podría generar oportunidades laborales y beneficios ambientales, como la reducción de residuos en los vertederos y del consumo de materias primas.

Este estudio tiene como objetivo analizar las propiedades térmicas de cinco paneles experimentales fabricados de residuos de fibra de algodón de preconsumo, unidos con almidón de papa, también un subproducto descartado de la industria alimentaria local. Se platea la hipótesis de que el aprovechamiento de residuos textiles de la industria local para la fabricación de paneles aislantes puede contribuir simultáneamente a mejorar el confort térmico en viviendas vulnerables y a reducir el impacto ambiental asociado a los residuos industriales. Para determinar la conductividad térmica de los paneles, se empleó el método de caja caliente calibrada. Los resultados se compararon con materiales aislantes tanto comerciales como experimentales. Tres de los cinco paneles mostraron valores de conductividad térmica inferiores a 0,1 W/m·K, lo que los hace adecuados como aislantes térmicos y candidatos para futuras investigaciones. Finalmente, se optimizó el espesor del panel con menor conductividad térmica, considerando los requisitos mínimos de transmitancia térmica para muros establecidos por la norma argentina IRAM para la ciudad de Mar del Plata.



FA/AP 28% FA/AP 33% FA/AP 40% FA/AP 50% FA/AP 60%

Figura 1. Paneles con residuo textil y almidón de papa. Fuente: Elaboración propia.

Materiales y metodología

Materiales

Los materiales utilizados en este estudio provienen de residuos textiles de preconsumo, en un proceso de suprarreciclaje. La tela utilizada habitualmente en la industria de la confección de la ciudad es de punto, y la aplicada en los paneles fue provista por la empresa de confección Mirval, de Mar del Plata, y estaba compuesta principalmente por fibra de algodón. El residuo textil estaba limpio y bien conservado, almacenado en bolsas selladas. Aunque presentaba tamaños variados, fue procesado manualmente utilizando herramientas de corte manual y tijeras, hasta obtener piezas uniformes de aproximadamente 5 × 5 cm.

En la zona, varias empresas elaboran productos de papa, lo que genera cantidades significativas de almidón como subproducto. El almidón utilizado en este estudio fue donado por la planta de PepsiCo, ubicada en el parque industrial de la ciudad, donde se fabrican los productos LAY'S®. Durante el proceso de corte, las papas pasan por una etapa de lavado que produce un agua almidonada. Este líquido luego atraviesa una fase de separación, obteniéndose un almidón con aproximadamente 50% de contenido de humedad. Se estima que entre 80 y 100 toneladas de este almidón son descartadas mensualmente (M. Muñoz – empleado de PepsiCo, comunicación personal, 16 de septiembre de 2022).

Uno de los plastificantes más utilizados es la urea, y se ha demostrado en diversos estudios que mejora el proceso de plastificación, las propiedades mecánicas y la resistencia a la absorción de agua de los biocompuestos plásticos (Versino y García, 2018; Zuo et al., 2015). La urea empleada en este estudio posee un contenido de 46% de nitrógeno (N). El bórax ($Na_2B_4O_7{\cdot}10H_2O$), utilizado como aditivo, mejora la pérdida de viscosidad (Geng et al., 2017; Zuo et al., 2015). Además, es reconocido como un retardante de llama y agente antifúngico en la producción de bioplásticos (Kaya et al., 2023; Wu y Xu, 2014). Ambos productos fueron adquiridos a la empresa química Kubo.

Fabricación de los paneles

Se fabricaron cinco paneles de Fibra de Algodón y Almidón de Papa (en adelante denominados FA/AP) con diferentes densidades para esta investigación. En todos ellos, el porcentaje de residuo textil y agua se mantuvo constante (24% y 76% p/p, respectivamente). A cada uno de los paneles se le agregó una cantidad diferente de almidón, en proporciones equivalentes al 28%, 33%, 40%, 50% y 60% p/p respecto al peso del residuo textil. La urea y el bórax se agregaron en proporciones relativas al almidón: 17% y 8% p/p del almidón, respectivamente. El almidón de papa, la urea y el bórax se mezclaron con agua precalentada a 75 °C, lo que facilitó la homogeneización de la mezcla sin iniciar la fase de plastificación. Luego se incorporó el residuo textil y se mezcló hasta que todas las fibras estuvieran completamente inmersas. La mezcla se transfirió a un recipiente de 50 × 60 × 4,5 cm, y se distribuyó de forma uniforme utilizando la técnica hand layup (estratificado manual). Todas las muestras fueron secadas en un horno industrial a una temperatura constante de 200 °C durante una hora. Una vez desmoldadas, se colocaron sobre rejillas de 60 × 70 cm para continuar su secado a temperatura ambiente hasta su solidificación, lo cual tomó aproximadamente una semana. Los paneles pueden observarse en la Figura 1.

Medición de la conductividad térmica

La conductividad térmica de los cinco paneles fue medida utilizando una Caja Caliente Calibrada (CCC) desarrollada en el instituto donde se lleva a cabo la investigación. La CCC se basó en la norma argentina IRAM 11564 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1997). Las dimensiones externas de la caja son 55 × 55 × 95 cm de alto (Figura 2). Las paredes perimetrales de la cámara caliente están construidas con poliestireno expandido (EPS del inglés expanded polystyrene) de alta densidad de 4 cm de espesor. La abertura de la caja donde se colocaron las muestras tiene dimensiones de 47 × 56 cm. Todas las uniones fueron selladas con cemento de contacto y silicona. El calor fue generado con focos incandescentes con potencias entre 40 y 100 W. El laboratorio utilizado como cámara fría tenía dimensiones de 3,5 × 10 × 3 m de alto y no contaba con sistema de acondicionamiento. Se utilizaron dos registradores de datos ELITECH RC-5+ para medir la temperatura del aire en las cámaras y dos termocuplas conectadas a controladores de temperatura ELITECH ETC-200+ para medir la temperatura de la superficie de las muestras.

Para calibrar la CCC se aplicó el método de la caja caliente (Alhawari & Mukhopadhyaya, 2022; Buratti et al., 2016), en el cual se determina el flujo de calor a través de las muestras considerando la diferencia de las temperaturas superficiales, utilizando materiales con propiedades térmicas conocidas y con una incertidumbre menor al 10%. Una vez alcanzado el estado estacionario, se aplicó la ley de Fourier para calcular la conductividad térmica de las muestras (Ecuación 1).

$$\lambda=(Q*A)/(e*\Delta T)$$

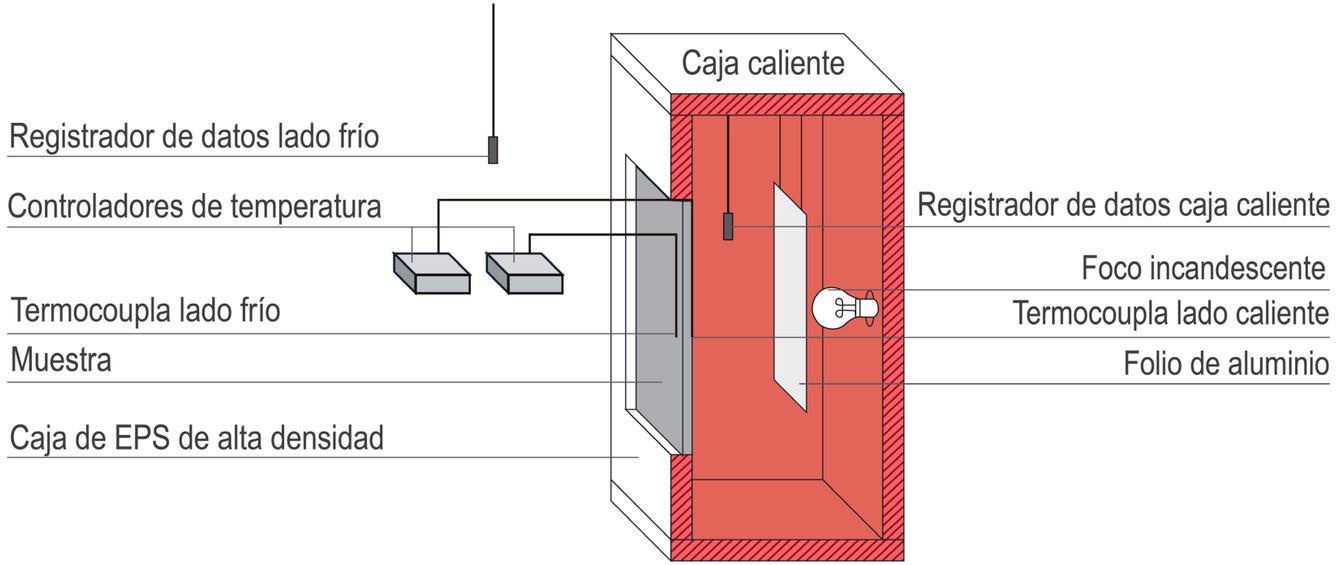

Figura 2. Sección 3D y componentes de la caja caliente calibrada. Fuente: Elaboración propia.

Donde λ es la conductividad térmica del panel (W/m·K); Q es el flujo de calor a través de la muestra (W); A es el área de la muestra (m²); e es el espesor de la muestra (m) y ΔT es la diferencia de temperatura entre el lado caliente y el lado frío de la muestra (°C).

Comparación de la conductividad térmica y optimización del espesor de los paneles

En el marco normativo de la Provincia de Buenos Aires, está vigente la Ley Provincial 13.059/03, que establece los estándares de acondicionamiento requeridos para la construcción de edificios con el fin de contribuir al uso racional de la energía. De acuerdo a esta ley, es obligatoria la aplicación de las normas IRAM relacionadas con el comportamiento térmico de las edificaciones.

La conductividad térmica de los paneles fue comparada con la de materiales aislantes comerciales según la norma IRAM 11601 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2002) y también con materiales experimentales reportados en diversos estudios referenciados en la introducción de este trabajo.

Para optimizar los paneles, se tuvo en cuenta la norma IRAM 11605 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1996). Esta norma establece dos niveles de confort térmico: Nivel A y Nivel B. Para determinar la transmitancia térmica máxima admisible, K (W/m²·K), de la envolvente del edificio para el invierno en Mar del Plata se considera una temperatura exterior de -4,4 °C. Para las condiciones de verano, la norma IRAM 11605 recomienda valores máximos basados en la zona bioclimática (Tabla 1).Finalmente, se seleccionó el panel con la conductividad térmica más baja para la optimización del espesor. Este fue aplicado a tres tipos de muros comúnmente utilizados en viviendas de la ciudad costera, y se analizaron los resultados.

Nivel A (W/m².K)		Nivel B (W/m².K)	
Invierno	Verano	Invierno	Verano
0,32	0,50	0,85	1,25

Tabla 1. Transmitancia térmica (K) máxima para muros en Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia.

	Unidad	FA/AP 28%	FA/AP 33%	FA/AP 40%	FA/AP 50%	FA/AP 60%
Ancho	m	0,480	0,475	0,047	0,470	0,470
Largo	m	0,575	0,575	0,565	0,565	0,550
Espesor	m	0,013	0,013	0,0135	0,0135	0,0145
Masa	Kg	1,099	1,169	1,303	1,539	1,960
Densidad aparente	Kg/m3	306,30	329,24	366,71	429,30	540,15

Tabla 2. Dimensiones y densidades aparentes de los paneles de Fibra de Algodón y Almidón de Papa. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Las dimensiones y la densidad aparente de los cinco paneles de Fibra de Algodón y Almidón de Papa se pueden observar en la Tabla 2. La densidad aumenta con la cantidad de almidón utilizado y es superior a la de los materiales aislantes convencionales.

Los paneles presentaron valores de conductividad térmica que varían entre 0,0655 W/m·K y 0,2398 W/m·K (Tabla 3). Se puede observar que, en general, a mayor densidad corresponde una mayor conductividad térmica. Sin embargo, se registró una excepción en el panel con la densidad más baja (FA/AP 28%), donde hubo una desviación de esta tendencia. Esta anomalía podría atribuirse a factores del proceso de fabricación o a la posibilidad de que, en porcentajes bajos, el almidón de papa sea capaz de atrapar más aire dentro de la matriz, reduciendo así la conductividad térmica.

Las conductividades térmicas de los paneles se compararon con materiales aislantes, tanto comerciales como alternativos, según los valores declarados en la norma IRAM 11601 y en los trabajos citados en la introducción del artículo. Las comparaciones se muestran en el gráfico de Ashby en la Figura 3. Los tres paneles con densidad aparente de hasta 366,71 kg/m³ mostraron valores de conductividad térmica comparables a los de la vermiculita y los tallos de algodón, y más bajos que algunos materiales aislantes alternativos como la mazorca de maíz, el girasol (subproducto de biorrefinería), la cáscara de pecán, el banano con la fibra de polipropileno y el durian. El panel FA/AP 50% presenta un valor de conductividad térmica cercano al límite superior de los aislantes alternativos. Sin embargo, la conductividad térmica del panel FA/AP 60% es mayor que la de cualquier material, tanto comercial como alternativo. Este panel no debe considerarse un aislante.

Se consideraron tres tipos de muros comúnmente utilizados en la zona para la aplicación del panel de Fibra de Algodón y Almidón de Papa. El primero fue un muro tradicional de construcción húmeda con cámara de aire, el segundo un muro de construcción húmeda con terminación en seco con placa de yeso, y el tercero un muro de construcción en seco con estructura de madera (Figura 4). Los tres sistemas de muro, sin aislamiento, presentan valores de transmitancia térmica de 1,44 W/m²·K, 1,58 W/m²·K y 1,59 W/m²·K, respectivamente. Ninguno de ellos cumple con el mínimo requerido por la norma IRAM, que es de 0,85 W/m²·K para Mar del Plata.

El panel FA/AP 33%, con una conductividad térmica de 0,0655 W/m·K, fue aplicado a los tres sistemas de muro. En todos los casos, el panel fue colocado entre las distintas capas del muro. El espesor óptimo del panel fue calculado en base a los dos niveles de desempeño, A y B, establecidos por la norma argentina. Para el Nivel B, para el Muro 1 el espesor mínimo requerido del panel fue 3,2 cm y para los Muros 2 y 3 fue 3,5 cm. Para el Nivel A, donde el valor de transmitancia térmica exigido es 0,32 W/m²·K, el espesor mínimo necesario del panel en los tres muros fue de 16 cm.

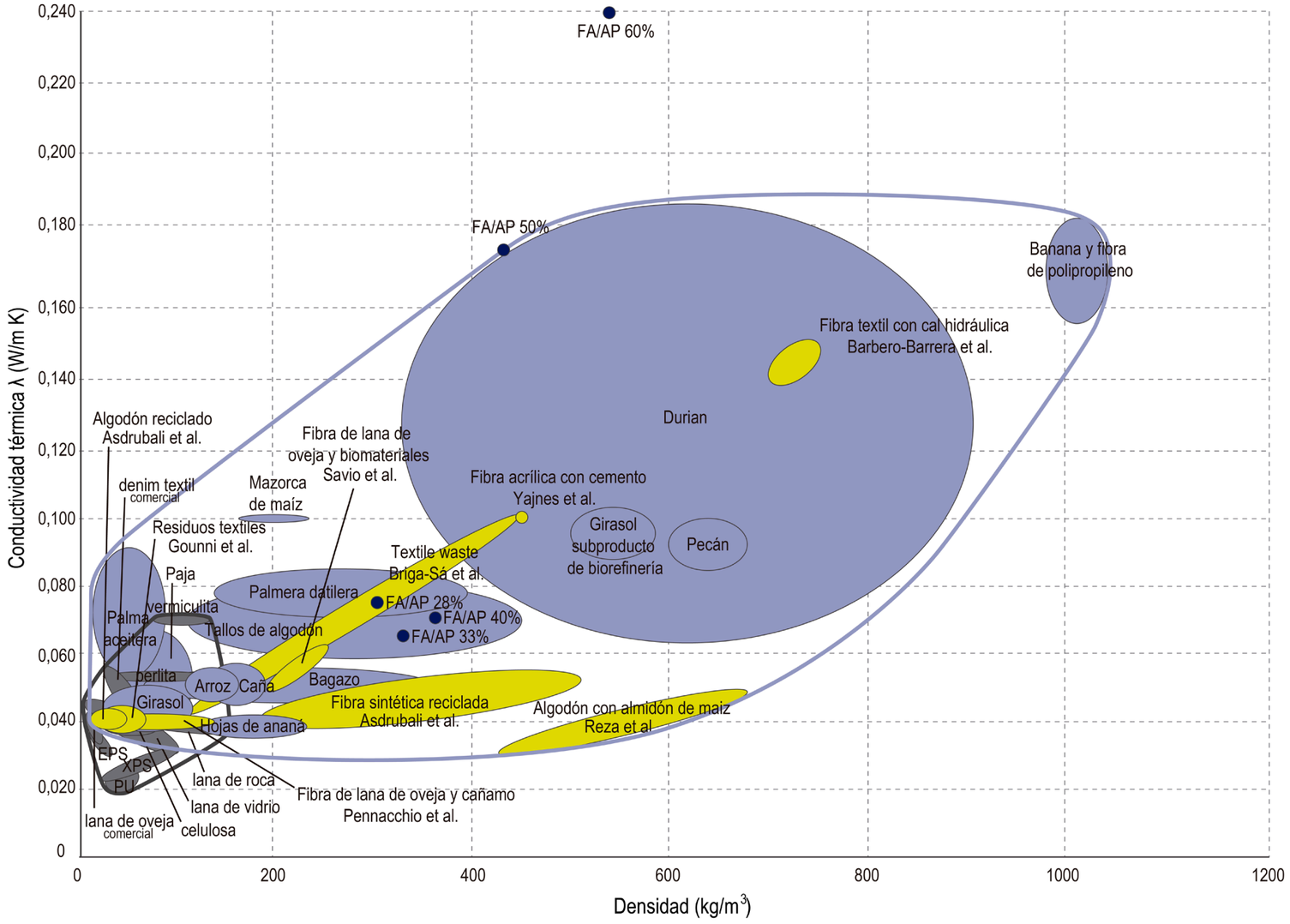

Figura 3. Comparación de la conductividad térmica y la densidad de los cinco paneles con materiales aislantes comerciales y alternativos. Fuente: Fuente: Elaboración propia de acuerdo a IRAM 11601 y Asdrubali et al. (2015); Barbero-Barrera et al. (2016); Briga-Sá et al. (2013); Gounni et al. (2019); Pennacchio et al. (2017); Reza et al. (2023); Savio et al. (2022); Yajnes et al. (2023).

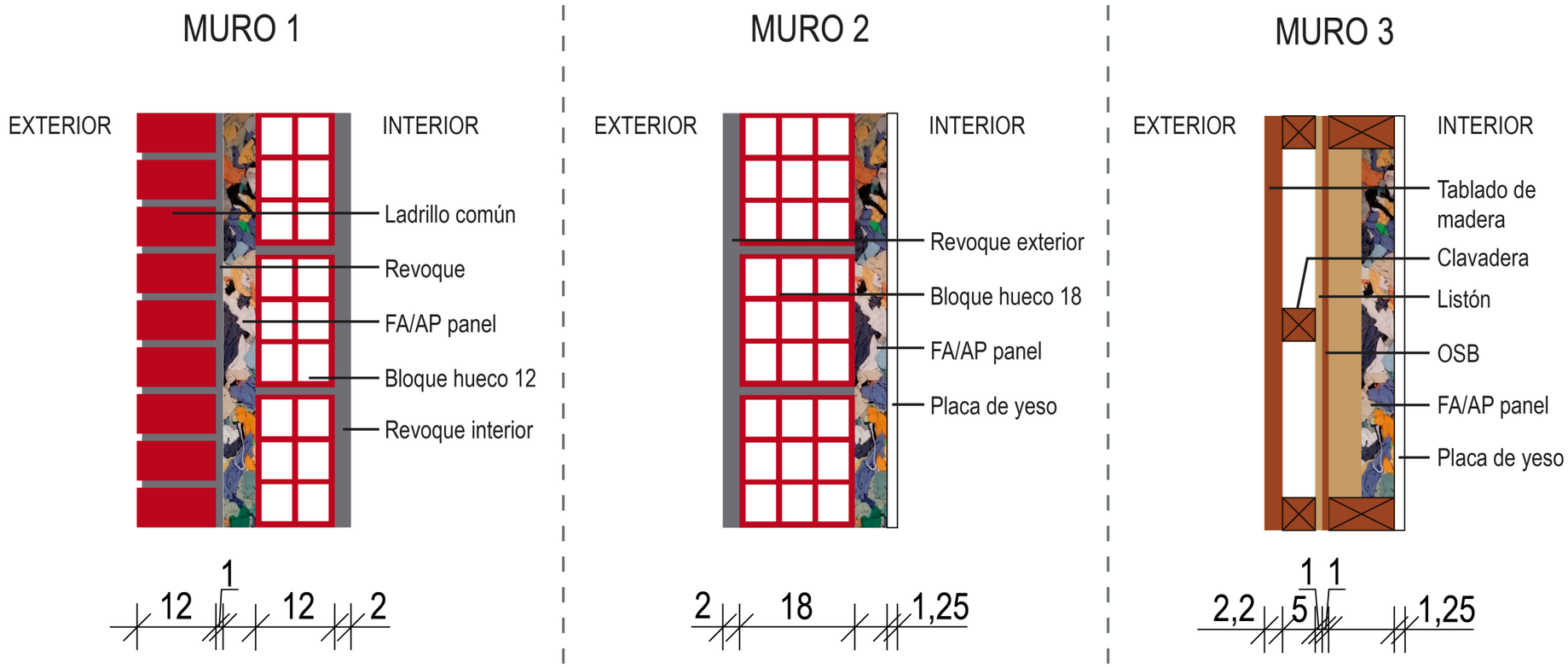

Figura 4. Sistemas de muro con el panel FA/AP 33% aplicado. Fuente: Elaboración propia.

Se observa una diferencia significativa entre los dos valores de transmitancia térmica exigidos por la norma, lo que también da lugar a una diferencia notable en los espesores requeridos. Un panel con un espesor de 7 cm corresponde a un valor intermedio de transmitancia térmica.

Conclusiones

En esta investigación se aborda un problema urgente tanto a nivel global como local: la falta de viviendas adecuadas, especialmente en sectores urbanos vulnerables. En el contexto de Argentina, y particularmente en Mar del Plata, donde las viviendas autoconstruidas en barrios populares a menudo carecen de orientación técnica y de confort térmico básico, el desarrollo de materiales aislantes sostenibles y de bajo costo puede ofrecer mejoras tangibles en las condiciones de vida.El estudio demostró que los residuos textiles de algodón, un subproducto de la industria textil local que actualmente se desecha sin tratamiento, pueden combinarse eficazmente con almidón de papa, un descarte de la industria alimenticia, para crear paneles con propiedades térmicas prometedoras. De los cinco paneles ensayados con la caja caliente calibrada, tres presentaron valores de conductividad térmica inferiores a 0,1 W/m·K, ubicándolos dentro del rango de materiales aislantes tanto comerciales como alternativos. En particular, el panel de fibra de algodón con almidón de papa en proporción del 33% p/p respecto al residuo textil, con una conductividad térmica de 0,0655 W/m·K, resultó ser el más eficiente.

Al ser aplicado en distintos tipos de muros comúnmente utilizados en Mar del Plata, este panel redujo significativamente la transmitancia térmica, mejorando el comportamiento térmico general. Si bien el espesor requerido para cumplir con los estándares más exigentes (Nivel A de la norma IRAM) es considerable (16 cm), incluso un espesor mínimo de 3,5 cm contribuye a mejorar el comportamiento térmico y cumple con el Nivel B de la norma.

En conclusión, los resultados respaldan la hipótesis planteada, evidenciando que el aprovechamiento de residuos textiles de la industria local, combinados con subproductos de la industria alimentaria, puede dar lugar al desarrollo de paneles aislantes con desempeño térmico adecuado. Resulta relevante destacar el potencial impacto social y la aplicabilidad de estos paneles en los procesos de diseño y autogestión del hábitat. El desarrollo de materiales accesibles, de bajo costo y elaborados a partir de residuos locales puede convertirse en una herramienta para mejorar las condiciones habitacionales. La incorporación de la tecnología propuesta en procesos participativos de construcción podría contribuir al fortalecimiento de la autonomía de las comunidades y a la difusión de soluciones constructivas más sostenibles.

Se recomienda continuar con investigaciones orientadas a evaluar otras propiedades de las placas, con el objetivo de facilitar su escalamiento productivo y su implementación en el hábitat popular.

Aprobación final del artículo

Ma. Arq. Andrea Castro Marcucci, editora en jefe aprobó la publicación de este artículo.

Contribución de autoría

Arq. Kristina Atanasoska: La autora ha participado en los procesos de conceptualización, análisis formal de la obra o proyecto, investigación, elaboración, revisión y edición del manuscrito ha sido realizada íntegramente por su autor.

Disponibilidad de los datos

El conjunto de datos de la investigación estará disponible bajo petición al autor designado para la correspondencia: Arq. Kristina Atanasoska: Kristina.atanasoska@gmail.com

Referencias

Alhawari, A., y Mukhopadhyaya, P. (2022). Construction and Calibration of a Unique Hot Box Apparatus. *Energies*, 15(13), Article 13. https://doi.org/10.3390/en15134677

Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies, 4*. https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002

Barbero-Barrera, M. del M., Pombo, O., Navacerrada, M. de los Á. (2016). Textile fibre waste bindered with natural hydraulic lime. Composites Part B: Engineering, 94, 26–33. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.03.013

Basim Abu-Jdayil, Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M., Hameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials, 214*, 709–735. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.102

Boix, M. V., Virgilio, M. D., Redondo, C. G., Marco, M. V., Murillo, F. (2023). Desafíos de la planificación territorial, el acceso al hábitat y a la vivienda Asignaturas pendientes a 40 a los del retorno de la democracia en Argentina. Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC). https://www.cippec.org/publicacion/desafios-de-la-planificacion-territorial-el-acceso-al-habitat-y-a-la-vivienda/

Bozsaky, D. (2010). The historical development of thermal insulation materials. *Periodica Polytechnica Architecture, 41,* 49–56. https://doi.org/10.3311/pp.ar.2010-2.02

Briga-Sá, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A. (2013). Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials, 38*, 155–160. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.08.037

Buratti, C., Belloni, E., Lunghi, L., Barbanera, M. (2016). Thermal conductivity measurements by means of a new 'Small Hot-Box' apparatus: Manufacturing, calibration and preliminary experimental tests on different materials. *International Journal of Thermophysics, 37(5),* 47. https://doi.org/10.1007/s10765-016-2052-2

Buratti, C., Belloni, E., Lunghi, L., Borri, A., Castori, G., Corradi, M. (2016). Mechanical characterization and thermal conductivity measurements using of a new "small hot-box" apparatus: Innovative insulating reinforced coatings analysis. *Journal of Building Engineering, 7,* 63–70. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2016.05.005

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). Transformación del hábitat y las ciudades. Hacia un desarrollo urbano sostenible en América Latina y el Caribe. *Intervenciones en la XXXI Asamblea General del Foro de Ministros y Autoridades Máximas de la Vivienda y el Urbanismo de América Latina y el Caribe* (MINURVI) (104 (LC/TS.2023/133); Seminarios y Conferencias).

European Parliament. (2020, diciembre 29). The impact of textile production and waste on the environment (infographics). *Topics | European Parliament*. https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographics

Geng, S., Ullah Shah, F., Liu, P., N. Antzutkin, O., Oksman, K. (2017). Plasticizing and crosslinking effects of borate additives on the structure and properties of poly(vinyl acetate). *RSC Advances, 7*(13), 7483–7491. https://doi.org/10.1039/C6RA28574K

Gounni, A., Mabrouk, M. T., El Wazna, M., Kheiri, A., El Alami, M., El Bouari, A., Cherkaoui, O. (2019). Thermal and economic evaluation of new insulation materials for building envelope based on textile waste. *Applied Thermal Engineering, 149*, 475–483. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.12.057

Graña, F. M., y Gonzalez Barros, A. (2019). *Mapa productivo: Estudio global de las empresas industriales del Partido de General Pueyrredon*. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1996). IRAM 11605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1997). IRAM 11564: Acondicionamiento térmico de edificios: Método de determinación de la transmitancia térmica de los elementos de construcción mediante el aparato de la caja caliente.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). IRAM 11601: Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

Kaya, B., Zorba, N. N., Caner, C. (2023). Development of novel biodegradable film based on chitosan with borax (sodium tetraborate) and boron nitride and their biological activity. International *Journal of Food Science & Technology, 58*(2), 890–897. https://doi.org/10.1111/ijfs.15743

Pavel, C. C., y Blagoeva, D. T. (2018). Competitive landscape of the EU's insulation materials industry for energy-efficient buildings [Technical report by the Joint Research Centre (JRC)]. chrome-

extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdfmadadm/https://www.agendaconstructiilor.ro/files/files/kj1a28816enn.pdf

Pennacchio, R., Savio, L., Bosia, D., Thiebat, F., Piccablotto, G., Patrucco, A., Fantucci, S. (2017). Fitness: Sheep-wool and Hemp Sustainable Insulation Panels. *Energy Procedia, 111*, 287–297. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.030

Reza, M. M., Begum, H. A., Uddin, A. J. (2023). Potentiality of sustainable corn starch-based biocomposites reinforced with cotton filter waste of spinning mill. *Heliyon, 9(5)*, e15697. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15697

Savio, L., Pennacchio, R., Patrucco, A., Manni, V., Bosia, D. (2022). Natural Fibre Insulation Materials: Use of Textile and Agri-food Waste in a Circular Economy Perspective. *Materials Circular Economy, 4(1)*, 6. https://doi.org/10.1007/s42824-021-00043-1

Secretaría de Desarrollo Territorial, Hábitat y Vivienda. (2023). Registro Nacional de Barrios Populares (ReNaBaP). Argentina.gob.ar. https://www.argentina.gob.ar/habitat/integracion-socio-urbana/renabap

United Nations-Habitat. (2023). SDG 11: Sustainable cities and communities. https://onuhabitat.org.mx/index.php/el-mundo-esta-fallando-en-proporcionar-vivienda-adecuada

Versino, F., y García, M. A. (2018). Starch films for agronomic applications: Comparative study of urea and glycerol as plasticizers. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 3*(5), Article 5. https://ijeab.com/detail/starch-films-for-agronomic-applications-comparative-study-of-urea-and-glycerol-as-plasticizers/

World Health Organization. (2018). *Housing and health guidelines*. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/276001

Wu, G.-F., y Xu, M. (2014). Effects of boron compounds on the mechanical and fire properties of wood-chitosan and high-density polyethylene composites. *BioResources, 9*(3), 4173–4193.

Yajnes, M. E., Araneda, A. B., Busnelli, R., Aranda, Y. (2023). Placa para acondicionamiento térmico y acústico de viviendas a partir de residuos textiles: De los obstáculos a los desafíos técnicos. *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social, 5*, 1–15. https://doi.org/10.24215/26838559e040

Zuo, Y., Gu, J., Tan, H., Zhang, Y. (2015). Thermoplastic starch prepared with different plasticizers: Relation between degree of plasticization and properties. J*ournal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 30*(2), 423–428. https://doi.org/10.1007/s11595-015-1164-z

Referencias de imágenes

Figura 1. Paneles con residuo textil y almidón de papa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Sección 3D y componentes de la caja caliente calibrada. Fuente: Elaboración propia.

Figure 3. Comparación de la conductividad térmica y la densidad de los cinco paneles con materiales aislantes comerciales y alternativos. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a IRAM 11601 y Asdrubali et al. (2015); Barbero-Barrera et al. (2016); Briga-Sá et al. (2013); Gounni et al. (2019); Pennacchio et al. (2017); Reza et al. (2023); Savio et al. (2022); Yajnes et al. (2023)2017; Reza et\\uc0\\u160{}al., 2023; Savio et\\uc0\\u160{}al., 2022; Yajnes et\\uc0\\u160{}al., 2023.

Figura 4. Sistemas de muro con el panel FA/AP 33% aplicado. Fuente: Elaboración propia.