

## Evaluación de una propuesta para mejorar las características térmicas de una vivienda vulnerable en Ushuaia, Patagonia Argentina, utilizando materiales naturales autóctonos.

// Evaluation of a proposal to improve the thermal characteristics of a vulnerable dwelling in Ushuaia, Patagonia Argentina, using indigenous natural materials.



El presente trabajo narra el estudio realizado sobre una vivienda ubicada en la ciudad de Ushuaia, Patagonia, Argentina, construida en un contexto social vulnerable. Dadas las características climáticas de la zona, el gas propano se encuentra subsidiado en un 99,5%. El consumo energético anual es de 712,4 kWh/m<sup>2</sup> para calefactar una vivienda de 43,6 m<sup>2</sup>. El objetivo principal del estudio se centra en evaluar una propuesta para mejorar la resistencia térmica de la envolvente. Para ello se han realizado ensayos de conductividad térmica a cuatro muestras con diferentes dosificaciones de arcilla y virutas de madera y, posteriormente, se ha modificado la transmitancia térmica de la envolvente mediante la aplicación el material ensayado. Por último, se han desarrollado una serie de simulaciones energéticas cuantificando la reducción de la demanda de calefacción, obteniendo un ahorro del 28% mediante la aplicación del material ensayado.



This paper describes the study of a house in the city of Ushuaia, Patagonia, Argentina, built in a vulnerable social context. Given the climatic characteristics of the area, propane gas is 99.5% subsidised. Annual energy consumption is 712.4 kWh/m<sup>2</sup> to heat a 43.6 m<sup>2</sup> house. The study's main objective is to evaluate a proposal to improve the thermal resistance of the envelope. For this purpose, thermal conductivity tests were carried out on four samples with different clay and wood chip dosages and, subsequently, the thermal transmittance of the envelope was modified by applying the tested material. Finally, a series of energy simulations were developed to quantify heating demand reduction, obtaining a saving of 28% by applying the tested material.

Arcilla, Virutas, Eficiencia energética, Conductividad térmica

Clay, Wood shavings, Energy efficiency, Thermal conductivity



## 1\*

### Introducción

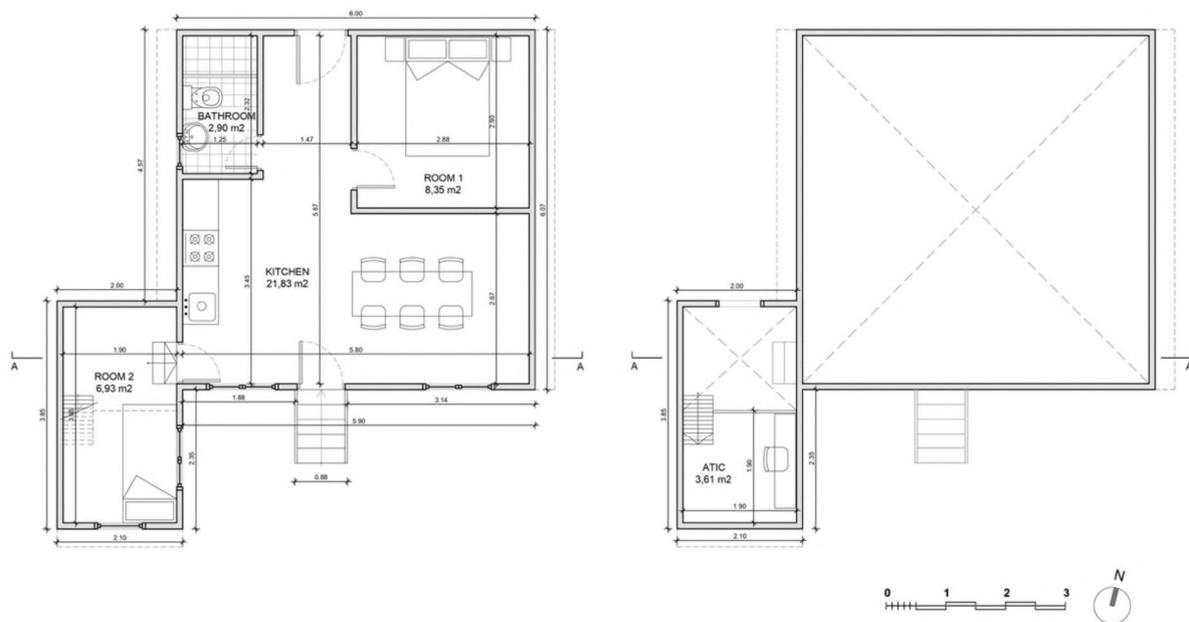
En Argentina, el gas natural es el principal combustible para el uso residencial a nivel nacional. Según censos urbanos, alrededor del 70,4% de los hogares están conectados a la red de gasoductos (Instituto Nacional de Estadística y Censos 2018). “Los hogares fuera de la red de gas natural utilizan principalmente gas envasado, y en menor cantidad utilizan leña, queroseno y electricidad como fuentes de energía térmica” (González 2009).

Argentina no presenta una diversificación de la matriz de abastecimiento energético por tanto depende mucho de los hidrocarburos líquidos y gaseosos que lo hacen muy vulnerable precisamente por ser un recurso no renovable y en este caso con un enorme potencial de agotamiento (Kozulj 2015). Por ello, debe afrontar serios retos para garantizar el acceso de su población a los recursos energéticos.

A raíz de la devaluación de la moneda (pesos) en 2002 se congelaron, en moneda local, las tarifas de gas y electricidad mientras que en el caso del petróleo crudo y sus derivados se impusieron retenciones a los precios de exportación (Roberto Kozulj 2012). Lo que derivó en una serie de decisiones como subsidiar el costo que supone la brecha entre la oferta y la demanda de energía para mantener congelados los precios internos, esto derivó en un escenario donde “los subsidios mantuvieron los precios de la energía entre 9 y 26 veces más bajos que los precios regulares de otros países” (González 2009).

Las regiones más frías se han beneficiado de las subvenciones debido a su situación geográfica y a la alta demanda de calefacción. Sin embargo, el sistema de subsidios no ha permitido a la población desarrollar un sentido de conciencia energética y ambiental. Así, los hogares de ingresos medios o altos son los más beneficiados ya que no han necesitado mejorar el rendimiento térmico de sus viviendas (Filippín y Larsen 2012). Por el contrario, los hogares de bajos ingresos, que en la mayoría de los casos no están conectados a la red de gasoductos debido a su ubicación vulnerable, invierten más recursos en calefactar sus viviendas sin alcanzar el confort.

Investigaciones realizadas en los últimos años por expertos han retratado la problemática actual del sector residencial en diferentes zonas climáticas en las que se han tomado como casos de estudio viviendas en zonas urbanas, tanto de promoción social, como de construcción privada. Estudiando entre otras cosas, el comportamiento térmico de la envolvente, el consumo histórico de energía, el impacto del usuario en la reducción del consumo energético, etc. Para ello se han utilizado programas de simulación energética proponiendo alternativas de mejoras futuras y accesibles (Filippín, Flores Larsen y Ricard 2018; Filippín et al. 2017; Filippín, Larsen y Mercado 2011).



**FIGURA 01** » Planos de la vivienda caso de estudio.

Por otro lado, se han desarrollado estudios centrados en los materiales utilizados en la construcción y sus impactos ambientales, así como la propuesta de mejoras en los equipos de climatización más utilizados en el territorio (González 2014; Juanicó y González 2008).

#### Contexto local

Ushuaia forma parte de la región Patagónica, ubicada en el extremo sur a un aproximado de 3 mil km de distancia de la capital del país. Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, la región estudiada presenta un clima de tundra polar (Et) (Peel, Finlayson y McMahon 2007). El clima en esta región podría ser tan frío como en el norte de Europa, con temperaturas invernales que ocasionalmente bajan a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y temperaturas medias máximas en verano de unos  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Instituto Argentino de Normalización y Certificación 2012). El periodo de calefacción cubre el año entero. En esas condiciones, existen hogares sin conexiones de gas natural, y las cualidades térmicas de los edificios no se ajustan a los requisitos de aislamiento que exige la región climática.

## 2\*

### Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo modificar las características térmicas de la envolvente opaca de la vivienda de estudio (figura 01, 02 y 03), para lo cual se proponen materiales naturales locales como la arcilla y las virutas de madera. Esta propuesta tiene por objetivo reducir la demanda energética y mejorar las condiciones de habitabilidad de la vivienda. Si bien el estudio no busca dar una solución constructiva detallada, se considera que el material ensayado se coloca como capa interior del muro.

Para poder colocar el material sería necesario realizar paneles de dimensiones fácilmente manipulables y una vez secos colocarlos entre la estructura de la vivienda, de la misma forma que se encuentra colocada la lana de vidrio en el estado actual.

### 3\*

#### Caso de estudio

La vivienda que se ha estudiado forma parte de un grupo de viviendas construidas como refugio de emergencia para reubicar a las familias en situación vulnerable habitacional. El conjunto de viviendas se construyó de forma precaria, con materiales poco eficientes. Por esta razón, actualmente son módulos habitacionales diferentes entre sí ya que los usuarios han realizado modificaciones para adaptar los espacios a sus necesidades.

Los sistemas de construcción más utilizados en la región tienen poco que ver con el clima donde se ubican. En cuanto a la estructura, existe una marcada tendencia al uso de estructuras independientes de madera y/o perfiles metálicos, aislados con lana de vidrio y revestidos de chapa metálica en el exterior y de cartón-yeso en el interior.

La vivienda estudiada aún mantiene las características originales casi en su totalidad tanto en dimensiones como en materialidad. Se encuentra elevada del terreno y se compone de estructura de madera, revestimiento de muros y cubierta de chapa metálica, aislamiento térmico de 5 cm de lana de vidrio en cubierta y muros y, al interior revestido de placas de cartón yeso. Todas las ventanas son de marco de madera y vidrio sencillo (6 mm). No se utiliza aislamiento térmico en el suelo.

Los dispositivos para la calefacción utilizados son unidades individuales con quemadores de gas que transfieren calor a la zona por convección de aire y radiación térmica. La instalación es sencilla y barata, siendo esta una de las razones de su popularidad. Hasta el momento, este sector residencial ha estado utilizando el gas embotellado y la madera como principales recursos de energía térmica.

Debido a su localización geográfica, la población cuenta con subsidios en el combustible. Para quienes no están conectados a la red de gasoductos (Ente nacional regulador del gas 2018) el coste total del gas propano envasado es de 1,2 USD x kg, el estado cubre el 99,5% (Valores obtenidos el día 8 de agosto de 2023. 1 peso argentino (\$) = USD 294).

La cantidad de kg de gas propano subsidiado varía según la estación, estas se definen en dos grandes periodos, verano: de octubre a abril e invierno: de mayo a septiembre. Durante el periodo considerado verano (octubre-abril) sólo se subvencionan 240 kg (3214 kWh) por mes y durante el periodo considerado invierno (mayo-septiembre) 450 kg (6025 kWh) por mes. Si los usuarios consumen una cantidad de kg mensuales superior a la descrita deben pagar el coste de 1,2 USD por kg extra consumido.

### 3.1\*

#### Consumo energético y características térmicas de la envolvente

En el presente apartado se expondrá la información relativa al consumo de energía de calefacción y las características térmicas de la vivienda en estado actual. Los datos sobre el uso de la energía fueron proporcionados por los propietarios.



**FIGURA 02** » Caso de estudio. Fachada sur. Fuente propia.



**FIGURA 03** » Caso de estudio. Fachada norte. Fuente propia.

En este caso, cuentan con acceso a bombonas de gas propano cuyo peso unitario es de 45 kg para calentar los espacios habitables, realizar tareas de cocina y calentar el agua. El sistema de calefacción de la vivienda consiste en una unidad individual de 5000 W alimentada por gas propano.

**TABLA 01** » Consumo energético por periodo. Datos de consumo actualizados año 2023.

Consumo de gas propano							
	Área	Verano*		Invierno*		Anual	
	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kg	kWh/m <sup>2</sup>	kg	kWh/m <sup>2</sup>	kg
V1	43,6	290,2	945	422,2	1.375	712,4	2.320

\*verano periodo comprendido entre octubre y abril e invierno periodo comprendido entre mayo y septiembre.

La vivienda consume 135 kg por mes durante el periodo de verano (octubre-abril) y 275 kg por mes durante el periodo de invierno (mayo-septiembre). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede ver el equivalente de consumo para cada estación expresado en kWh/m<sup>2</sup>. Los valores expresados confirman que el comportamiento térmico es ineficiente y que la necesidad de energía para alcanzar el confort es elevada.

**TABLA 02** » Composición de la envolvente. Situación actual, caso de estudio.

Envolvente	Materiales	Espesor (m)	Conductividad térmica λ (W/m. K) (Instituto Eduardo Torroja 2011)
Muros	Acero galvanizado	0,004	50,0
	Pie derecho de madera	0,08	0,23
	Lana de vidrio	0,05	0,04
	Placa de yeso	0,018	0,18
Cubierta	Acero galvanizado	0,004	50,0
	Viga de cubierta (madera)	0,10	0,23
	Lana de vidrio	0,05	0,04
	Tablero de virutas orientadas (OSB)	0,015	0,13
Suelo	Viga de piso (madera)	0,10	0,23
	Tablero de virutas orientadas (OSB)	0,015	0,13
	Suelo vinílico	0,007	0,17

**TABLA 03** » Transmitancia térmica de la envolvente opaca. Situación actual, caso de estudio. Los valores han sido obtenidos del modelo de simulación energética.

Transmitancia térmica (U) <sup>1</sup>	W/m <sup>2</sup> K
Muros	1,22
Cubierta	0,83
Suelo	2,82

#### 4\*

### Metodología

Dado el contexto detallado en apartados anteriores, se han estudiado materiales de fácil acceso. Estos materiales son las virutas de madera y la arcilla. La arcilla es un recurso de abundancia en la isla la cual cuenta con alta inercia térmica y bajo impacto ambiental. En el caso de la viruta de madera es un residuo de la industria maderera, activa en la zona.

Una vez definidos los materiales a utilizar, se obtuvieron arcillas locales para desarrollar los ensayos y así acercarse de forma más precisa a la situación real de comportamiento del material.

Se ha desarrollado una metodología analítica en la que se han realizado ensayos de conductividad térmica a cuatro muestras con diferentes dosificaciones de los materiales previamente mencionados calculando su conductividad térmica y, posteriormente se ha calculado la transmitancia térmica de la envolvente aplicando el material ensayado. Por último, se han desarrollado una serie de simulaciones energéticas con el objetivo de estimar el porcentaje de disminución de la demanda energética en calefacción.

#### 4.1\*

### Ensayo de conductividad térmica

Se realizaron cuatro muestras, las tres primeras con diferente dosificación entre arcilla y virutas de madera y la última consistió en arcilla sola sin agregados. Posteriormente al armado de las muestras, se aplicó un peso de 6 kg para ayudar a la compactación. Por otro lado, se mantuvieron durante 4 días en secado natural a temperatura ambiente y 1 día en estufa a 40 °C constantes para ayudar a la evaporación de la humedad. Los espesores finales se modificaron una vez aplicada la compactación, por lo que se ha tenido que calcular en base a una media de 24 puntos medidos en la superficie. Todas las muestras se realizaron en el mismo periodo, protegidas del sol y de la intemperie. La cantidad de agua utilizada fue la mínima necesaria para aglutinar los principales materiales, ya que las mediciones se harían con las muestras en seco, por tanto, la incorporación de agua sólo ha tenido un fin funcional (figura 04). El ensayo se realizó con el método de caja caliente, siguiendo la norma UNE -EN-ISO-8990: 1994 "Determinación de las propiedades de transmisión térmica en estado estacionario. Métodos de caja caliente guardados y calibrados" (Asociación española de normalización y certificación 1997). Lo que consiste en la colocación de la muestra en una de las caras de la caja caliente (figura 05) la cual contiene una bomba de 60 W en su interior y está construida de forma estanca para evitar pérdidas de energía.

**FIGURA 04** » Probeta 3. Fuente propia.



**FIGURA 05** » Elementos utilizados para la realización del ensayo de conductividad térmica. Fuente propia.

En la cara externa de la muestra hay una placa de poliestireno expandido de 2 cm de espesor, que se utiliza como material de referencia a la hora de realizar los cálculos finales.

El tiempo de medición de la temperatura depende de la masa térmica y la densidad del material, en este caso, fue de aproximadamente cuatro horas por muestra. El aumento progresivo de la temperatura se observa hasta que la variación de los grados centígrados sea mínima o inexistente, pudiendo ocurrir pequeñas variaciones debido a la temperatura ambiente y/o a posibles cambios en la tensión de la línea. Una vez estabilizada, la variación de la temperatura es de centésimas de grados Celsius. En el caso de la probeta 3, la temperatura registrada por el termómetro ubicado sobre la cara exterior de la caja de ensayo fue de 31,2°C. En este punto, se registraron los datos cada 5 minutos durante un mínimo de 40 minutos para asegurar la estabilización. Equipamiento utilizado: Termómetros digitales para dos termopares NiCr-Ni, marca PHYWE. Ver especificaciones en la tabla 04.

**TABLA 04** » Datos técnicos del equipamiento utilizado.

Datos técnicos	
Rango de medición	-50°C, +1300°C
Temperatura de trabajo	0°C, +50°C- Precisión (a 20°C): ± 0,3% + 1°C
Velocidad de medición 2,5 / seg- Resolución	1°C / 0.1°C
Batería	9 V- Duración de la batería. aprox. 200 h
Dimensiones	147 x 70 x 39 mm
Peso	210 g

## 4.2\*

### Transmitancia térmica

La normativa local establece los valores máximos de transmitancia térmica aplicables a los muros y techos de los edificios residenciales para garantizar las condiciones mínimas de habitabilidad. La normativa identifica cuatro niveles definidos por los valores de transmitancia térmica de muros y techos (tabla 05) relacionados con la temperatura exterior de diseño de la localidad; en el caso de la ciudad de Ushuaia, dicha temperatura es de -8,6 °C (Netto y Czajkowski 2016). Los valores corresponden en grado decreciente a condiciones de confort higrotérmico siendo Nivel A el conjunto de valores recomendado por la normativa, niveles A/B y B valores medios y Nivel C valores mínimos de aceptación por la norma citada previamente.

**TABLA 05** » Valores de transmitancia térmica establecidos por las normas locales (Instituto Argentino de Normalización y Certificación 2019).

Transmitancia térmica (U)	Nivel A W/m <sup>2</sup> K	Nivel A/B W/m <sup>2</sup> K	Nivel B W/m <sup>2</sup> K	Nivel C W/m <sup>2</sup> K
Muro	0,27	0,50	0,72	1,23
Cubierta	0,23	0,42	0,61	1,00

De acuerdo con los valores de transmitancia térmica calculados para la situación actual del caso de estudio, muros  $1,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  y cubierta  $0,83 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  la vivienda se encontraría entre el nivel B y C establecido por la normativa.

### 4.3\*

#### Simulación energética

Se han realizado una serie de simulaciones energéticas utilizando el software Design Builder v 6.1.2.005 con Energy Plus v 8.9.0.001. Se ha tomado la situación térmica actual de la envolvente de la vivienda como punto de partida (tabla 02 y tabla 03).

Las características de la edificación se han obtenido mediante visitas a la vivienda, conversaciones con los ocupantes e información proporcionada por el ayuntamiento de la ciudad de Ushuaia.

Para establecer las condiciones climáticas exteriores locales se utilizó un archivo climático horario con datos estadísticos. Por otro lado, para representar el perfil ocupacional de la vivienda se han combinado datos proporcionados por los ocupantes y en los casos que no ha sido posible la obtención de la información, se han tomado las configuraciones consideradas para modelos térmicos de edificios residenciales en el Código técnico de la edificación de España (Ministerio de Fomento 2019).

En cuanto a las cargas por calefacción, se incorporaron los datos de los equipos existentes en la vivienda, información proporcionada por los ocupantes, así como también el tiempo de uso del sistema de calefacción y la información relacionada con la ventilación natural.

Al modelo base de la situación actual se le han aplicado dos modificaciones para fines comparativos. Por un lado, se ha considerado la solución más utilizada en el mercado de la construcción local, que es la lana de vidrio (0,10 m), denominada P1, como aislamiento térmico para paredes, cubiertas y suelos. Por otro lado, siguiendo los objetivos de la investigación, se han aplicado 0,15 m del material ensayado (muestra 3), denominado P2, como aislamiento térmico de toda la envolvente.

Si bien no se ha calibrado la simulación con datos medidos in situ, se ha decidido desarrollar la misma con intención de cuantificar a grandes rasgos el impacto de la modificación de los valores de transmitancia en cuanto a la demanda de calefacción aplicando el material ensayado para poder obtener una conclusión y un resultado más cercano a la problemática actual de la vivienda en cuanto al impacto de las mejoras.

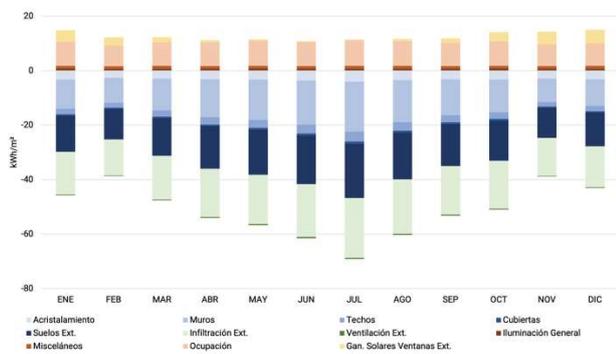
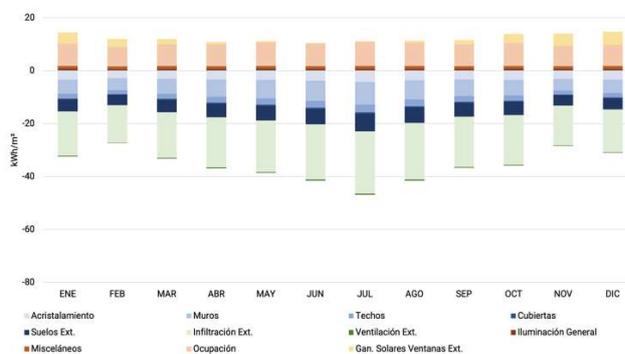


FIGURA 06 » Balance térmico. Situación actual.

FIGURA 07 » Balance térmico. Propuesta 1. Aplicación de lana de vidrio.



## 5\* Resultados

### 5.1\*

#### Ensayo de conductividad térmica

Como se puede observar, los resultados cuantitativos de la conductividad térmica varían en función del número de virutas de madera que contiene la mezcla, ya que su valor de conductividad térmica es inferior al de la arcilla (0,079 W/m. K), lo que mejora los resultados. Si bien este es un resultado esperable, resulta importante valorar opciones en cuanto al porcentaje de material aislante introducido en la mezcla final.

TABLA 06 » Resultados de ensayo de conductividad térmica.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Arcilla	600 g	500 g	300 g	796 g
Viruta de madera	27,5 g	30 g	60 g	0 g
Agua	150 ml	125 ml	125 ml	0 ml
Espesor	0,26 m	0,25 m	0,24 m	0,30 m
Conductividad térmica	0,24 W/m.K	0,19 W/m.K	0,12 W/m.K	0,27 W/m.K

### 5.2\*

#### Transmitancia térmica

El caso de estudio cumple al límite con los valores mínimos establecidos por la norma. Sin embargo, si se aplicara sólo 0,15 m del material ensayado (muestra 3), se obtendría una nueva y mejorada transmitancia térmica de la envolvente. La normativa no establece limitaciones para los suelos, siendo un área en la que es habitual encontrar edificios elevados del suelo. En el caso de estudio, uno de los puntos de mayor pérdida de energía es el forjado (U: 3,16 W/m<sup>2</sup> K), lo que merece una reflexión sobre la atención que se presta a su construcción. La tabla 07 muestra comparativamente los valores de la situación actual junto con los valores resultantes de una posible aplicación de la mezcla de arcilla y virutas de madera más cartón yeso en la cara interior de la pared, lo que confirma el objetivo previsto: modificar las características térmicas utilizando materiales naturales aporta a la mejora las condiciones de confort del interior de la vivienda.

**TABLA 07** » Comparación de los valores de transmitancia térmica entre la situación actual y las opciones de mejoras estudiadas.

Transmitancia térmica (U)	Situación actual	Lana de vidrio (0,10 m)	Muestra 3 (0,15 m)
Muros	1,22 W/m <sup>2</sup> K	0,76 W/m <sup>2</sup> K	0,81 W/m <sup>2</sup> K
Cubierta	0,83 W/m <sup>2</sup> K	0,47 W/m <sup>2</sup> K	0,70 W/m <sup>2</sup> K
Suelo	2,82 W/m <sup>2</sup> K	0,27 W/m <sup>2</sup> K	0,62 W/m <sup>2</sup> K

### 5.3\*

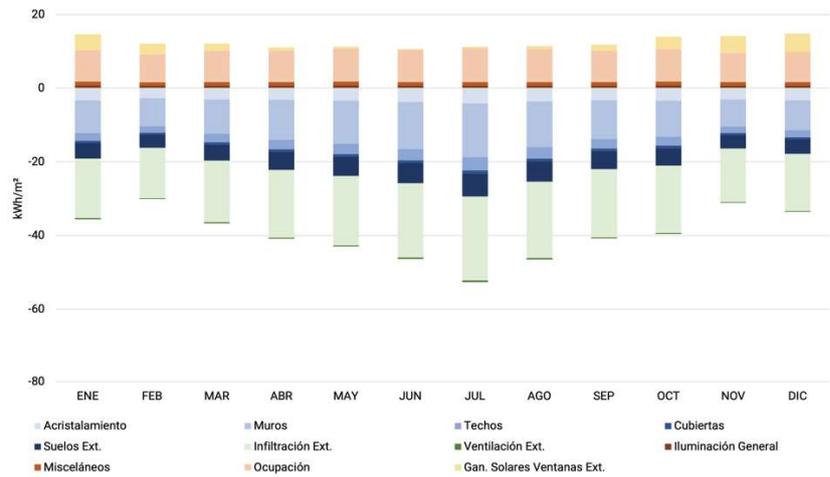
#### Simulación energética

La tabla 08 muestra comparativamente los valores mensuales de demanda de calefacción de la situación actual junto con los valores resultantes de una posible aplicación de la mezcla ensayada y la lana de vidrio. También, se incorporan los porcentajes de ahorro obtenidos mediante la modificación de las características térmicas de las envolventes opacas en relación con la situación actual, mediante la aplicación de la P1 y la P2.

Entre las figuras 06 y 08 se grafica el balance térmico de los tres escenarios en los que se puede ver la reducción de las pérdidas por envoltente. Mediante la aplicación de la P1, la reducción de pérdidas por muros, techos, cubiertas y suelos es de 56% en relación con el estado actual. En cuanto a la aplicación de la P2, la reducción es de 41%.

**TABLA 08** » Demanda anual de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>) para los tres escenarios estudiados.

Demanda anual de calefacción kWh/m <sup>2</sup>			
	Situación actual kWh/m <sup>2</sup>	P1-Lana de vidrio (0,10 m) kWh/m <sup>2</sup>	P2-Muestra 3 (0,15 m) kWh/m <sup>2</sup>
Enero	31,0	18,2	21,3
Febrero	26,7	15,8	18,5
Marzo	35,4	22,1	25,5
Abril	42,7	27,1	31,0
Mayo	45,0	28,6	32,9
Junio	50,3	32,2	36,9
Julio	57,1	37,0	42,6
Agosto	48,3	31,4	36,2
Septiembre	41,2	26,1	30,2
Octubre	36,8	22,6	26,2
Noviembre	24,8	14,3	16,9
Diciembre	28,1	16,3	19,0
<b>Total anual</b>	<b>467,5</b>	<b>291,8</b>	<b>337,3</b>
<b>Porcentaje de ahorro</b>	<b>-</b>	<b>38%</b>	<b>28%</b>



**FIGURA 08** » Balance térmico.  
Propuesta 2. Aplicación del material ensayado.

## 6 \*

### Conclusiones

Existe potencial para mejorar el comportamiento térmico de la vivienda caso de estudio con materiales autóctonos de bajo coste, añadiendo otras ventajas como la accesibilidad del usuario, el bajo impacto ambiental y la disponibilidad. Aunque el valor de la conductividad térmica de la lana de vidrio es (0,03 W/m K), un ideal inalcanzable con la mezcla ensayada (0,12 W/m K), es un punto de partida optimista en el camino para lograr el confort, la igualdad social, la reducción de la inversión y el consumo de energía.

En cuanto a la mejora de las transmitancias térmicas de la envolvente, si bien los valores obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por la norma local, es importante destacar que los valores aún son muy altos para las necesidades de la zona (ver tabla 07).

En relación con la simulación energética realizada es posible concluir que la demanda anual de calefacción se reduce en un 28% utilizando 0,15 m de espesor del material ensayado (P2) y un 38% aplicando 0,10 m de lana de vidrio (P1), material con mejores prestaciones, pero de origen industrial el cual trae asociadas las emisiones producidas en su fabricación y traslado.

También se puede observar y cuantificar que se reduce un 56% de pérdidas por envolvente opaca aplicando la P1 y un 41% de pérdidas aplicando la P2.

Tal y como se gestionan actualmente las subvenciones a la energía en la zona estudiada, el ahorro calculado representa un importante impacto, no solo para las familias que ocupan viviendas con condiciones materiales similares si no también, para el estado provincial que asume los costes de la energía consumida.

Por otro lado, si esta modificación se aplicara en casas vecinas, construidas en la misma época y con características similares, el ahorro de inversión en combustibles destinados a la calefacción sería alto, tanto económica como energéticamente. Si bien los valores de transmitancias aún requieren mejoras, esto lleva a considerar la importancia de este tipo de acciones en lugares extremos y con viviendas deficientes ya que genera impactos que se pueden ver y cuantificar en un plazo muy corto.

## Referencias

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 1997. UNE-EN ISO 8990:1994 Determinación de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario Métodos de la caja caliente guardada y calibrada. 1997. Madrid: AENOR.

ENTE NACIONAL REGULADOR DEL GAS, 2018. Informe 2018. Buenos Aires: Ente Nacional Regulador del Gas.

FILIPPÍN, C., FLORES LARSEN, S. y RICARD, F., 2018. Improvement of energy performance metrics for the retrofit of the built environment. Adaptation to climate change and mitigation of energy poverty. *Energy and Buildings*, vol. 165, ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2017.12.050.

FILIPPÍN, C. y LARSEN, S., 2012. Historical Consumption of Heating Natural Gas and Thermal Monitoring of a Multifamily High-Rise Building in a Temperate/Cold Climate in Argentina. *Buildings*, vol. 2, no. 4, ISSN 2075-5309. DOI 10.3390/buildings2040477.

FILIPPÍN, C., LARSEN, S.F. y MERCADO, V., 2011. Winter energy behaviour in multi-family block buildings in a temperate-cold climate in Argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 1, ISSN 13640321. DOI 10.1016/j.rser.2010.09.038.

FILIPPÍN, C., RICARD, F., FLORES LARSEN, S. y SANTAMOURIS, M., 2017. Retrospective analysis of the energy consumption of single-family dwellings in central Argentina. Retrofitting and adaptation to the climate change. *Renewable Energy*, vol. 101, ISSN 18790682. DOI 10.1016/j.renene.2016.09.064.

GONZÁLEZ, A.D., 2009. Energy subsidies in Argentina lead to inequalities and low thermal efficiency. *Energies*, vol. 2, no. 3, ISSN 19961073. DOI 10.3390/en20300769.

GONZÁLEZ, A.D., 2014. Energy and carbon embodied in straw and clay wall blocks produced locally in the Andean Patagonia. *Energy and Buildings*, vol. 70, ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2013.11.003.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 2012. *IRAM 11603:2012 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. 2012. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, 2019. *IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética*. 2019. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

INSTITUTO EDUARDO TORROJA, 2011. *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE* [en línea]. 2011. España: Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas. Disponible en: <http://itec.cat/cec/>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, 2018. *Indicadores de condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos*. 2018. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos, INDEC.

JUANICÓ, L.E. y GONZÁLEZ, A.D., 2008. Savings on natural gas consumption by doubling thermal efficiencies of balanced-flue space heaters. *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 8, ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2008.02.002.

KOZULJ, R., 2015. *El sector energético argentino: Un análisis integrado de sus problemas, impactos y desafíos macroeconómicos*. Viedma: s.n. ISBN 978-987-3667-18-3.

MINISTERIO DE FOMENTO, 2019. *Documento Básico HE Ahorro de Energía*. 2019. S.I.: Ministerio de Fomento.

NETTO, G.R. y CZAJKOWSKI, J.D., 2016. Comparación entre las normas de desempeño térmico edilicio de Argentina y Brasil. *Ambiente Construido*, vol. 16, no. 1, ISSN 1678-8621. DOI 10.1590/s1678-86212016000100063.

PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L. y MCMAHON, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, vol. 11, no. 3, ISSN 10456740. DOI 10.1002/ppp.421.

ROBERTO KOZULJ, 2012. *Energía y Desarrollo. Los desafíos del Sector Energético Argentino*. 2012. S.I.: PNUD.