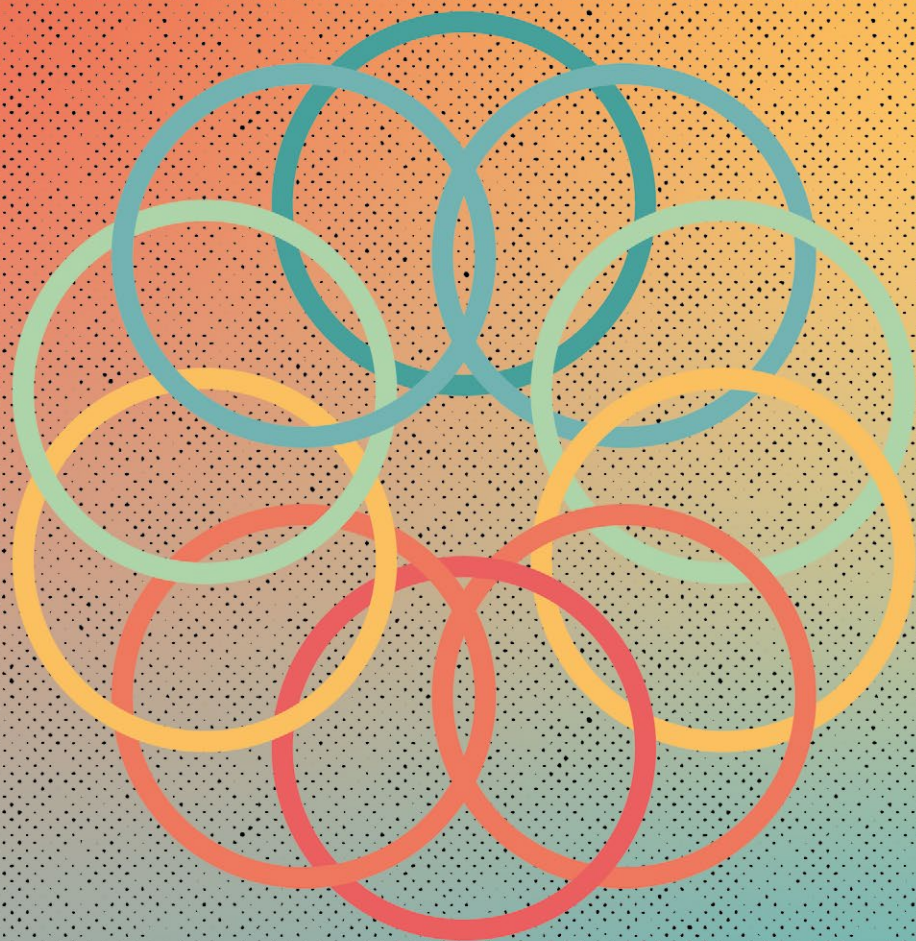


COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UN MATERIAL DE CAMBIO DE FASE EN TECHO HORIZONTAL



SÍNTESIS DE
INVESTIGACIÓN

Julio 2024
Nº25



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UN MATERIAL DE CAMBIO DE FASE EN TECHO HORIZONTAL

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

François Simon, Letzai Ruiz-Valero

Diseño

Nicolás Gutiérrez

Cómo citar este documento:

Simon, F., Ruiz-Valero, L., (2024).

Comportamiento térmico de un material de cambio de fase en techo horizontal.

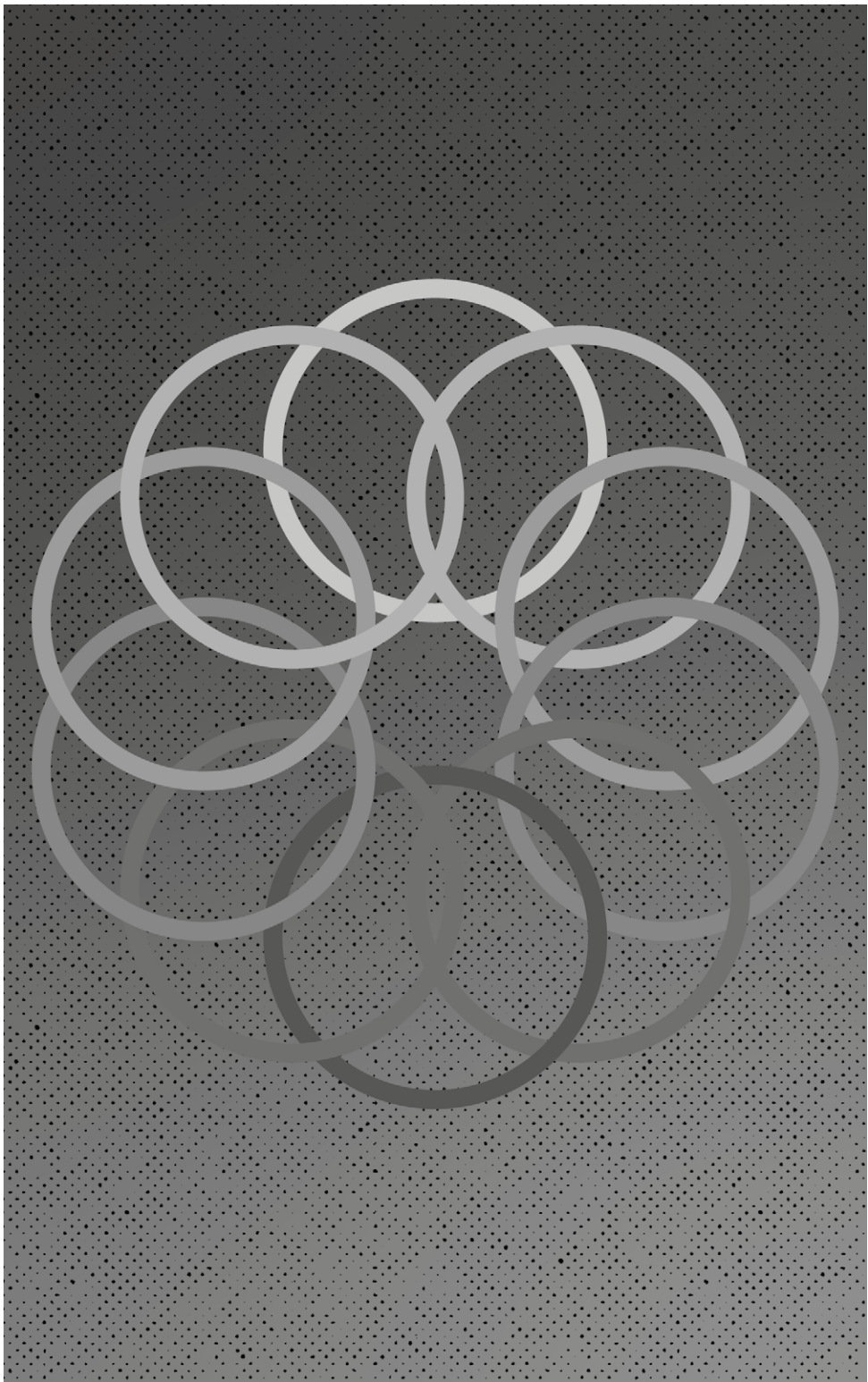
Síntesis de Investigación N°25. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago.

<https://doi.org/10.7764/cedeus.si.25>



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)

Primera edición
Julio 2024 / N°25



PUNTOS CENTRALES

- El estudio analiza el comportamiento térmico de un material de cambio de fase (MCF) inorgánico eutéctico integrado en techo horizontal.
- Se realizan experimentos en dos casetas en Antofagasta durante diferentes estaciones.
- Se desarrolla un modelo numérico para simular el desempeño térmico de las casetas en otras zonas climáticas de Chile.
- Se muestra que la integración del MCF estudiado en elementos de envolvente tiene potencial para mejorar la gestión térmica de los edificios.

CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El documento aborda un desafío significativo en el sector de la construcción en Chile: el consumo energético, que representó el 23% del consumo energético total del país en 2022 [1]. De esta cifra, el 53% se destinó a la calefacción y refrigeración [2]. Esta alta demanda energética resalta la importancia de mejorar la eficiencia térmica de los edificios para reducir el consumo de energía y mitigar su impacto ambiental [3].

Una estrategia para abordar este problema es el uso de materiales de cambio de fase (MCF), que tienen la capacidad de almacenar y liberar calor latente durante el proceso de fusión y solidificación [4,5]. Este estudio se centra en un MCF inorgánico eutéctico (48% CaCl_2

+ 4,3% NaCl + 0,4% KCl + 47,3% H_2O) integrado en el tejado como una solución para mejorar la gestión térmica de los edificios. La relevancia de esta investigación radica en su contribución a la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes para el sector de la construcción en Chile.

La experimentación se lleva a cabo en Antofagasta, un área con un clima árido caracterizado por temperaturas extremas y escasez de precipitaciones. El estudio se realiza durante diferentes estaciones para comprender cómo el MCF afecta la gestión térmica en condiciones climáticas variables. Además, se consideran otras ciudades chilenas para evaluar la aplicabilidad del MCF en diferentes climas del país.

La investigación no solo busca comprender el comportamiento térmico del MCF, sino también proporcionar datos científicos que respalden su implementación en la construcción de edificios. La aplicación exitosa de MCF en la envolvente del edificio tiene el potencial de reducir significativamente la dependencia de sistemas de calefacción y refrigeración, lo que podría traducirse en ahorros de energía significativos y un mayor confort térmico para los ocupantes de los edificios.

PRINCIPALES RESULTADOS O HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se han construido dos casetas experimentales con idénticas características constructivas (Figura 1), excepto por la composición del tejado. Este consta de una cavidad hermética de acero inoxidable que contiene el MCF estudiado (48% CaCl_2 + 4,3% NaCl + 0,4% KCl + 47,3% H_2O) en la primera caseta y aire

en la segunda, para fines de comparación. Los muros están formados por paneles aislantes de 50 mm ($R=1,6\text{m}^2\cdot\text{K/W}$).

El MCF se preparó mezclando las sales inorgánicas en la proporción adecuada de CaCl_2 , NaCl y KCl con la cantidad correcta de agua destilada, y se vertió en estado

líquido en el panel antes de sellarlo herméticamente (Figura 2). La temperatura exterior y la irradiación solar global, así como las temperaturas interiores de ambas casetas se registraron a intervalos de 30 minutos.

Durante las horas de sol, la radiación solar calienta las casetas desde arriba. Eso produce una diferencia de po-

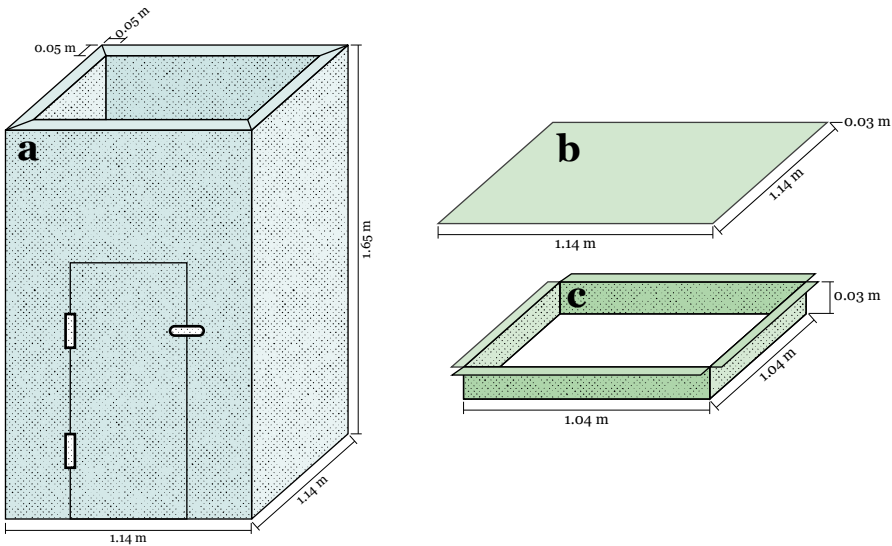


Figura 1. Dimensiones (a) caseta, (b) techo, panel MCF/aire. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Instalación de las casetas y sensores de temperatura. Fuente: Elaboración propia.

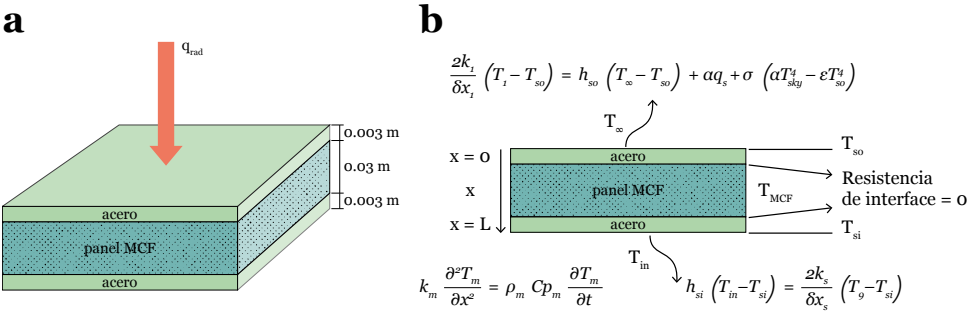


Figura 3. Diagrama de la física del sistema. Fuente: Elaboración propia.

tencial térmico, lo que implica tres procesos principales (Figura 3): una transferencia de calor por convección natural en la superficie exterior, una transferencia de calor por conducción a través del panel del techo, y una transferencia de calor por convección natural entre la superficie interior y el aire interior de las casetas. Durante las horas de sol, el MCF cambia su fase de sólido a líquido, mientras que, durante las horas nocturnas, el MCF se solidifica y rechaza calor al entorno. El ciclo de cambio de fase del MCF se repite todos los días.

El estudio incluye un modelo construido utilizando el método de diferencias finitas para simular el experimento y reproducir numéricamente el comportamiento del MCF [6]. Adicionalmente, se utilizó DesignBuilder v.5.0.2.3 [7] para la verificación del modelo y para simular el desempeño de la misma caseta con MCF en otras zonas climáticas en Chile, en particular en los climas de Calama, Copiapó, Valparaíso, Santiago, Concepción, Temuco, y Punta Arenas.

Los resultados se presentan en gráficos para periodos de 48 horas en marzo, mayo y julio. Las variaciones de las temperaturas interiores simuladas y experimentales de ambas casetas se muestran en la Figura 4 y la Figura 5 respectivamente. Las simulaciones en las diferentes ciudades chilenas se muestran en la Figura 6 y Figura 7.

Los hallazgos revelan que la integración del MCF en una capa del techo tiene un impacto significativo en la gestión térmica de los edificios. En comparación con la otra caseta que tiene una simple capa de aire (Figura 4), la caseta con MCF muestra una reducción notable en las fluctuaciones diurnas de temperatura interior, con mínimas más altas y máximas más bajas (Figura 5). Este

efecto se debe a la capacidad del MCF para almacenar y liberar calor latente, lo que suaviza las variaciones de temperatura interior.

Los resultados de las simulaciones también destacan la eficacia del MCF durante el invierno, donde ayuda a mantener o aumentar la temperatura interior para alcanzar niveles aceptables de confort térmico. Esta capacidad del MCF para estabilizar la temperatura interior durante las estaciones más frías sugiere un potencial significativo para reducir la demanda de calefacción y mejorar el confort térmico de los ocupantes.

Además, las simulaciones en las diferentes ciudades chilenas demuestran la versatilidad del MCF en diferentes climas. Desde regiones desérticas hasta zonas más húmedas, el MCF muestra una capacidad consistente para mantener la temperatura interior dentro de rangos aceptables de confort térmico, lo que sugiere su viabilidad en una amplia variedad de entornos climáticos.

En resumen, los hallazgos de la investigación respaldan la implementación de MCF en la construcción de edificios como una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia energética y el confort térmico. Estos resultados proporcionan una base científica para futuras innovaciones en el diseño y construcción de edificios sostenibles en Chile y más allá.

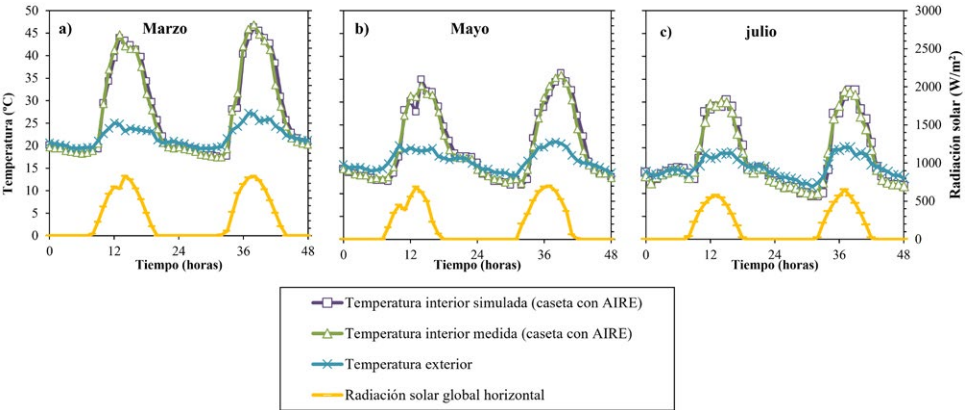


Figura 4. Temperatura interior simulada y medida de la caseta con aire en (a) verano, (b) otoño y (c) invierno.

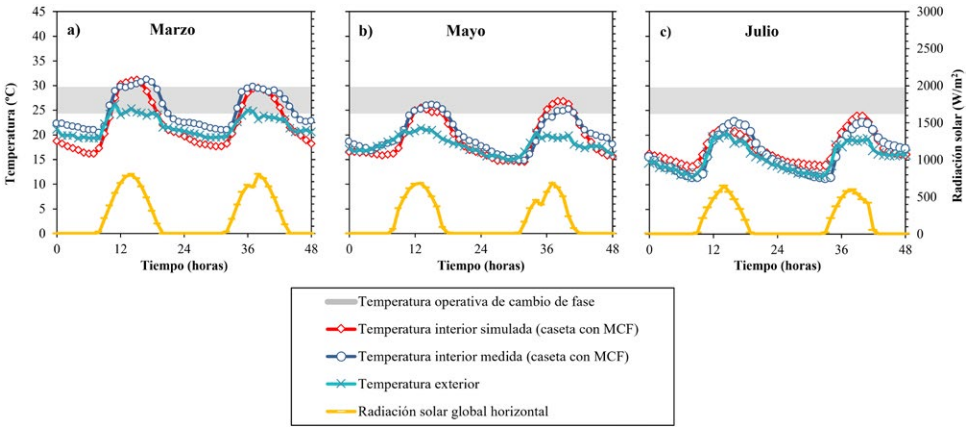


Figura 5. Temperatura interior simulada y medida de la caseta con MCF en (a) verano, (b) otoño y (c) invierno.

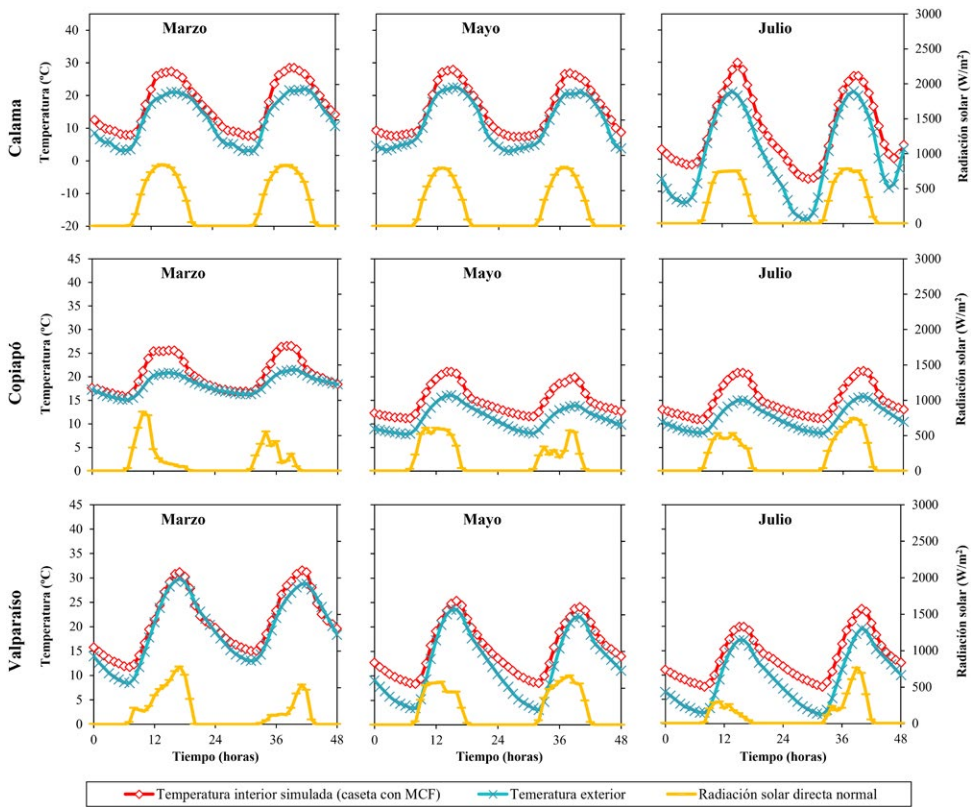


Figura 6. Temperatura interior de la caseta con MCF en Calama, Copiapó, y Valparaíso.

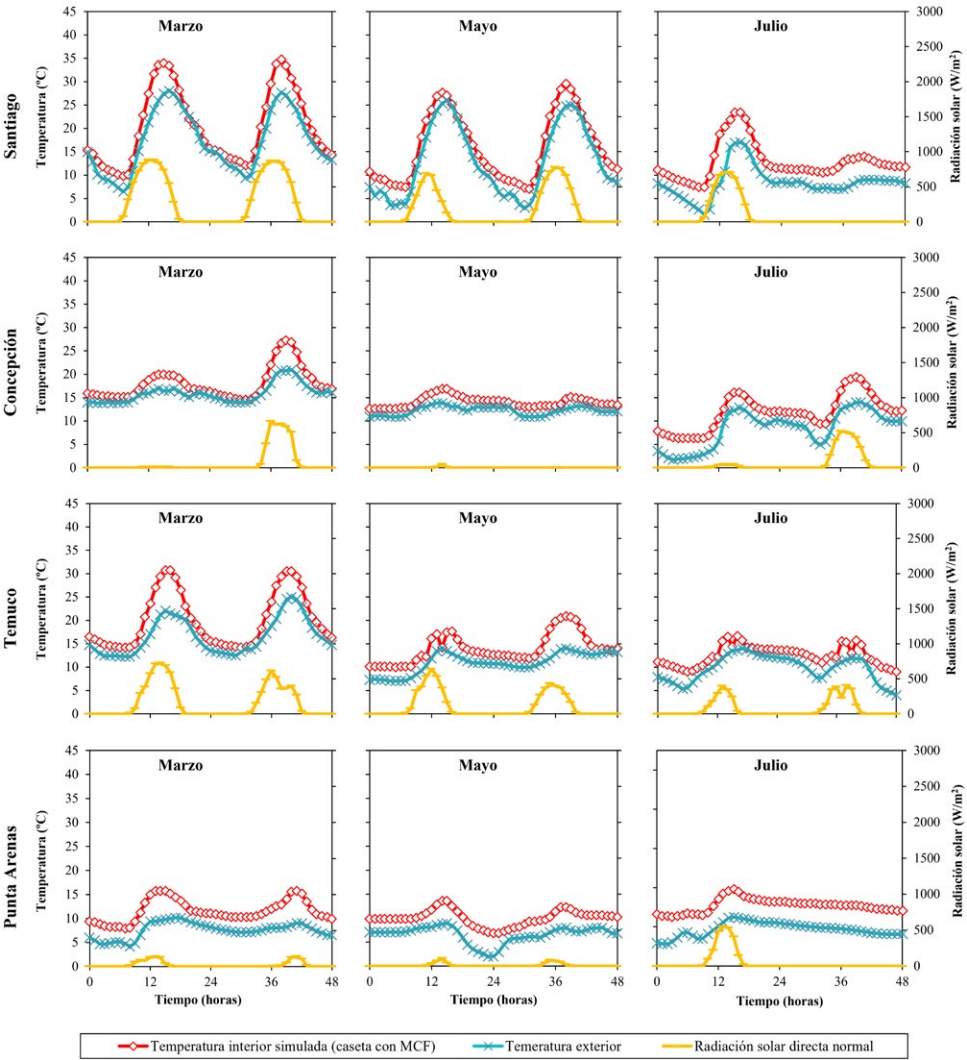


Figura 7. Temperatura interior de la caseta con MCF en Santiago, Concepción, Temuco y Punta Arenas.

CONCLUSIONES

- El MCF integrado en el techo horizontal puede reducir la demanda energética para calefacción y refrigeración, mejorando el confort térmico en diferentes climas chilenos.
- Se destaca la importancia de seleccionar adecuadamente el MCF y su aplicación en la envolvente de acuerdo con sus características termo-físicas (temperatura de fusión, calor latente de fusión y conductividad térmica) para optimizar la gestión térmica del edificio.
- Se señala la necesidad de realizar análisis adicionales para evaluar el efecto de diferentes configuraciones, orientaciones y espesores de MCF en el desempeño térmico de edificios.

REFERENCIAS

- Ministerio de Energía (2022).** *Informe Balance Nacional de Energía*. Santiago, Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022_informe_anual_bne_2020.pdf.
- InData SpA, and CDT (2018).** *Usos de energía de los hogares de Chile*. Informe Final, Santiago, Chile, 2019. https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf.
- Simon, F., Ordoñez, J., Girard, A., and Parrado, C., (2019).** *Modelling energy use in residential buildings: How design decisions influence final energy performance in various Chilean climates*, Indoor Built Environment Vol. 28 533–551. <https://doi.org/10.1177/1420326X18792661>.
- Al-Yasiri, Q., and Szabó, M., (2021).** *Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: A comprehensive analysis*, Journal of Building Engineering Vol. 36. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102122>.
- Rathore, P.K.S., Gupta, N.K., Yadav, D., Shukla, S.K., and Kaul, S., (2022).** *Thermal performance of the building envelope integrated with phase change material for thermal energy storage: an updated review*, Sustainable Cities and Society Vol. 79 103690. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103690>.
- Simon, F., Ruiz-valero, L., Girard, A., and Galleguillos, H., (2024).** *Experimental and Numerical Analysis of a PCM-Integrated Roof for Higher Thermal Performance of Buildings*, Journal of Thermal Science Vol. 33 522-536. <https://doi.org/10.1007/s11630-023-1909-5>.
- DesignBuilder, DesignBuilder v5.0.2.3, (2018).** <https://designbuilder.co.uk/>.



SÍNTESIS DE INVESTIGACIÓN

www.cedeus.cl
comunicaciones@cedeus.cl