

IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES REDES DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN TEMUCO Y VALDIVIA UTILIZANDO MAPEO DE ENERGÍA

IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES REDES DE CALEFACCIÓN DISTRITAL EN TEMUCO Y VALDIVIA UTILIZANDO MAPEO DE ENERGÍA

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

François Simon
Helen De la Fuente
Waldo Bustamante

Diseño

Nicolás Gutiérrez

Cómo citar este documento:

**Simon, F., De la Fuente, H., Bustamante, W.,
(2024). Identificación de potenciales redes de
calefacción distrital en Temuco y Valdivia utilizando
mapeo de energía.** Síntesis de Investigación N°22.
Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago.
<https://doi.org/10.7764/cedeus.si.22>



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición
Marzo 2024 / N°22





Valdivia, Región de los Ríos. Fotografía: Annais Ferreira.

PUNTOS CENTRALES

- Se destaca el potencial de los sistemas de calefacción distrital (CD) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del uso de energía en los hogares.
- Se presenta un método bottom-up para mapear el consumo residencial de energía en ciudades.
- Se identifican áreas con alta densidad de energía (calefacción + agua caliente sanitaria) en Temuco y Valdivia que podrían beneficiarse de sistemas de CD para reducir las emisiones de GEI de los hogares.

CONTEXTUALIZACIÓN DEL TEMA Y PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los gases de efecto invernadero (GEI), productos de la combustión, son directamente responsables del aumento de la temperatura global y sus consecuentes impactos en la crisis climática (IPCC, 2022). Estos gases tienen efectos perjudiciales en la salud humana, la economía y el medio ambiente a nivel mundial (Hao and Van Brown, 2019; Shindell, 2020). En este contexto, es imperativo mejorar la eficiencia energética y realizar la transición a fuentes de energía más limpias para abordar esta problemática, especialmente teniendo en cuenta que Chile se comprometió a reducir sus emisiones de GEI en un 30% por debajo de los niveles de 2007 para 2030 (MMA, 2016), y busca alcanzar la neutralidad de GEI para 2050 (MMA, 2019).

La experiencia a nivel internacional demuestra que los sistemas de calefacción distrital (CD) basados en la generación combinada de calor y electricidad (CHP) tienen un potencial significativo para reducir las emisiones de GEI relacionadas con el uso de energía de los hogares

(Lund et al., 2014), especialmente en comunidades con una alta demanda de calefacción. Estos sistemas de CD comprenden una red de tuberías que conectan los edificios en áreas urbanas o ciudades, permitiendo que reciban calefacción en forma de agua caliente desde plantas centralizadas o múltiples unidades productoras de calor distribuidas (EBP, 2019).

Sin embargo, la planificación y el diseño de estas redes de CD requiere un mapeo geográfico de la demanda de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) para que la energía térmica pueda ser generada y distribuida de manera eficiente (Maria Jebamalai et al., 2019). El trabajo presenta un método bottom-up para mapear el consumo de calefacción a nivel residencial mediante encuestas sobre el gasto de energía en viviendas. Este estudio se centra en las ciudades de Temuco y Valdivia, en el centro-sur de Chile.

METODOLOGÍA

La evaluación del consumo de energía para calefacción y ACS se llevó a cabo a través del procesamiento de encuestas que recopilaban datos sobre los gastos energéticos de los hogares. La encuesta longitudinal se realizó en agosto de 2022 y se realizó a través de entrevistas telefónicas con las y los jefes de hogar. Un total de 384 hogares participaron en esta encuesta, distribuyéndose entre las dos ciudades estudiadas, con 233 hogares en Temuco/Padre Las Casas y 151 en Valdivia. Estas dos ciudades se dividieron en 10 zonas geográficas para seleccionar aleatoriamente un número similar de hogares en cada zona. Además de los gastos energéticos de los hogares, la encuesta recopiló información sobre el tipo de vivienda (casa o departamento), sus características arquitectónicas (superficie, presencia de aislamiento, año de construcción), el número de ocupantes y las características socioeconómicas de los hogares.

El consumo anual de energía (C) para producción de calefacción y ACS, expresado en kWh, fue calculado utilizando la siguiente ecuación.

$$C = \sum_{i=1}^i C_i = \sum_{i=1}^i G_i \cdot P_i \cdot PCI_i$$

Donde “Gi” es el gasto anual en el combustible “i” informado en la encuesta (expresado en CLP), “Pi” representa el precio estándar de mercado del combustible “i” (expresado en CLP/kg), el cual está diferenciado por ciudad (Rojas et al., 2022), y “PCIi” es el poder calorífico inferior del combustible i (expresado en kWh/kg), según lo indicado por el Ministerio de Energía (2022).

Los consumos anuales de energía de los hogares para calefacción y ACS se ponderaron utilizando datos del Censo a nivel de manzana (INE, 2018) para corregir la representatividad de las muestras de la encuesta. Los factores de ponderación fueron calculados teniendo en cuenta (1) la distribución de casas y departamentos y (2) la distribución de los hogares según sus niveles socioeconómicos, en cada zona manzanal de las dos ciudades estudiadas. Posteriormente, se desarrollaron mapas de densidad de calor utilizando un sistema de información geográfica. Esto se realizó mediante la combinación de los consumos ponderados de energía para calefacción y ACS y las densidades de hogares georreferenciados por zona manzanal del Censo.

RESULTADOS

La superficie promedio de las viviendas encuestadas es de 88 m2 y la ocupación promedio por hogar es de 3,4 habitantes (Tabla 1). Alrededor del 60% de las viviendas encuestadas fueron construidas entre los años 2000 y 2020 (Figura 1). Casi un tercio de ellas no cuentan con aislamiento térmico en muros y techumbres (Figuras 2 y 3), y el 60% tiene ventanas de vidrio simple (Figura 4).

	Promedio (desviación estándar)	
	Ocupación (total personas)	Superficie (m²)
Temuco / Padre Las Casas	3,4 (1,5)	84,6 (37,5)
Valdivia	3,5 (1,5)	92,1 (38,4)

Fuente: Elaboración propia.

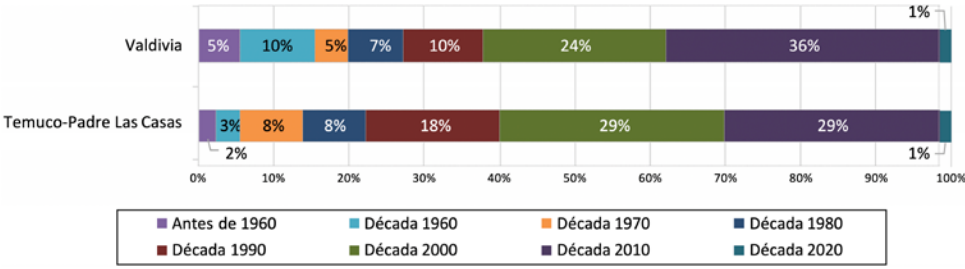


Figura 1. Año de construcción de las viviendas encuestadas. Fuente: Elaboración propia.

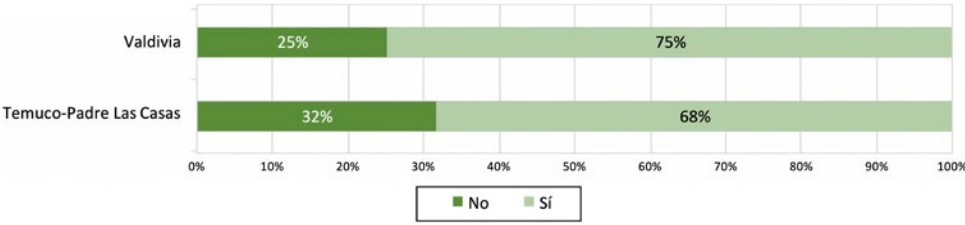


Figura 2. Presencia de aislamiento térmico en muros en las viviendas encuestadas. Fuente: Elaboración propia.

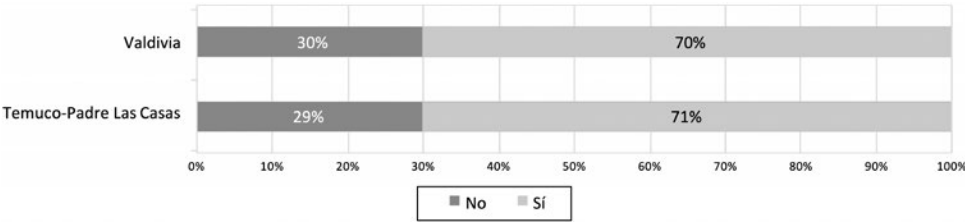


Figura 3. Presencia de aislamiento térmico en techumbre en las viviendas encuestadas. Fuente: Elaboración propia.

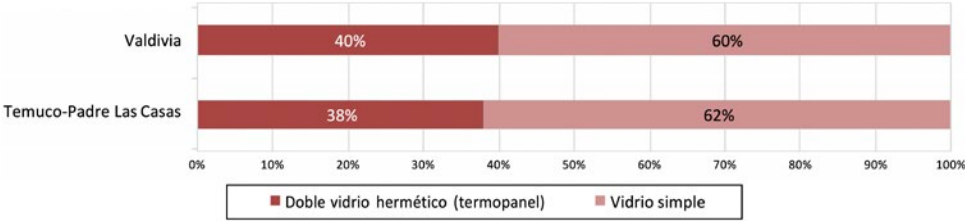


Figura 4. Tipo de ventanas de las viviendas encuestadas. Fuente: Elaboración propia.

En las dos ciudades estudiadas, la leña y el pellet son los dos principales combustibles utilizados para la calefacción y producción de ACS (Figura 5). Mientras que la leña representa el 54% del consumo de energía para calefacción y producción de ACS en los hogares encuestados en Temuco/Padre Las Casas, la proporción de leña alcanza un valor del 68% en Valdivia. El pellet tiene una mayor participación en Temuco / Padre Las Casas (33%) que en Valdivia (21%). El gas, la parafina, la electricidad y el petróleo representan solo en promedio el 12% de participación entre las dos ciudades. En general, la calefacción se logra mediante la combustión de leña, pellet y parafina, mientras que la electricidad y el gas se utilizan para la producción de ACS.

Los consumos de energía para calefacción y producción de ACS por unidad de superficie de vivienda mostraron niveles medianos más bajos en los hogares que viven en departamentos en comparación con los hogares que viven en casas (Figura 6). Los consumos de energía fueron significativamente mayores en hogares de niveles socioeconómicos más bajos (C3 y DE) (Figura 7). Estas figuras son diagramas estadísticos que representan los conjuntos de datos de las muestras en cuartiles. La caja inferior representa los consumos comprendidos entre el 25% y el 50% de la muestra, mientras que la caja superior representa los consumos comprendidos entre el 50% y el 75% de la muestra. Las líneas que se extienden verticalmente indican los límites inferiores

(el 25% de los consumos más bajos) y superiores (el 25% de los consumos más altos), excluyendo los valores atípicos de las muestras. El número “N” indica el tamaño de las muestras.

El modelado espacial con el sistema de información geográfico permitió mapear la densidad de energía (calefacción + ACS) de las viviendas a nivel de manzana en Temuco/Padre Las Casas (Figura 8) y en Valdivia (Figura 9). Las zonas que tienen mayor densidad de energía, señaladas en colores naranja y rojo, son las zonas donde la implementación de sistemas de redes distrital puede tener el mayor impacto en reducir las emisiones de GEI de los hogares.

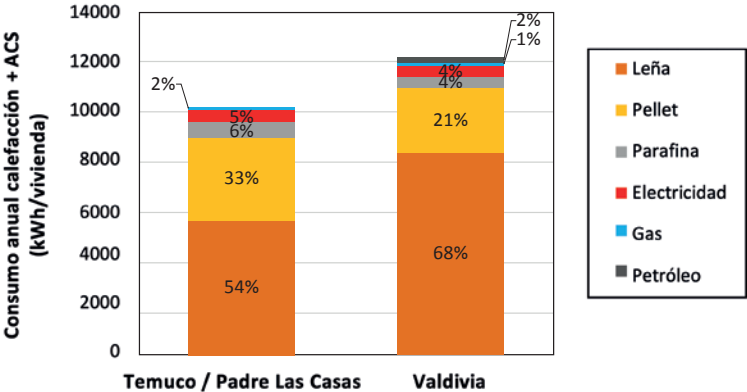


Figura 5. Consumo anual promedio de energía por vivienda (calefacción + ACS) (no ponderado). Fuente: Elaboración propia.

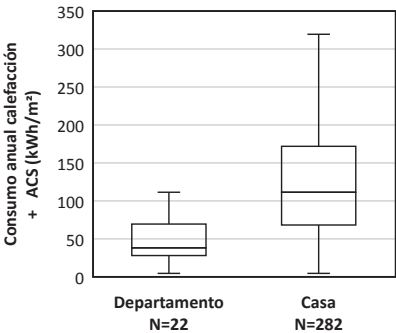


Figura 6. Consumo de energía (calefacción + ACS) (kWh/m²) de los hogares según tipología de edificio (no ponderado). Fuente: Elaboración propia.

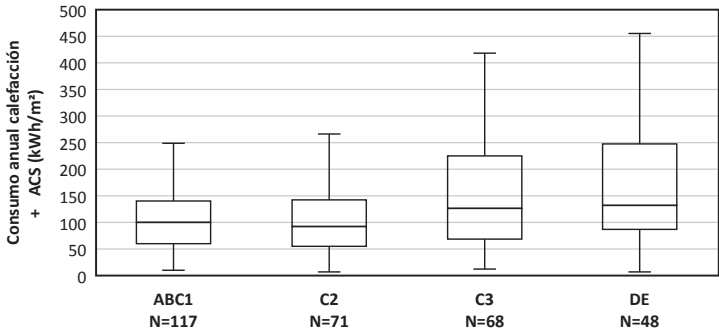


Figura 7. Consumo de energía (calefacción + ACS) (kWh/m²) de los hogares según nivel socioeconómico (no ponderado). Fuente: Elaboración propia.

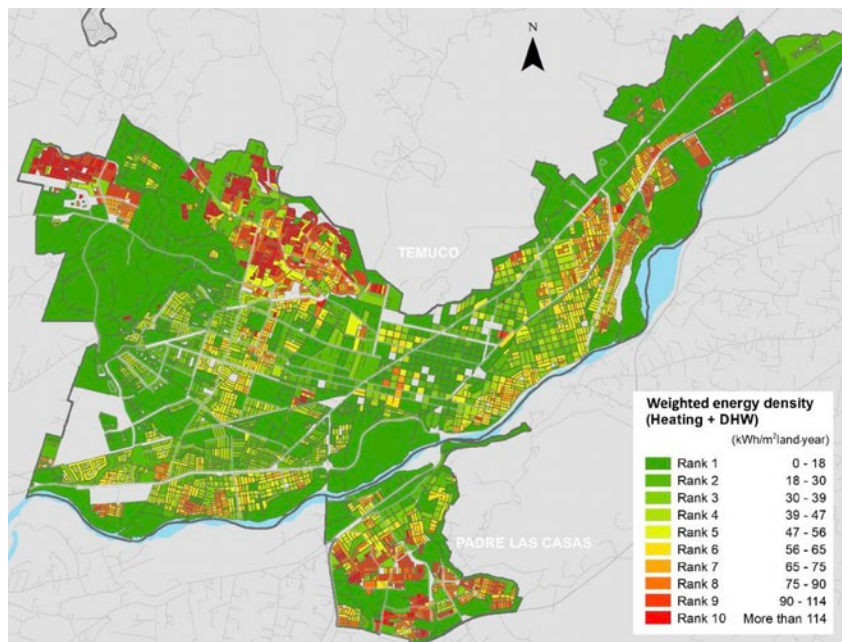


Figura 8. Temuco / Padre Las Casas - Densidad de energía ponderada (calefacción + ACS residencial) (kWh/m²suelo). Fuente: Elaboración propia.

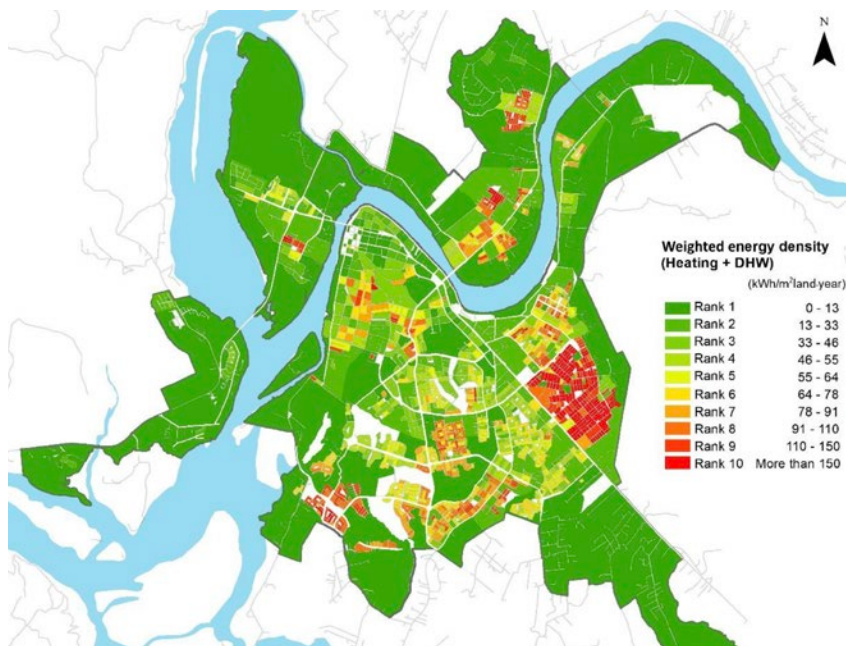


Figura 9. Valdivia - Densidad de energía ponderada (calefacción + ACS residencial) (kWh/m²suelo). Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- La leña y el pellet son los principales combustibles utilizados para calefacción en Temuco y Valdivia.
- Las viviendas con bajo rendimiento térmico tienen mayores consumos de calefacción.
- Los hallazgos pueden ser útiles para los planificadores en el desarrollo de redes de calefacción distrital en áreas que tienen suficiente densidad de energía (calefacción + ACS).
- Investigación futura incluye (1) mapear el calor residual de las actividades industriales, (2) evaluar el impacto en términos de emisión de GEI de diferentes escenarios de CD basados en la generación CHP.

REFERENCIAS

EBP (2019) *Manual de Desarrollo de proyectos - Energía Distrital*. Ministerio de Energía, Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Cooperación alemana GIZ, Agencia de Sostenibilidad Energética. Santiago, Chile. <https://www.ebpchile.cl/es/pdf/generate/node/1566>.

Hao, F. & Van Brown, B. L. (2019) 'An Analysis of Environmental and Economic Impacts of Fossil Fuel Production in the U.S. from 2001 to 2015', *Society and Natural Resources*, 32(6), pp. 693–708. doi: 10.1080/08941920.2019.1574044.

INE (2018) *Geodatos abiertos - Microdatos Censo 2017 Manzana*, Instituto Nacional de Estadísticas (INE). <https://ine-chile.maps.arcgis.com/apps/dashboards/e8292e6a13814b6b8bcfd3415ef4eb02>.

IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009325844.

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsten, J. E., Hvelplund, F., et al. (2014) '4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems', *Energy*, 68, pp. 1– 11. doi: 10.1016/j.energy.2014.02.089.

Maria Jebamalai, J., Marlein, K., Laverge, J., Vandeveld, L. & van den Broek, M. (2019) 'An automated

GIS-based planning and design tool for district heating: Scenarios for a Dutch city, *Energy*, 183, pp. 487–496. doi: 10.1016/j.energy.2019.06.111.

Ministerio de Energía (2022) *Informe Balance Nacional de Energía 2020*. Santiago, Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022_informe_anual_bne_2020.pdf.

MMA (2016) *Segundo Informe Bienal de Actualización de Chile Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Santiago, Chile. https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2022/06/2016_2iba_chile.pdf.

MMA (2019) *Chile's Nationally Determined Contribution Update 2020*. Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Santiago, Chile. Available at: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Ingles-21-julio.pdf>.

Rojas, C., Simon, F., Muñoz, I., Quintana, M., Irarrazaval, F., Stamm, C., et al. (2022) 'Trends in household energy-related GHG emissions during COVID-19 in four Chilean cities', *Carbon Management*, 13(1), pp. 1–16. doi: 10.1080/17583004.2022.2036243.

Shindell, D. (2020) 'Health and Economic Benefits of a 2oC Climate Policy', *Testimony to the House Committee on Oversight and Reform Hearing on "The Devastating Impacts of Climate Change on Health"*. https://nicholas.duke.edu/sites/default/files/documents/Shindell_Testimony_July2020_final.pdf.



SÍNTESIS DE INVESTIGACIÓN