

Proyecto ID: 608897-113-LE23

“APOYO A LA ELABORACIÓN DEL
ANTEPROYECTO DE PLAN DE MITIGACIÓN DEL
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO”

POR:

E2BIZ

**INVESTIGACIÓN APLICADA EN LAS ÁREAS DE ENERGÍA, MEDIO
AMBIENTE, ECONOMÍA Y TERRITORIO**

PARA:

Ministerio del Medio Ambiente

Ministerio de Vivienda

Santiago – Febrero 2023

Informe 3

CONTENIDO

Contenido.....	3
1 Introducción	11
2 Diagnóstico sectorial.....	12
2.1 Antecedentes sectoriales	12
2.2 Contexto normativo e institucional sectorial	22
2.2.1 Coherencia entre metas climáticas, metas sectoriales, modelos y tendencias	23
2.3 Experiencias Internacionales (<i>benchmarking</i>).....	31
2.3.1 Envolvente térmica	31
2.3.1 Sistemas de información, calificación y certificación	35
3 Modelación de Escenarios Prospectivos	39
3.1 Modelo de Proyección de Demanda Energética y Emisiones GEI.....	39
3.1.1 Metodología de proyección de la demanda energética del sector residencial	39
3.1.2 Consideraciones de las medidas de mitigación para la construcción de escenarios	42
3.1.3 Proyección de demanda energética y emisiones sectoriales (Resultados del escenario de base)	43
3.2 Metodología general de estimación de costos y beneficios.....	47
3.2.1 Metodología de estimación de beneficios	47
3.2.2 Metodología de estimación de co-beneficios.....	49
3.2.3 Metodología de estimación de costos de abatimiento.....	50
4 Estimación del potencial de las medidas de mitigación	52
4.1 Medida 1: Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes.....	52
4.1.1 Estimación de impactos energéticos y ambientales.....	53
4.1.2 Estimación de costos y beneficios	54
4.2 Medida 2: Actualización de la Reglamentación Térmica.....	58
4.2.1 Estimación de impactos	58
4.2.1 Estimación de costos y beneficios	59
4.3 Medida 3: Calificación energética voluntaria de viviendas.....	62
4.3.1 Estimación de impactos	63
4.3.1 Estimación de costos y beneficios	64
4.4 Medida 4: Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)	66
4.4.1 Estimación de impactos	68
4.4.1 Estimación de costos y beneficios	69
4.5 Escenarios de medidas de mitigación de GEI combinadas	71
4.6 Análisis costo-efectividad y MACC	73
4.7 Priorización de medidas	77
5 Beneficios de adaptación asociados a la implementación de las medidas.....	78

5.1	Relación entre las medidas y evaluaciones de riesgo climático en Chile	78
5.1.1	CDI Efecto olas de calor en salud humana	86
5.1.2	CDI Discomfort Térmico Ambiental.....	87
5.1.3	CDI Efectos de las Heladas en Ciudades.....	87
5.1.4	CDI Islas de calor urbana (ICU)	88
6	<i>Análisis de cadena causal</i>	90
7	<i>Fichas medidas directas e indirectas</i>	92
7.1	Medidas Directas modeladas.....	93
7.2	Medidas Indirectas o directas No-modeladas	104
8	<i>Medios de implementación</i>	119
9	<i>Monitoreo, reporte y verificación</i>	125
9.1	Identificación y priorización de indicadores.....	126
9.2	Fichas de indicadores de MRV	128
9.2.1	Medida D1- Reacondicionamiento térmico en vivienda existente	128
9.2.2	Medida D2 - Actualización de reglamentación térmica (OGUC)	131
9.2.3	Medida D3- Calificación energética de viviendas (CEV).....	134
9.2.4	Medida D4 - Instalación de sistemas solares térmicos (SST) para ACS.....	136
10	<i>Conclusiones</i>	139
11	<i>Bibliografía</i>	143
12	<i>Anexos.....</i>	145
12.1	Medidas PELP	146
12.2	Tabla de valores de los coeficientes de riesgo	147
12.3	Tabla de valores de Factor Emisión-Concentración (FEC) por provincia y contaminante	149

TABLAS

Tabla 1: Comparación 2009 vs 2018, Usos de la Energía sector residencial.....	16
Tabla 2: Regiones por zonas.	17
Tabla 3: Comparación Supuestos ECLP, estadísticas actuales y supuestos de la herramienta LEAP.	25
Tabla 4: ítems cubiertos por la reglamentación térmica y los impactos observados en los casos de estudio.	32
Tabla 5: Usos del sector residencial.....	41
Tabla 6: Medidas de mitigación de GEI del sector residencial y sus niveles de ambición.	42
Tabla 7: Resultados de la calibración del modelo para el sector residencial.....	44
Tabla 8: Proyección de precios energéticos (USD/Tcal).	48
Tabla 9: Resumen de subsidios de acondicionamiento térmico MINVU. Periodo 2015-2022.	52
Tabla 10: Impactos esperados del reacondicionamiento térmico de viviendas existentes en nivel 1.....	53
Tabla 11: Impactos esperados del reacondicionamiento térmico de viviendas existentes en nivel 2.....	54
Tabla 12: Resumen de los costos y beneficios del Reacondicionamiento Térmico.	56
Tabla 13: Impactos esperados de la actualización de la reglamentación térmica en nivel 1.	59
Tabla 14: Impactos esperados de la actualización de la reglamentación térmica en nivel 2.	59
Tabla 15: Resumen de costos incrementales de construcción de viviendas por actualizaciones de la reglamentación térmica.	60
Tabla 16: Resumen de los costos y beneficios de la actualización de la Reglamentación Térmica.	60
Tabla 17: Impactos esperados de la calificación energética de viviendas existentes en nivel 2. ...	64
Tabla 18: Impactos esperados de la calificación energética de viviendas existentes en nivel 3. ...	64
Tabla 19: Resumen de los costos y beneficios certificación energética voluntaria de viviendas existentes.	65

Tabla 20: Contribución Solar de los SST para cada región.	67
Tabla 21: Impactos esperados de la Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria en nivel 1.	69
Tabla 22: Impactos esperados de la Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria en nivel 2.	69
Tabla 23: Resumen de los costos y beneficios del Fomento al uso de energía solar para ACS.	70
Tabla 24: Escenarios de proyección de emisiones de GEI y sus medidas activas.	71
Tabla 24: Tabla resumen de costos y reducción de GEI de las medidas analizadas para el sector residencial.	74
Tabla 26: Medidas de mitigación y su relación con riesgos climáticos y co-beneficios.	79
Tabla 27: Cadenas de Impacto asociadas a medidas directas (D1-D2-D3-D4).	82
Tabla 28: Variables utilizadas para construcción de índice SoVi en ARCLIM.	83
Tabla 29: Medida (D1) Fomento al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes.	93
Tabla 30: Medida (D2) Incrementar el confort térmico de viviendas nuevas mediante OGUC.	97
Tabla 31: Medida (D3) Calificación energética voluntaria de viviendas.	99
Tabla 32: Medida (D4) Instalación de Sistema Solar Térmico (SST) en viviendas existentes.	101
Tabla 33: Medida (I3) Construcción de Infraestructura verde.	104
Tabla 34: Medida de medios de implementación de Mesa de Financiamiento del Sector Residencial.	121
Tabla 35: Medida de medios de implementación de Mesa Científico-Técnica OGUC.	123
Tabla 36: Tipos de indicador de MRV	126
Tabla 37: Indicadores de MRV de las medidas propuestas.	126
Tabla 38: Ficha indicador D1_MINVU_CantVivRT.	128
Tabla 39: Ficha indicador D1_MINVU_CantSubsRT.	128
Tabla 40: Ficha indicador D1_MINVU_DineroSubsRT.	129
Tabla 41: Ficha indicador D1_MEN_ReducDemandaEnerRT.	129

Tabla 42: Ficha indicador D1_MMA_EmisionesRT.....	131
Tabla 43: Ficha indicador D2_MINVU_ActualizaOGUC.	131
Tabla 44: Ficha indicador D2_MEN_DemandaEnerOGUC.	132
Tabla 45: Ficha indicador D2_MMA_EmisionesOGUC.	133
Tabla 46: Ficha indicador D3_MINVU_CantVivCEVvoluntarias.	134
Tabla 47: Ficha indicador D3_MEN_DemandaEnerCEV.	134
Tabla 48: Ficha indicador D3_MMA_EmisionesCEV.	135
Tabla 49: Ficha indicador D4_MINVU_CantidadSS.	136
Tabla 50: Ficha indicador D4_MINVU_MontosSST.	136
Tabla 51: Ficha indicador D4_MEN_DemandaEnerSST.	137
Tabla 52: Ficha indicador D4_MMA_EmisionesSST.	138
Tabla 53: Listado de medidas Modelo PELP – Relación Directa con MINVU.....	146
Tabla 54: Medida (I1) Control de gases refrigerantes en sistemas de enfriamiento/calefacción (residencial).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 55: Medida (I2) Calefacción distrital o geotérmica de baja entalpía.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 56: Medida (I4) Generación distribuida.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 57: Medida (I5) Electromovilidad.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 58: Medida (I6) Movilidad urbana sostenible.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 59: Medida (I7) Blend de Hidrógeno Verde para consumo urbano por gasoducto.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 60: Medida (I8) Construcción de ciclovías	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 61: Medida (I9) Planes Urbanos Habitacionales.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 62: Medida (I10) Electrificación: Calefacción.	¡Error! Marcador no definido.

FIGURAS

Figura 1: Consumo final de energía entre 2010 y 2019. Todos los sectores (Eficiencia Energética Mesa edificaciones, 2021).	12
Figura 2: Consumo final de Energía entre 2010 y 2019. Sector Residencial. (Eficiencia Energética Mesa edificaciones, 2021).	13
Figura 3: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 4: Proyección de Total viviendas nuevas. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura 5: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Norte. Fuente: Elaboración propia	17
Figura 6: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Norte chico. Fuente: Elaboración propia.....	18
Figura 7: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Central. Fuente: Elaboración propia.....	18
Figura 8: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Sur. Fuente: Elaboración propia	19
Figura 9: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Austral. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 10: Emisiones CO ₂ , sector Residencial. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 11: Emisiones CH ₄ , sector Residencial. Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 12: Emisiones de N ₂ O, sector Residencial. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 13: número de subsidios de acondicionamiento térmico período 2012-2022 por programa. Fuente: MINVU.....	28
Figura 14: número de subsidios de acondicionamiento térmico período 2012-2022 por programa. Fuente: MINVU.....	29
Tabla 15: Montos en UF de subsidios de acondicionamiento térmico por programa.	29
Figura 16: Metodología general de proyección de la demanda energética del sector residencial.	39
Figura 17: Proyección de superficie construida a nivel nacional al 2060.	40

Figura 18: Proyección de la demanda energética del sector residencial. Periodo 2018-2060.	43
Figura 19: Proyección GEI Sector Residencial - Plan Sectorial MINVU 2024.....	45
Figura 20: Comparación de emisiones GEI de escenarios base 2020-2030.....	45
Figura 21: Distribución del etiquetado de nuevos hogares como función del nivel de la medida.	63
Figura 22: Costo incremental de mejora desde etiquetado E a cada etiquetado energético I.....	65
Figura 23: Proyección de las emisiones GEI directas del sector residencial por escenario de implementación de medidas.	71
Figura 23: Curvas de costo marginal de las medidas de mitigación en 2030. Escenario Mitigación 1	75
Figura 24: Curvas de costo marginal de las medidas de mitigación en Escenario Mitigación 2	76
Figura 26: Marco de riesgo climático (IPCC, 2014).	78
Figura 27: Riesgo climático de olas de calor sobre salud humana (cambio entre escenario histórico y futuro).	86
Figura 28: Riesgo climático (futuro) de discomfort térmico ambiental (ARCLIM).....	87
Figura 29: Riesgo climático (futuro) de efecto de heladas en ciudades (ARCLIM).....	88
Figura 30: Riesgo climático (cambio) de islas de calor urbanas (ARCLIM).	89
Figura 31: cadena causal Medida (D1-D2) reacondicionamiento y mejora de confort térmico de viviendas usadas y nuevas respectivamente.	90
Figura 32: cadena causal Medida (D3) Etiquetado energético de viviendas y Certificación de Vivienda Sustentable.	90
Figura 33: cadena causal Medida (D4) Instalación de Sistema Solar Térmico (SST) en viviendas existentes.	91

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al producto 3 del Proyecto “Apoyo a la elaboración del Anteproyecto de Plan de Mitigación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo” el cual tiene como mandante al Ministerio de Medio Ambiente (MMA). El objetivo principal de la consultoría es apoyar en la elaboración del Anteproyecto del Plan Sectorial de Mitigación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el contexto de la Ley Marco de Cambio Climático. Los objetivos específicos de la consultoría son:

- a) Apoyar en la caracterización y diseño de las medidas de mitigación o los instrumentos.
- b) Colaborar en el análisis de costos, efectos y coherencia de las medidas.
- c) Apoyar en la definición de indicadores de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) por cada medida.
- d) Colaborar en la identificación de los medios de implementación requeridos por las medidas del plan

El informe se inicia con un análisis del sector energético, haciendo especial énfasis en el sector residencial. En él, se proporciona un diagnóstico sectorial que abarca antecedentes, contexto normativo y experiencias internacionales (Benchmarking), donde se identifican elementos relevantes para apoyar el diseño de las medidas (implementación, financiamiento, tecnologías, prácticas, políticas e instrumentos, rendimientos, barreras, riesgos, etc.). Posteriormente, se realiza una modelación de escenarios prospectivos utilizando un modelo de proyección de demanda energética y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Se detalla tanto la metodología general de la proyección como las consideraciones específicas de las medidas de mitigación para la construcción de escenarios. A continuación, se estiman los beneficios y costos asociados a la adopción de diversas medidas de mitigación en el sector residencial, como la mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes, la actualización de la reglamentación térmica, el fomento de calificación energética voluntaria de viviendas y el fomento al uso de energía solar para agua caliente sanitaria. En la siguiente sección se analizan los beneficios de adaptación asociados a la implementación de las medidas y se realiza un análisis de la cadena causal. En las secciones siguientes se detallan las fichas de las medidas de mitigación, las fichas de los medios de implementación propuestos y finalmente la propuesta de monitoreo, reporte y verificación (MRV) con las respectivas fichas de indicadores para cada medida. Finalmente se entregan las principales conclusiones, bibliografía y anexos.

2 DIAGNÓSTICO SECTORIAL

En esta sección se presentan antecedentes referentes al uso de la energía y las emisiones del sector residencial. A continuación, se analiza el contexto normativo e institucional del sector enfocado en las relaciones existentes entre las metas de las políticas sectoriales, los supuestos de los modelos que las sustentan y los principales datos históricos observados. En este análisis, se profundizará en las medidas seleccionadas con la contraparte: **Calificación Energética de Vivienda (CEV); (Re)acondicionamiento Térmico de Viviendas; Sistemas Solares Térmicos (SST) y Actualización de la reglamentación térmica de la OGUC.** Finalmente, se realiza un análisis a las experiencias Internacionales (benchmarking) relevantes para el caso de Chile, donde se abordan las lecciones aprendidas y buenas prácticas de los casos de estudio relacionadas a estas cuatro medidas.

2.1 Antecedentes sectoriales

Consumo de energía

El consumo energético del país ha experimentado una tendencia creciente con el paso del tiempo. De esta forma se observa que para el año 2010, el consumo final de energía del país fue de 249.029 Tcal, incrementando hasta 301.629 para el año 2019, lo que representa una variación energética del +21% en 10 años (Eficiencia Energética Mesa edificaciones, 2021).

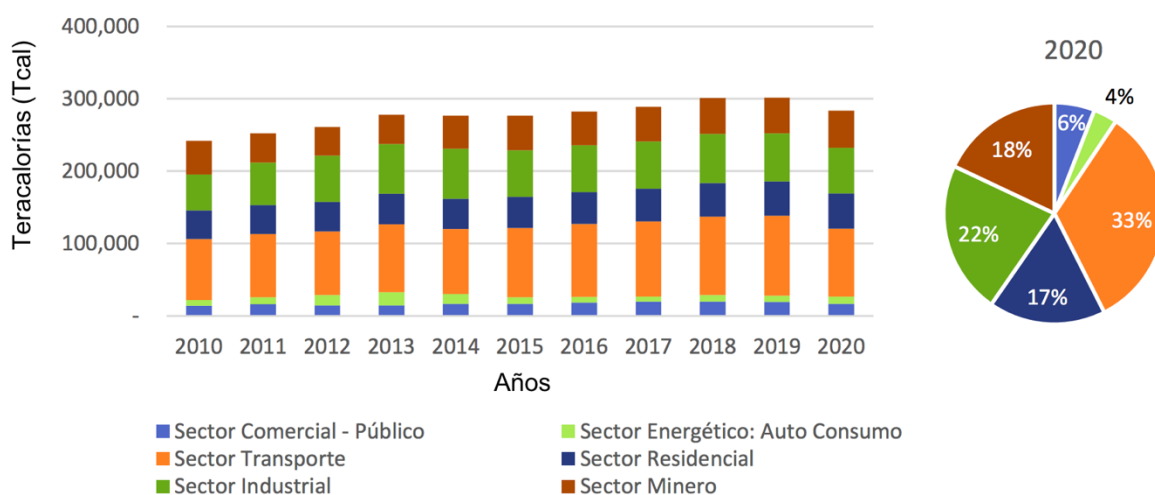


Figura 1: Consumo final de energía entre 2010 y 2020. Todos los sectores. (Informe Balance Nacional de Energía 2020, 2022)

El gráfico de la Figura 1, evidencia que los sectores de transporte, industria y minería junto con los sectores comercial, público y residencial representan los consumos de energía más significativos. En 2020, la distribución proporcional del consumo de energía final por sector fue la siguiente: transporte con el 33%; industria con el 22%; minería con el 18%; residencial con el 17%; comercial y público con un 6%; y autoconsumo energético con el 4%.

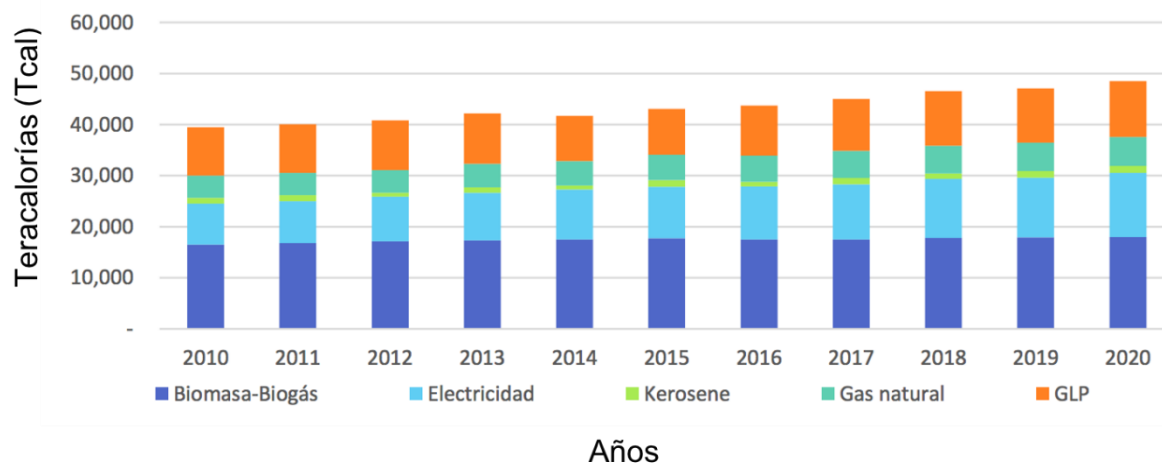


Figura 2: Consumo final de Energía entre 2010 y 2020 Sector residencial. (Informe Balance Nacional de Energía 2020, 2022)

En 2020, el consumo de energía final del sector residencial ascendió a 48.517 Tcal, aumentando en un 3% respecto al año pasado. La composición del uso final de energía en el sector residencial según fuente de energía es: biomasa (37%), electricidad (26%) y gas licuado de petróleo (23%) (Informe Balance Nacional de Energía 2020, 2022).

Con el objetivo de comprender de forma más detallada este patrón de consumo en el sector residencial, se presentan resultados obtenidos con la herramienta de Análisis (LEAP - *Low Emission analysis platform*). Estos datos han sido extraídos del escenario base (cuyos detalles sobre el modelo empleado serán proporcionados en los capítulos subsecuentes)¹.

¹ Con el objetivo de obtener una estimación de la proyección del consumo en el sector residencial, se adopta el modelo de Planificación de Demanda Energética implementado en la herramienta LEAP, actualizado de acuerdo con el BNE 2022. Esta herramienta permite calcular la demanda proyectada por tipos de combustibles para todas las regiones durante el período de 2017 a 2060. En este análisis, se muestra el escenario Base, del cual se proporcionarán detalles más específicos y supuestos en los siguientes capítulos. Esto nos permite comprender de manera más clara el comportamiento de la demanda en el sector residencial. A continuación, se presenta la demanda por combustibles.

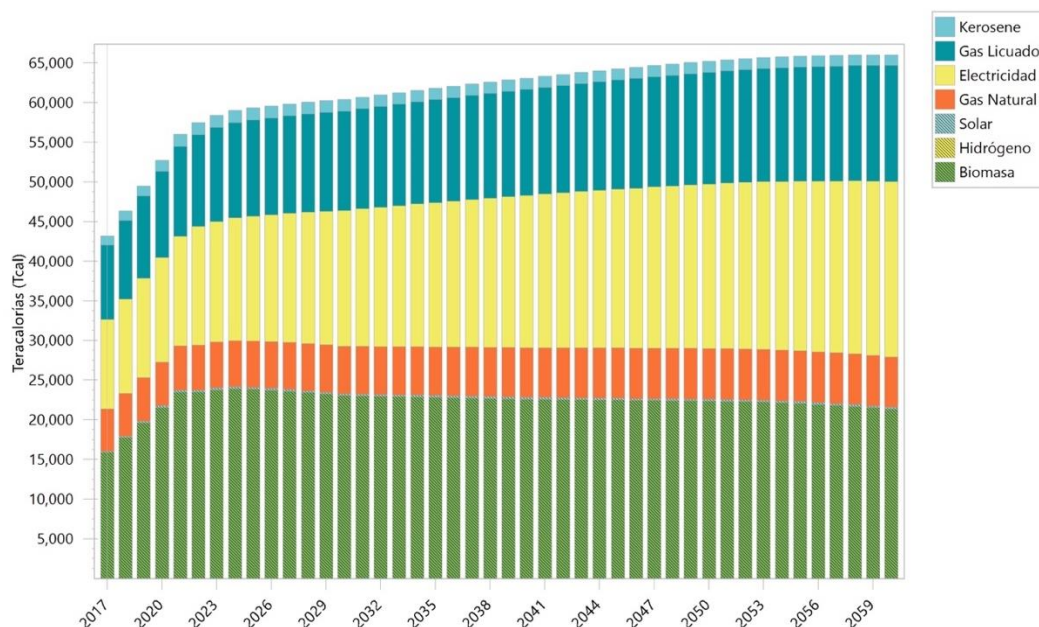


Figura 3: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP.
Fuente: Elaboración propia.

La demanda exhibe un crecimiento sostenido a lo largo del período analizado. Este fenómeno se puede atribuir en gran medida al aumento de las viviendas en el tiempo, lo que a su vez impulsa el uso de combustibles en los hogares. La Figura 4 se ilustra la tendencia de crecimiento proyectada de las viviendas hasta el 2060, usando como fuente la base de datos del Modelo de Planificación Energética, del Ministerio de Energía, para el sector residencial.

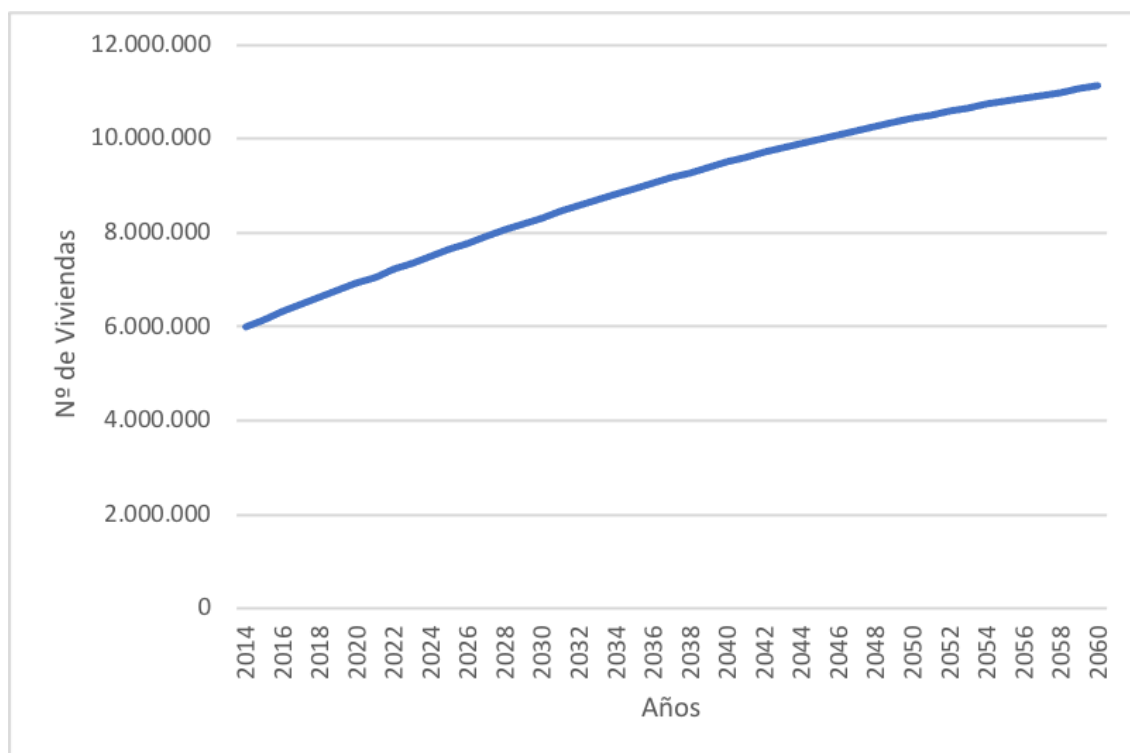


Figura 4: Proyección de Total viviendas nuevas.

Fuente: Elaboración propia.

Esta tendencia muestra la importancia de optar por medidas que impulsen viviendas más eficientes en el uso de energía. Como muestra la Tabla 1, al desglosar el consumo energético residencial por uso final, encontramos que un 53% se emplea para sistemas de calefacción y climatización, como calefactores individuales, calefacción central y aire acondicionado. El 20% se utiliza para la generación de agua caliente sanitaria, que incluye actividades como la ducha, baño en tina y lavado de utensilios de cocina. Otros consumos considerables incluyen: refrigeración de alimentos ocupa el 5%, al igual que la cocción de alimentos. El aseo de la ropa supone el 3% del consumo energético, mientras que tanto la iluminación como el uso de la televisión representan, respectivamente, el 4% cada una. Por su parte, el modo *stand by*, el uso de hervidor eléctrico y la aspiradora consumen un 2% y un 1% respectivamente. El restante 2% se reparte en diversos usos, desde otros equipos y computadoras hasta microondas, piscinas, bombas de riego, cafeteras y consolas de videojuegos (Informe final de usos de la energía De Los Hogares Chile 2018, 2019). Respecto a los consumos de energía en el sector residencial, se destaca que durante el 2009 y 2018, se pueden observar disminuciones de un 4% en la intensidad del consumo promedio anual por vivienda (Eficiencia Energética Mesa edificaciones, 2021).

Tabla 1: Comparación 2009 vs 2018, Usos de la Energía sector residencial.

ÍTEM	2009 kWh/viv/año	2018 kWh/viv/año
Cocción de alimentos (no considera hornos)	234	284
Horno	73	71
Agua caliente sanitaria(ducha)	1,596	1,328
Lavado de loza a mano	213	200
Hervidor eléctrico	40	83
Microondas	18	21
Lavado de ropa	64	46
Secado	59	129
Iluminación	461	350
Refrigeración de alimentos (freezer, refrigerador)	458	443
Calefacción	4,614	4,051
Tv, computadores, consola videojuegos	174	388
Otros	424	689
Total	8,428	8,083

Fuente: (Eficiencia Energética Mesa edificaciones, 2021).

A continuación, se muestra el consumo por combustibles en el sector residencial, usando los datos del escenario Base¹, estos consumos se presentan separado por zonas Norte, Norte chico, Central, Sur y Austral, las regiones que componen cada zona se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Regiones por zonas.

Zona	Regiones
Zona Norte	1, 2, 15
Zona Norte Chico	3,4
Zona Central	5,6,7,8, RM
Zona Sur	9, 10, 14
Zona Austral	11, 12

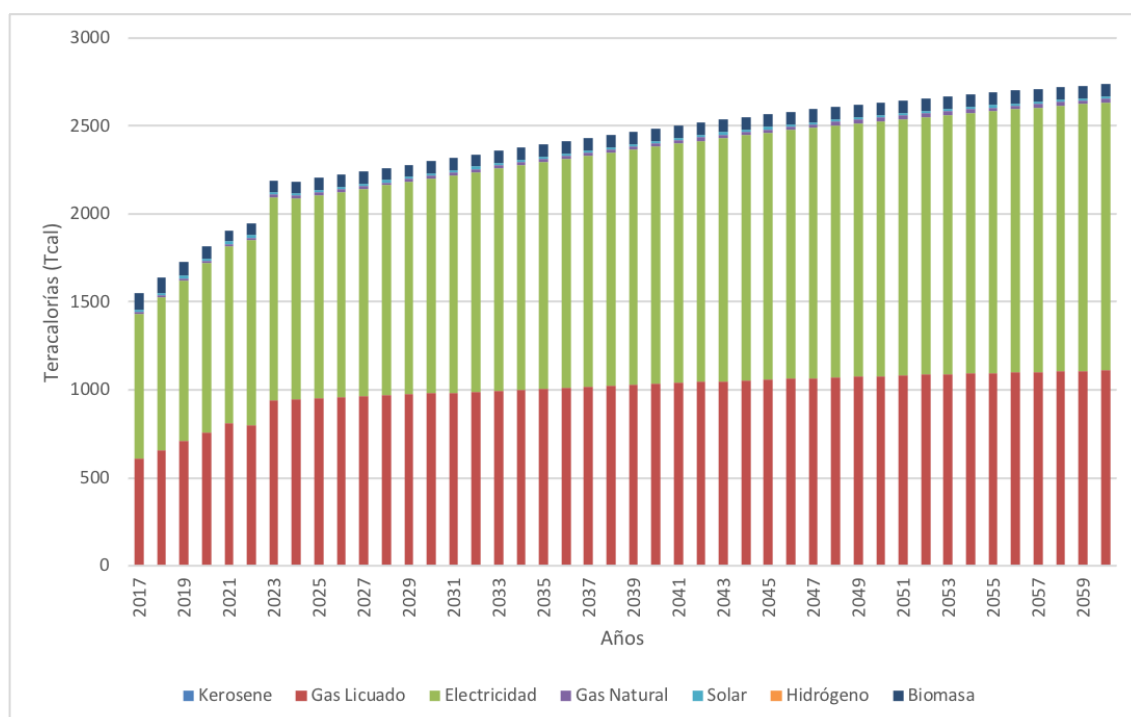


Figura 5: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Norte.

Fuente: Elaboración propia

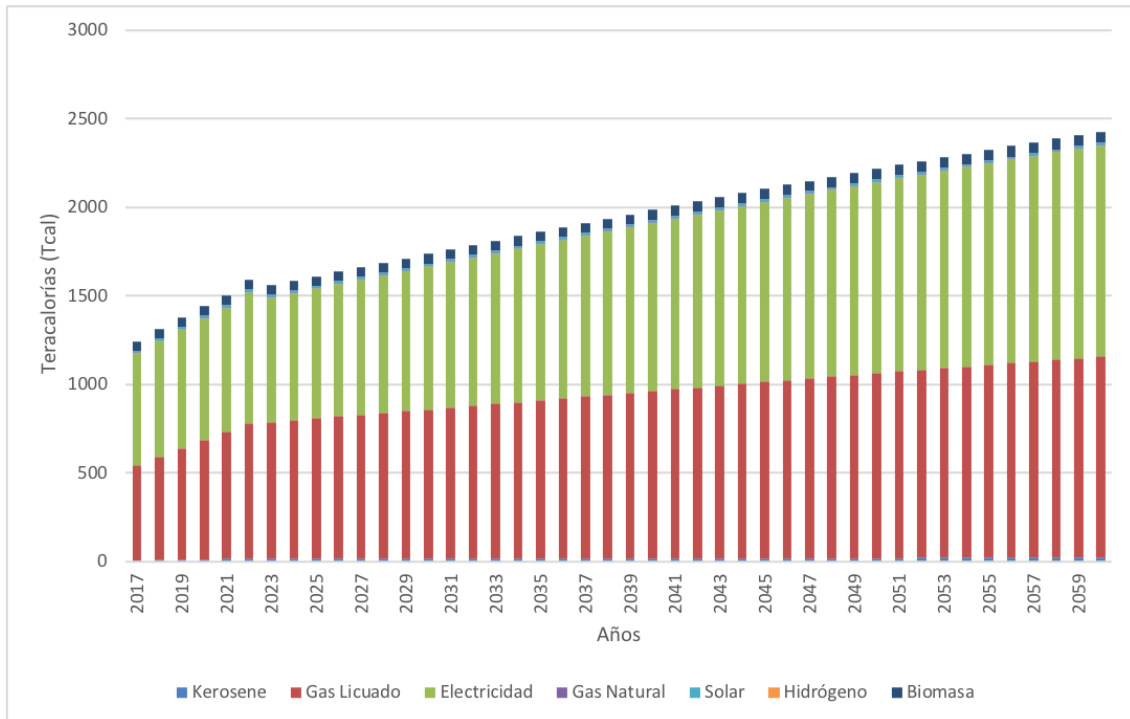


Figura 6: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Norte chico.
Fuente: Elaboración propia

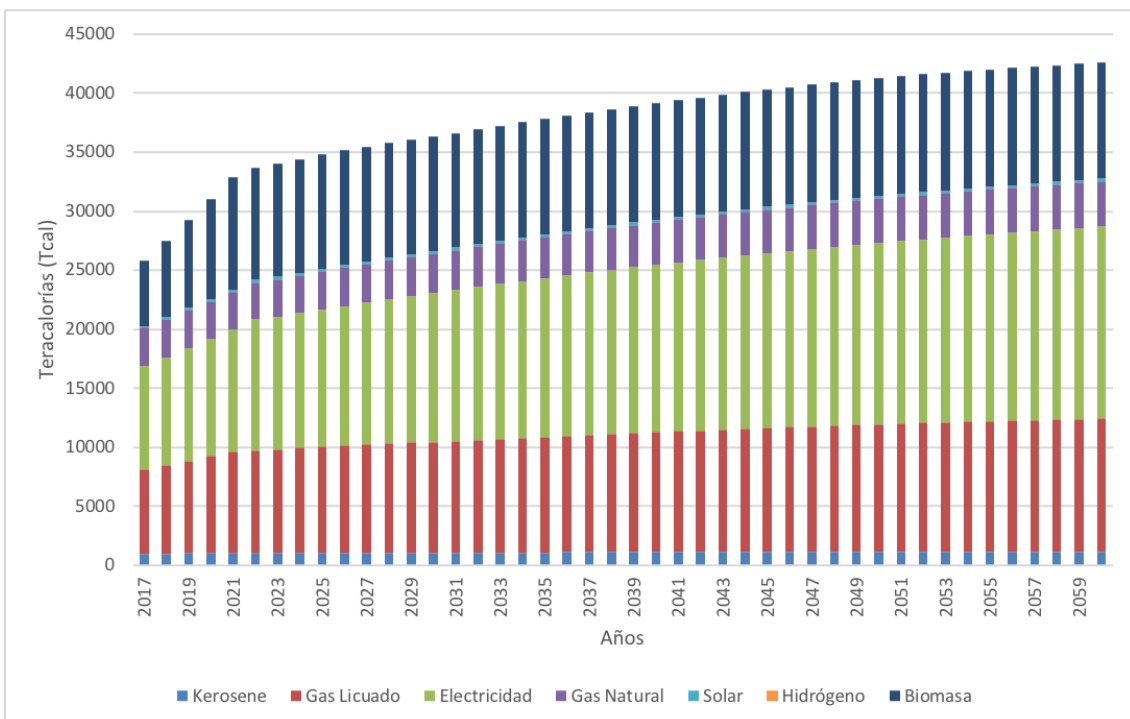


Figura 7: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Central.
Fuente: Elaboración propia

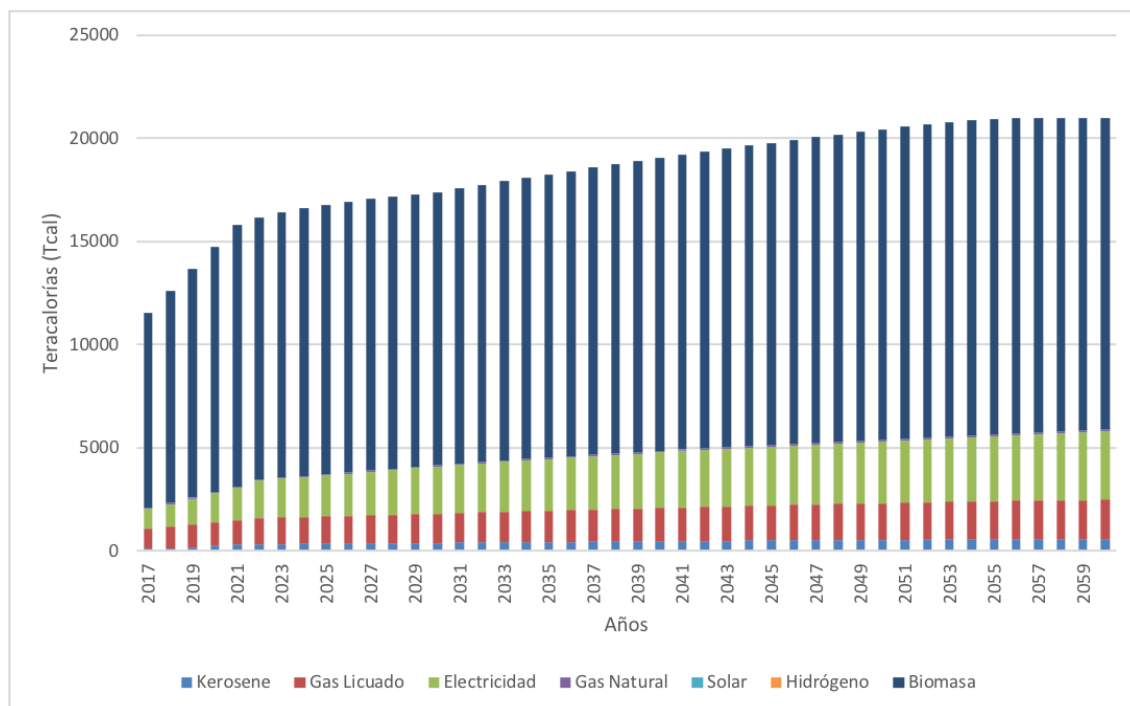


Figura 8: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Sur.
Fuente: Elaboración propia

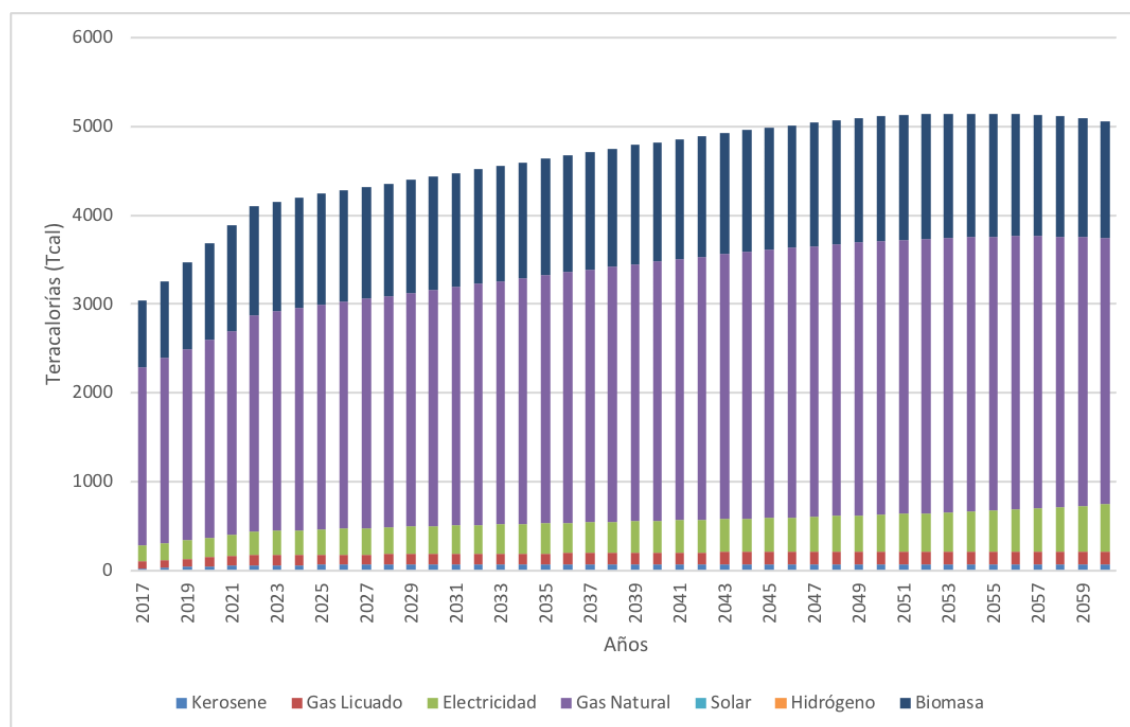


Figura 9: Demanda por combustibles uso residencial caso Base modelo LEAP, Zona Austral.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede analizar en las figuras anteriores, la electricidad es uno de los combustibles más consumidos en las zonas Norte y Norte Chico, Este comportamiento de consumo puede atribuirse a la zona climática cálida tiende un mayor uso de aire acondicionado. El gas licuado (GLP) es otro combustible que resalta en su uso. Según “Antecedentes del mercado de gas residencial en Chile” (Chile, 2021), del total de venta de gas licuado en el sector residencial corresponde a un 84% de GLP envasado donde 67% corresponde a formato de 15 kg y un 13,9% de 11 Kg. Justificando el mayor uso para cocción de alimentos y calentamiento de agua sanitaria.

En la zona Central, los principales consumos son la biomasa, el gas natural, la electricidad y el gas licuado, hay un mayor consumo residencial principalmente debido al integrar esta zona la región metropolitana siendo la de mayor población.

En la zona Sur, destacan el consumo de biomasa, electricidad y gas licuado, siendo el mayor consumo de biomasa, esto debido al uso de calefacción en esta zona de clima más frío.

En la zona Austral se destacan el uso de biomasa, el gas natural, la electricidad y el gas licuado, donde el gas natural es el de mayor consumo. Debido que, en Magallanes, es una zona que explota el gas natural, tienen una gran oferta para consumir localmente.

Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Durante el año 2016, Chile emitió alrededor de 112 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_2e), de las cuales el sector energético aportó aproximadamente el 78%. Donde el aporte de cada sector es: eléctrico (32%); transporte (24%), industria y minería (14); edificación (7%) y residencial (4%). Se estima que Chile emitiría aproximadamente 130 MtCO_2e al año 2050 (Carbono neutralidad en el sector energía: proyección de consumo energético nacional 2020, 2020).

Usando el modelo de Planificación Demanda Energética implementando en la herramienta LEAP en el escenario base, se puede obtener la proyección emisiones GEI en el sector residencial, para el período 2017-2050. A continuación, se muestran las principales CO_2 , CH_4 y N_2O .

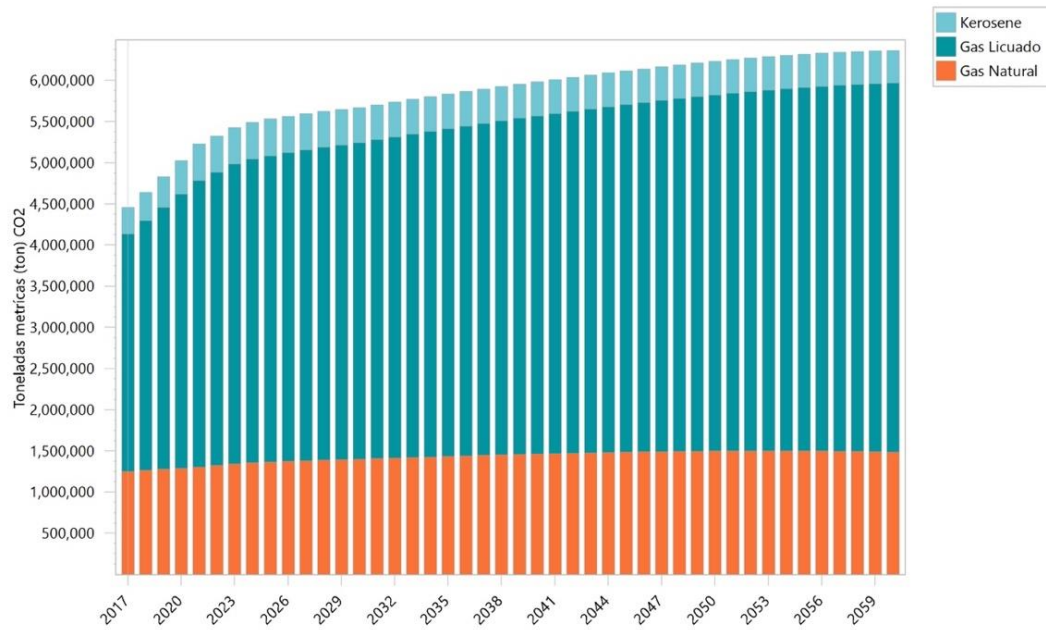


Figura 10: Emisiones CO₂, sector Residencial.
Fuente: Elaboración propia.

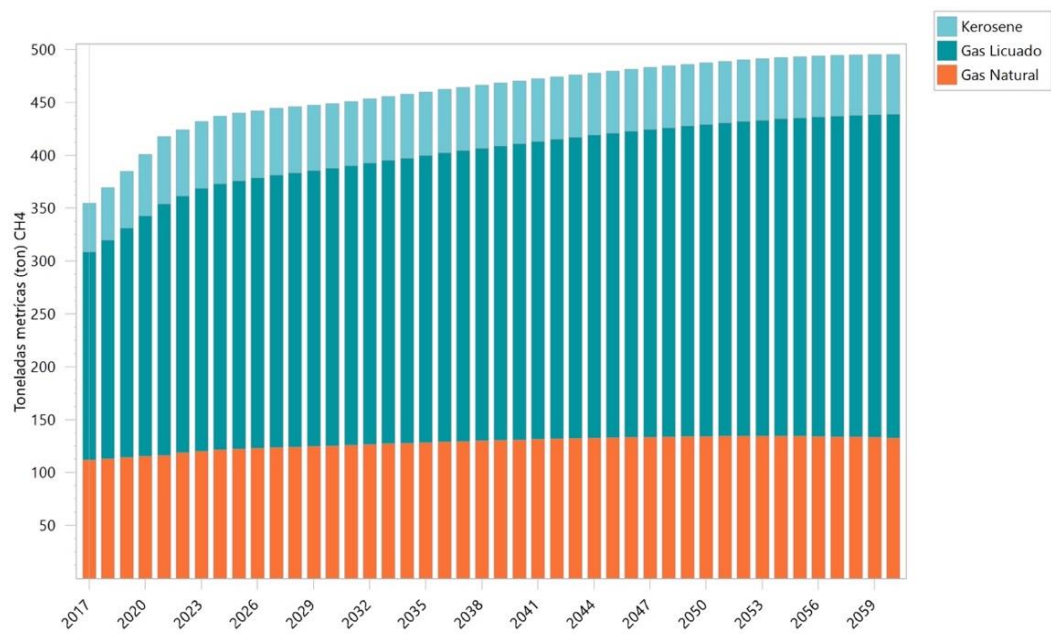


Figura 11: Emisiones CH₄, sector Residencial.
Fuente: Elaboración propia.

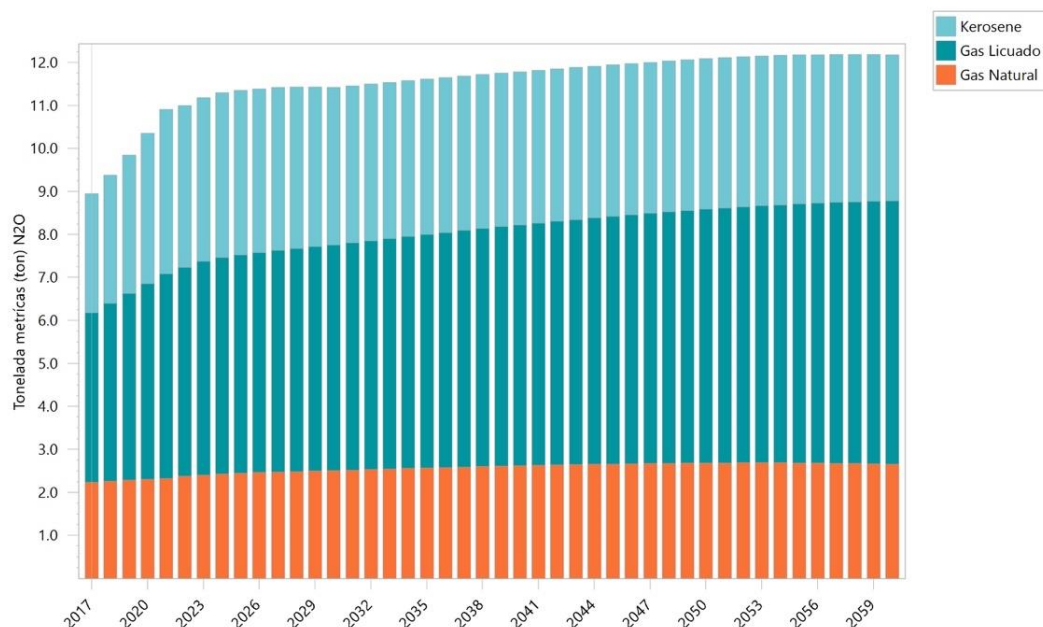


Figura 12: Emisiones de N_2O , sector Residencial.
Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente corresponden al uso de gas licuado y gas natural. Donde sus usos principales son en generación de calefacción, agua caliente, climatización y energía para la cocina, lo que evidencia la importancia que las medidas de mitigación pasivas de la vivienda se contemplen estrategias en la reducción de uso de estos combustibles en el sector residencial. Como se observará en el análisis de casos internacionales en las secciones a continuación, el desplazamiento hacia una matriz del sector hacia energías renovables debe ser parte integral de los lineamientos sectoriales de mitigación.

2.2 Contexto normativo e institucional sectorial

Chile se ha comprometido a nivel internacional en la reducción de emisiones de GEI. De manera progresiva y aumentando su ambición a través de la NDC y la Estrategia Climática de Largo Plazo (2021). De manera más reciente, la LMCC (2022) ha formalizado la estructura institucional y el objetivo de la neutralidad emisiones de GEI al 2050.

Las definiciones de la ECLP de los presupuestos de carbono², se han traducido en responsabilidades sectoriales a través de mecanismos específicos que son un marco de trabajo para los Planes Sectoriales de mitigación. Las medidas que se abordan en la ECLP como responsabilidad de MINVU, se encuentran principalmente enfocadas en el gasto energético y las emisiones en el proceso de uso de la vivienda.

² Según la LMCC estos se definen (art 3) de la siguiente manera:

2.2.1 Coherencia entre metas climáticas, metas sectoriales, modelos y tendencias

Existen importantes desafíos para la **articulación entre la política climática y la sectorial**. En ese contexto, la articulación de las metas de la ECLP con la Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) es una de las más críticas desde la perspectiva intersectorial. La PELP considera un proceso continuo de evaluación y actualización a través del MEN³ que implica una evaluación energética transversal a los distintos sectores. Cada cinco años, el Ministerio de Energía debe llevar a cabo un proceso de planificación energética a largo plazo, abordando diversos escenarios de expansión tanto en la generación como en el consumo de energía, con un horizonte temporal de al menos treinta años.

Para ello se utilizan simulaciones a través de un conjunto de modelos integrados que consideran datos de entrada del contexto demográfico y económico nacional que se discutirán en mayor profundidad en las siguientes secciones. Las simulaciones contemplan un escenario base que toma en consideración las **políticas en curso y datos tendenciales** demográficos y económicos⁴. Dentro de las políticas relevantes consideradas en las modelaciones se encuentra, por ejemplo, el plan de descarbonización energética (Energía Zero Carbón), que considera el retiro de ocho unidades generadoras a carbón al año 2024; el cese de generación eléctrica a carbón al año 2040 y alcanzar la meta de Carbono Neutralidad al año 2050.

n) *Presupuesto nacional de emisiones de gases de efecto invernadero: cantidad máxima de emisiones de gases de efecto invernadero acumulada a nivel nacional en un periodo determinado y que representa la suma de las emisiones totales de dichos gases en cada año comprendido en el periodo respectivo definida para cumplir la meta del Acuerdo de París.*

o) *Presupuestos sectoriales de emisiones de gases de efecto invernadero: cantidad máxima de emisiones de gases de efecto invernadero acumulada a nivel sectorial en un periodo determinado y que representa la suma de las emisiones totales de dichos gases en cada año comprendido en el periodo respectivo, según lo determine la Estrategia Climática de Largo Plazo.*

3 Conforme a lo establecido en la legislación eléctrica, en particular en el artículo 83 de la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE)

4 El MEN tiene la potestad para la actualización anual de estos datos de ser necesario.

Estas simulaciones y medidas utilizan múltiples fuentes de información, donde es de relevancia para este proyecto los supuestos para las medidas de la Ley de Eficiencia Energética⁵. El alcance práctico de estos modelos y supuestos se materializan en los presupuestos de carbono de la ECLP, donde se definieron esfuerzos indicativos de mitigación, los mecanismos (medidas, programas, instrumentos), metas y responsables de manera preliminar. A través de los PSM, se establecen los esfuerzos finales a los que el sector se compromete, así como la definición final de los mecanismos, metas y responsables. Para establecer los niveles, la ECLP modela distintos supuestos también, los que serán analizados en extenso en este informe⁶.

En la elaboración de los PSM y la definición de metas y medidas, se vuelve importantes entonces, comparar el grado de cumplimiento de los supuestos, la factibilidad de las metas planteadas a la luz de los antecedentes disponibles y establecer posibles correcciones o mecanismos de alineación. En la tabla a continuación, se presentan las medidas, metas (supuestos) de los instrumentos nacionales (ECLP, NDC, PELP) y se le compara con los datos históricos de referencia de los programas. A su vez, la tabla muestra los supuestos del modelo (LEAP) ajustados para este estudio.

⁵ Los parámetros de esta ley son claves en los datos base considerados en el modelo LEAP utilizados para las estimaciones de este informe.

⁶ A modo de ejemplo, se puede observar que dentro de los presupuestos de carbono se asumió un componente privado del reacondicionamiento térmico de viviendas equivalente al de subsidios entregados por MINVU. Adicionalmente, si bien la ECLP no plantea una meta en cuanto a la mitigación, incluye las modificaciones en la reglamentación térmica de la OGUC, que como se ve en las modelaciones de este estudio son las de mayor relevancia en cuanto a abatimiento.

Tabla 3: Comparación Supuestos ECLP, estadísticas actuales y supuestos de la herramienta LEAP.

Programa	Supuestos / Metas ECLP	Estadísticas actuales	Supuestos LEAP
Calificación Energética de Vivienda (CEV)	NDC / PELP: - Se considera una duración de 5 años y una penetración del 10% del parque de viviendas existentes construidas antes del 2000 (antes de la primera reglamentación térmica). Se consideró un stock inicial cercano a los 5 millones de viviendas. Al final de los 5 años de duración del programa, se estimó que 570.000 viviendas obtienen la calificación energética. - Se asume que en promedio las viviendas que acceden a la calificación energética pasan de una vivienda de condiciones de aislamiento pre-reglamentación térmica, a una vivienda de estándar E, la que en promedio posee una demanda térmica de calefacción un 35% menor. - Estas medidas consideran la actualización la reglamentación térmica de la OGUC (artículo 4.1.10).	- Según datos del MEN, 65.000 viviendas han sido calificadas entre el 2011-2021 (6.500 viviendas al año aprox). - Se observa que los supuestos de penetración (NDC/PELP) de la CEV no han sido los esperados en términos de su relevancia en el mercado. - Sin embargo, la CEV será obligatoria 1 años después desde la aprobación del reglamento para las viviendas nuevas, donde se proyecta un crecimiento anual promedio de viviendas de 135.000 unidades para el período 2030 aproximadamente y 90.000 unidades promedio anual al 2050. - Es relevante considerar aquí, que el etiquetado no implica necesariamente mejoras, situación que se aborda en mayor detalle en la revisión de la experiencia internacional.	La modelación contempla los esfuerzos sobre la vivienda existente. Se asume que la vivienda nueva considerará el etiquetado obligatorio. Los escenarios modelados contemplan 3 niveles y combinaciones de estas con otras medidas: - Escenario base: 1.000 viviendas anuales son se califican energéticamente. - Nivel 1: 2.000 viviendas anuales - Nivel 2: 4.000 viviendas anuales Los niveles considerados, se encuentran levemente por debajo de los datos observados disponibles a la fecha. Se releva que en términos del abatimiento este tiene un peso marginal, y se propondrán acciones correctivas para adecuar los niveles a datos más recientes y adecuar las metas de los instrumentos.
(Re)acondicionamiento Térmico de Viviendas	NDC / PELP: - considera el reacondicionamiento de 20.000 viviendas al año. ECLP: - Meta 2.5: Al 2030, se acondicionan al menos 36.000 viviendas anualmente - Meta 2.7: Al 2050, se acondicionan al menos 50.000 viviendas anualmente.	Se han entregado 17.399 subsidios a través del programa PPPF para el reacondicionamiento térmico de viviendas promedio al año período 2012-2022 (MINVU). Los rangos varían entre 10.000 a 24.000 viviendas al año período 2012-2022 (MINVU).	Los escenarios modelados contemplan 3 niveles y combinaciones de estas con otras medidas: - Escenario base: 10.000 viviendas al año. Este dato de entrada se alinea con el rango inferior de subsidios históricos entregados para el período 2012-2022 por MINVU. - Nivel 1: 20.000 viviendas al año. Este escenario se alinea con lo propuesto en la NDC y la PELP. - Nivel 2: 30.000 viviendas al año. Este escenario se alinea en un similar orden de magnitud con metas de la ECLP.
Sistemas Solares Térmicos (SST)	NDC: 52% en usos de ACS en hogares al 2050 (Stock total de viviendas). PELP: Se consideró un 7% de participación de sistemas solares térmicos (SST) para uso de agua caliente sanitaria en hogares al 2050.	Al 2018 el número de viviendas nuevas beneficiadas con Franquicia Tributaria para instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) fue de 65.132 (Ministerio de Energía, 2021e)	El modelo integra valores acumulados de entrega de subsidios. Los escenarios modelados contemplan 3 niveles y combinaciones de estas con otras medidas: Escenario base: Se instalan 0 Sistemas Solares Térmicos para ACS anuales.

Programa	Supuestos / Metas ECLP	Estadísticas actuales	Supuestos LEAP
		El programa de reconstrucción consideró la entrega de subsidios para la instalación Sistemas Solares Térmicos en viviendas que fueron destruidas producto de desastres naturales, y que serán reparadas y/o reconstruidas. A octubre del 2018 fueron beneficias 5.560 viviendas (Ministerio de Energía, 2021f). Por último, se encuentra vigente un subsidio para la instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) a través del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) administrado por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU). Al 2017, fueron 43.530 viviendas beneficiadas (Ministerio de Energía, 2021g)	- Nivel 1: 8.000 anuales. - Nivel 2: 12.000 anuales.
Actualización OGUC	ECLP: 1) Meta 2.1: Al 2025, contar con la Tercera versión de Reglamentación Térmica en desarrollo con enfoque «energía neta cero». 2) Meta 2.4: Al 2030, la Cuarta versión de Reglamentación Térmica que tiende al estándar Net cero energía está implementada	En proceso de actualización.	- Escenario base: No se actualiza RT - Nivel 1: se actualiza la RT el 2025 y esta permanece en todo el horizonte de evaluación. - Nivel 2: se actualiza la RT el 2025 y posteriormente el 2035 y esta permanece en todo el horizonte de evaluación..

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior refleja las brechas y el desafío al considerar las metas definidas en los distintos instrumentos (PELP y ECLP), las tendencias históricas de implementación de las medidas y las modelaciones. Los datos históricos y las metas de la ECLP presentan un desafío para cerrar las brechas y alcanzar la ambición planteada, siendo la CEV la única que se observa alineada dada la entrada en vigor próxima de la obligatoriedad. Mientras las medidas de SST y reacondicionamiento térmicos dependerán en gran medida de las asignaciones de los programas respectivos, en el caso de la actualización de la reglamentación térmica, las demoras están asociadas a las tensiones de la discusión pública.

Existen brechas entre las metas propuestas para el sector residencial de la ECLP y la PELP, respecto a los esfuerzos necesarios para alcanzar su cumplimiento en el sector residencial. Supuestos en la implementación como el de los de reacondicionamiento térmico, o la necesaria actualización de los modelos, son parte de los desafíos de articulación pendientes.

El programa de **Calificación Energética de Vivienda (CEV)**, es una medida transversal a todos los grupos socioeconómicos y juega un rol preponderante en la gestión energética del stock de vivienda. Se observa que los supuestos de penetración esperada (ver tabla anterior) para la PELP y NDC de la CEV, fueron sobreestimados y las dinámicas de mercado que se esperaban no se cumplieron. Para esta medida, se destaca en el cuadro anterior, que con la información disponible de la implementación de la CEV a la fecha y con la entrada en vigor de la obligatoriedad del etiquetado una vez que se apruebe el reglamento⁷, debiera traducirse en una **reformulación de las metas de la ECLP y la PELP, así como una modificación de los modelos asociados**. Es relevante también considerar, tomando en cuenta los resultados de la modelación de este estudio (ver sección 4.3 para un mayor detalle) que la CEV tiene el menor impacto en términos de reducción de emisiones y es la segunda de mayor costo de abatimiento de CO₂.

El programa de **reacondicionamiento térmico de viviendas** (existentes) es una medida enfocada en grupos vulnerables y, por ende, debe considerarse que si bien los objetivos de eficiencia energética son relevantes, coexisten en la aplicación de la política pública con otras dimensiones. Para el reacondicionamiento térmico de vivienda, los escenarios propuestos de reducción de emisiones para el sector residencial en la ECLP consideraban el supuesto de una implementación a través de subsidios y otra de igual magnitud en base a créditos. La trayectoria histórica de entrega de subsidios para estos programas (ex PPPF) del MINVU es de 17.000 viviendas promedio al año (período 2012-2022), mientras la ECLP plantea como meta 36.000 anuales al año 2030 y 50.000 anuales al año 2050, lo que denota el esfuerzo necesario de no contar con aportes de otras fuentes de financiamiento.

⁷ En tramitación.

De manera global, los resultados de la modelación de este estudio (ver sección 4.1 para revisar el detalle) muestran que es la segunda medida en relevancia en términos de su capacidad de reducción de emisiones, considerando los supuestos de la ECLP de programas de subsidios y créditos, en un nivel similar a las reducciones esperadas para las medidas de ACS. Si se considera sólo subsidios (sin aportes privados como créditos) el aporte se reduce a la mitad impactando de manera relevante la meta de la ECLP. Es importante visualizar que en términos de la relación costo-eficiencia, resulta ser la de mayor costo.

El reacondicionamiento térmico de viviendas se ha materializado a través de subsidios de Programa de protección Patrimonio Familiar (PPPF) de tres tipos: a) Acondicionamiento Térmico (AT) Regular⁸; b) Llamados Especiales de los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA)⁹; Condominios Sociales¹⁰. En el pasado se han utilizado alternativas de financiamiento ya sea por franquicias tributarias, créditos de Banco Estado como sugieren las metas de la ECLP, pero que no se encuentran vigentes actualmente.

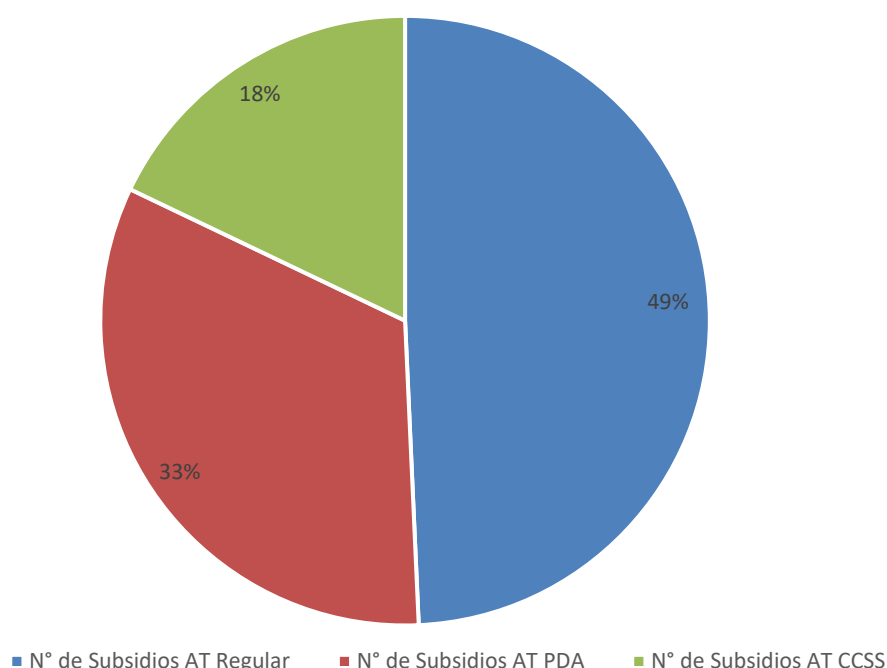


Figura 13: número de subsidios de acondicionamiento térmico período 2012-2022 por programa.
Fuente: MINVU.

⁸ Destinado a "(...) propietarios y asignatarios de inmuebles cuyo valor no exceda las 650 UF (\$15.900.000 aprox.), o que hayan sido construidas por el SERVIU o alguno de sus antecesores (Corvi, Corhabit, COU). Sin embargo, en los llamados especiales, se consideran también viviendas con avalúos fiscales de hasta 950 UF".

⁹ Destinado a "subsidios de acondicionamiento térmico de viviendas realizadas en el contexto de los Planes de Descontaminación Atmosférica que se están ejecutando en las zonas declaradas saturadas, como O'Higgins, Talca-Maule, Temuco-Padre Las Casas, Chillán-Chillán Viejo, Valdivia, Osorno y Coyhaique, las cuales cuentan con estándares térmicos especialmente definidos para estas zonas".

¹⁰ Se exige que sean condominios de vivienda social.

El mecanismo más relevante en cuanto a entrega de subsidios de acondicionamiento térmico del MINVU para el período 2012-2022 ha sido el programa regular con casi la mitad del total para dicho período. Al observar la trayectoria histórica de estos programas, se observa también para el período 2012-2022 que los programas PDA han ido desplazando en cantidad de subsidios a los otros programas a partir de la mitad del período aproximadamente, en un proceso que ha sido decreciente durante los últimos años.

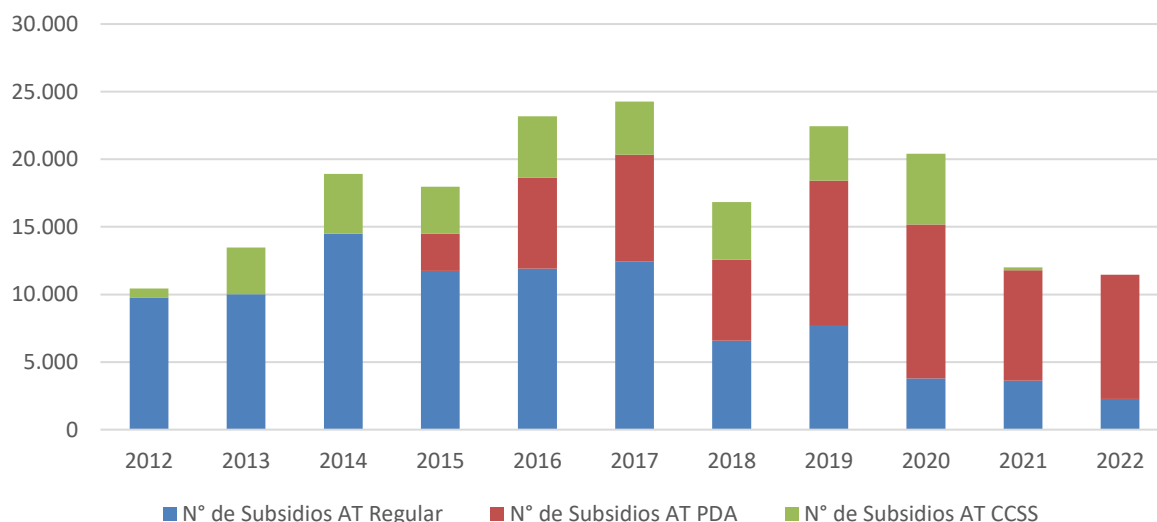


Figura 14: número de subsidios de acondicionamiento térmico período 2012-2022 por programa.
Fuente: MINVU.

A nivel territorial, los esfuerzos de los programas de acondicionamiento térmico se han concentrado desde la zona centro hacia el sur del país principalmente. La distribución espacial muestra que la región que más ha concentra aportes monetarios para estos programas ha sido la Región de la Araucanía concentrando el 27,8% sobre el total para el período 2012-2022, seguida por Bío-Bío con un 17%.

Tabla 4: Montos en UF de subsidios de acondicionamiento térmico por programa.

Región	AT Regular	AT PDA	AT CCSS	Total
Arica y Parinacota	0	0	1.750	1.750
Atacama	0	0	5.329	5.329
Coquimbo	0	0	111.987	111.987
Valparaíso	0	46.700	432.414	479.114
Ohiggins	79.760	1.368.713	291.082	1.739.555
Maule	1.650.930	1.076.825	233.133	2.960.888
Ñuble	326.739	2.594.971	55.035	2.976.745
Bío-Bío	2.562.434	1.713.763	722.917	4.999.114
Araucanía	2.323.654	5.512.420	341.398	8.177.472
Los Ríos	908.940	544.800	135.910	1.589.650
Los Lagos	883.903	1.496.752	242.913	2.623.568
Aysén	687.104	2.140.132	39.000	2.866.236

Región	AT Regular	AT PDA	AT CCSS	Total
Magallanes	357.223	0	43.180	400.403
RM	0	93.400	367.636	461.036
Total	9.780.687	16.588.476	3.023.684	29.392.847

Fuente: Elaboración propia.

La distribución espacial pone de manifiesto el foco del reacondicionamiento térmico en las zonas de más bajas temperaturas. También es posible observar, que el peso de los aportes de subsidios en las regiones ha tenido focalizaciones diferentes, siendo por ejemplo en la Araucanía mayoritariamente la contribución vía PDA mientras que en Bío-Bío por programa regular. A la fecha, algunas regiones ya tienen desarrollado los PARCC, las restantes tienen apoyo del MMA mediante consultorías, para definir y priorizar sus medidas. Dentro de los próximos avances, se espera incorporar las medidas identificadas regionalmente en el Plan Sectorial de Adaptación y Mitigación, con el fin de fortalecer la mirada territorial.

Esto denota los esfuerzos y complejidades de la integración de las políticas sectoriales, energéticas y climáticas donde los modelos permiten tener un orden de magnitud de los niveles de costo-eficiencia de la diversidad de medidas de los distintos sectores para una toma de decisiones informada. A modo de ejemplo, ya que se discutirá en detalle en las siguientes secciones, dentro de las medidas modeladas, es posible observar que el reacondicionamiento térmico presenta baja costo-eficiencia. En ese contexto, es relevante considerar que **los objetivos de mitigación son uno de los ítems dentro de la política sectorial, y donde pueden ser relevantes co-beneficios por ejemplo para la adaptación al cambio climático, reducción de vulnerabilidad** entre otros.

2.3 Experiencias Internacionales (*benchmarking*)

2.3.1 Envolverte térmica

En esta sección se analizan estos desafíos utilizando experiencias internacionales de los países de la Unión Europea (UE), con la **Directiva de UE relativa a la eficiencia energética de los edificios 2010/31** como principal marco regional y las disposiciones nacionales específicas de cada país. Esta directiva recoge de manera integrada la normativa térmica, los esquemas de certificación, los esfuerzos de descarbonización de la matriz de energía entre otros esfuerzos sectoriales.

La reglamentación térmica es una medida que juega un rol preponderante definiendo los estándares de implementación de las distintas acciones para la mitigación del sector residencial como lo pueden ser las de reacondicionamiento térmico de vivienda, las certificaciones energéticas de vivienda (Arcipowska et al., 2014), entre otras. Es por ello por lo que cobra relevancia en el análisis la consideración de las **interacciones entre estas medidas** y los impactos que esto tiene finalmente en los resultados de la mitigación del sector.

A su vez, en un nivel macro, **es relevante identificar los necesarios balances que existen en los objetivos de la política pública de vivienda, social, de salud, la energética entre otras** asociadas a la discusión de la política pública. En el caso de Chile, mientras el PSM aborda principalmente, los objetivos de mitigación sectoriales, y comprende como co-beneficios otros objetivos de la política pública, estos pueden ser el foco de las políticas de otros sectores como lo pueden ser la reducción de la vulnerabilidad, la salud asociada al confort térmico o la calidad del aire, entre otros. El ejercicio de establecer la coherencia, por tanto, es clave de manera de aprovechar las sinergias positivas y previsualizar sinergias negativas que a veces se producen en este traslape de objetivos públicos.

La Directiva 2010/31 busca alinear los esfuerzos de los países miembros para alcanzar estándares de eficiencia energética asociados a los compromisos internacionales y a la vez abordar los desafíos de habitabilidad y salud pública asociados a la vivienda y la edificación. Para ello se establecen normas y metodologías comunes para la edificación y vivienda. En la tabla a continuación se sintetizan algunos de los objetivos relevados en la discusión técnica de la reglamentación térmica de los casos de estudio y algunos de los drivers, impactos y antecedentes que enmarcan la discusión.

Tabla 5: ítems cubiertos por la reglamentación térmica y los impactos observados en los casos de estudio.

Objetivos	Drivers e Impactos
Eficiencia energética y emisiones	- El sector edificación es responsable de más del 40% del consumo de energía según la Directiva Europea en una tendencia creciente.
Confort térmico	- Entre el 30% y el 50% del exceso de muertes en invierno puede ser atribuibles a las bajas temperaturas en interiores (Braubach et al., 2011). - El exceso de calor afecta negativamente a la salud de las personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes Parkinson, Alzheimer y epilepsia (Ormandy et al (2012). - El exceso de frío y moho en los hogares provoca asma/ enfermedades respiratorias y afecta negativamente a la mental de sus ocupantes (Atanasiu et al., 2014). - El rendimiento escolar y el bienestar emocional de los niños pueden verse afectados por el malestar térmico (WHO, 2011).
Calidad del aire interior	- La calidad del aire interior y exterior es uno de los principales problemas de salud en Europa¹¹, donde se estima que las personas pasan entre el 60-90% de su tiempo¹² en espacios cerrados. - La OMS estima en 99.000 muertes el año 2012 para la región¹³
Luz natural ¹⁴	El 63% de los encuestados en el estudio de Kunkel et al. considera que la luz natural es el de una vivienda (encuesta: HOMEWISE, "Sin espacio + luz"). - La luz natural mejora el confort visual y psicológico, y tiene un efecto positivo en el rendimiento, la atención la satisfacción y la capacidad de aprendizaje. - La luz diurna alivia el Trastorno Afectivo Estacional (una forma de depresión). - Se ha demostrado que la exposición a la luz brillante es un tratamiento eficaz para los trastornos del sueño. - La luz diurna a través de las ventanas es la fuente clave para proporcionar altos niveles de luz, necesarios para mantener el funcionamiento del sistema circadiano.

Fuente: Elaboración propia en base a Kunkel et al. (2015) y otras fuentes.

¹¹ Health & Consumer Protection Directorate-General, "Opinion on risk assessment on indoor air quality", 2007. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_055.pdf

¹² Health & Consumer Protection Directorate-General, "Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)", 2011. http://ec.europa.eu/health/healthy_environments/docs/env_iaiaq.pdf

¹³ World Health Organization, "Burden of disease from Household Air Pollution for 2012". http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/HAP_BoD_results_March2014.pdf?ua=1

¹⁴ https://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/dr_health.asp

Kunkel et al (2015) ejemplifican esta tensión entre objetivos de la política pública, en el caso de Suecia y su reglamentación para el reacondicionamiento térmico, donde su código de construcción asume **potenciales conflictos entre los objetivos de ahorro de energía y calidad del aire en los procesos de reacondicionamiento, privilegiándose la calidad del aire sobre el primero**. De manera creciente, se reconocen también, las sinergias positivas entre estos objetivos como ocurre por ejemplo con la utilización de la “luz natural”, que ha tomado relevancia en la discusión europea, donde países como Dinamarca, han evaluado su potencial de ahorro energético incorporado estándares en sus códigos de construcción¹⁵. Se releva de la experiencia europea en la articulación de estos objetivos, la intensificación de la investigación, la mejora de las metodologías y estandarizar métricas de las condiciones de habitabilidad, como las principales herramientas para armonizar la política de vivienda.

Parece importante en esta revisión de casos, tomar en consideración las sinergias positivas y negativas entre los distintos objetivos de la política pública asociados a la reglamentación térmica. En la discusión se busca armonizar objetivos de **eficiencia energética, el confort térmico, la calidad del aire, los co-beneficios, los objetivos de la política social y de acceso a la vivienda articulando la política intersectorial**. Para el caso chileno, se vuelve clave para enfrentar estos desafíos, fortalecer la toma de decisiones basadas en ciencia, profundizando la investigación entre habitabilidad y el consumo energético de la vivienda.

¹⁵<https://ens.dk/en/press/energy-policy-toolkit-energy-efficiency-appliances-lighting-and-equipment>

En diversos países de la región europea, se constatan similitudes con el caso chileno donde se dictan regulaciones específicas en sus códigos de construcción para garantizar el confort térmico. Estas regulaciones establecen requisitos mínimos para la temperatura interior, la ventilación y el control de la humedad. El fomento del diseño pasivo, que aprovecha las características del entorno para regular la temperatura interior es transversal entre los distintos países de la UE. El caso de Alemania a través del Programa Energieeffizient Sanieren Investitions zuschuss, forma parte del “Programa de renovación de edificios de CO2” del gobierno federal alemán. Está diseñado para promover la eficiencia energética en el sector residencial y cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de CO2. El programa ofrece un incentivo financiero para realizar mejoras energéticas en los hogares como el aislamiento de vigas intermedias, la inyección de aislamiento, la instalación de vidrios triples y el aislamiento de fachadas. Algunos desafíos del caso alemán incluyen la falta de conciencia sobre el programa, la complejidad del proceso de solicitud y la disponibilidad limitada de expertos en eficiencia energética certificados como ocurren en otros casos de Europa. En general, las regulaciones y medidas implementadas en la UE para incrementar el confort térmico en las viviendas nuevas han demostrado resultados positivos en términos de reducción de la demanda de energía para calefacción y refrigeración, así como en el aumento del confort y bienestar. En algunos países, se ha puesto mayor énfasis en las reglamentaciones y la cuantificación de la integración de técnicas pasivas y mecánicas como pueden ser el aislamiento térmico de las paredes, ventanas de alta eficiencia energética con sistemas de calefacción y refrigeración eficientes, y/o sistemas de control de la temperatura interior. La institucionalidad chilena, sin embargo, tiene un carácter más fragmentario y sectorial para tratar la integración de los sistemas pasivos con sistemas de calefacción y enfriamiento.

Desde la perspectiva específica de la vivienda nueva, en diversos países de la UE se constatan barreras para incrementar el confort térmico incluyendo el costo adicional asociado con la implementación de tecnologías y prácticas de alta eficiencia energética. En el caso de la vivienda existente, la adopción de estos estándares ha sido más compleja y presenta un desafío en cuanto a que concentra gran parte del stock de vivienda. Estas barreras coexisten con la falta de conciencia y conocimiento sobre las opciones disponibles, y la resistencia al cambio por parte de algunos actores de la industria de la construcción.

Dentro de los esquemas de diseño, implementación, financiamiento y modelos de negocio los países de la Unión Europea de manera similar al caso chileno utilizan incentivos para la construcción de viviendas nuevas que pueden incluir subsidios, préstamos a bajo interés o beneficios fiscales para los constructores y propietarios de viviendas para sobrellevar estas brechas. A pesar de algunas innovaciones en materia de financiamiento en los países de la UE, el esquema predominante para el sector residencial son los subsidios y subvenciones con un 41%; créditos y préstamos blandos con 16%; franquicias tributarias con 7%; combinación de estos que alcanzan el 11% (Economidou, 2019)¹⁶.

¹⁶ El estudio identifica un total de 159 esquemas de financiamiento entre los países de la UE.

También se han fortalecido los mecanismos de comunicación con los usuarios, así como indicaciones que vuelven obligatoria la entrega de información en la venta, arriendo, certificación tanto para viviendas nuevas como existentes. Finalmente, la UE ha puesto un énfasis en la relevancia del monitoreo y control tanto del consumo de energía, como de los parámetros de confort térmico, calidad del aire interior, entre otros elementos que suponen un fortalecimiento de capacidades institucionales.

2.3.1 Sistemas de información, calificación y certificación

Dentro de los esquemas de diseño, implementación, financiamiento y modelos de negocio la Directiva 2010/31 relativa a la eficiencia energética de la edificación se establece la obligatoriedad de contar con un certificado de eficiencia energética¹⁷. La certificación tiene como foco informar a propietarios, arrendatarios e inmobiliarios para mejorar la toma de decisiones respecto a los rendimientos energéticos y los costos, asociados tanto a la edificación existente como a sus posibles mejoras (Arcipowska et al., 2014). A su vez, puede permitir trazar el impacto de las políticas de construcción y la performance energética de las viviendas (ídem). La identificación de buenas prácticas para este tipo de medidas es clave, dada la complejidad de la certificación y su implementación (BPIE, 2010). Estos procesos, obligan a una actualización y aprendizaje continuo, donde **preservar la confianza en el sistema y su credibilidad** parece ser un aspecto clave de la gestión según la experiencia europea.

Algunas ideas clave que muestra el caso de la UE respecto a la certificación energética de la vivienda:

- La construcción de confianzas es un proceso clave para la sustentabilidad de la certificación. Algunos elementos centrales para esto son la calidad de los certificadores y la certificación; sistemas de control independientes; obligatoriedad y sistemas sancionatorios; educación y calidad de la información.
- En base al punto anterior, para un país como Chile, que espera avanzar en el corto plazo hacia un sistema de certificación obligatoria de las viviendas nuevas, es clave analizar sus estrategias para mejorar la credibilidad en el sistema. Esto debe ir acompañado de mayores capacidades financieras, administrativas y de capital humano.
- Se deben maximizar las sinergias positivas entre los esquemas de certificación, los programas de reacondicionamiento y las reglamentaciones térmicas. A modo de ejemplo, el levantamiento de información del proceso de certificación tiene un rol relevante en la UE para el sistema de información que se utiliza para la gestión del stock de vivienda a reacondicionar, para la toma de decisiones de la política de vivienda y su financiamiento.
- El nivel de información que entrega la certificación, debe ser una hoja de ruta que permita a los usuarios de la vivienda tanto de la situación actual como para la gestión a lo largo de todo el ciclo de vida útil de la vivienda. Para ello entregarán alternativas viables e información financiera respecto a retornos de la inversión, posibles ahorros, incentivos y posibles vías de financiamiento, entre otras variables que faciliten la toma de decisiones.

¹⁷ El año 2002 se introduce por primera vez las certificaciones en la normativa europea donde se dio plazo hasta el 2009 para su adopción por parte de los miembros de la UE.

Arcipowska et al (2014), argumentan que existen diversas condiciones del sistema que pueden mejorar el “impacto” en el mercado de las certificaciones, las que tienen una relación directa con las reglamentaciones nacionales y que en el caso de Europa se promueven a través de la Directiva de la UE:

- **“Introducción de un sistema de control independiente de la certificación (art. 18)”**; estos esquemas se han formalizado en todos los países miembros de la UE, donde existen diversos mecanismos de muestreo que pueden considerar certificadores específicos, o la totalidad de unidades certificadas.
- **“Garantía de la competencia de los certificadores en el procedimiento de acreditación (art. 17)”**; se destaca en la Directiva 2010/31 como uno de los elementos más relevantes para el éxito de los programas y a su vez uno de los de mayor costo dentro del esquema (CA EPBD, 2011). En esa línea, gran parte de los países han implementado como reconocidas buenas prácticas sistemas de capacitaciones y exámenes obligatorios. En esa línea, muchos países europeos avanzan en esquemas de formación profesional continua y procesos de actualización de las acreditaciones.
- También se debe velar por los **elementos procedimentales de las certificaciones** que son determinantes de la confianza como pueden ser la presencia en terreno como factor probado de la mejora de la calidad de las evaluaciones; el uso de herramientas digitales para evitar errores en la data de entrada como uno de los errores más comunes en la experiencia europea que afectan la calidad de los procesos de calificación. En esa línea, la experiencia europea muestra que la selección de las metodologías de calificación, son determinantes de la credibilidad, reproducibilidad y costo de la certificación. En los casos analizados se usan diversos softwares para abordar estas tareas, donde se remarca la relevancia de los datos de entrada tanto por parte del experto calificador como de los controles independientes (auditorías básicas o extendidas) que deben velar por la calidad de los esquemas de certificación (Arcipowska et al., 2014).
- **Introducción de sanciones por incumplimiento, incluida la mala calidad de las certificaciones (art. 27)**; esto se ha consolidado en las legislaciones nacionales de los países miembros donde existen diversos mecanismos de sanción que pueden ser monetarias o administrativas y que apuntan a los propietarios y/o expertos certificadores.
- **Aumentar la disponibilidad de las certificaciones en las transacciones de venta y alquiler así como la visibilidad de la etiqueta energética en la publicidad comercial (art. 13).**

La certificación energética en la UE incluye información sobre el consumo anual de energía y el porcentaje de energía renovable en el consumo total. Adicionalmente, la certificación entrega información de **recomendaciones de mejoras en el nivel de eficiencia técnicamente viables**, con plazos de recuperación de la inversión, rentabilidad durante el ciclo de vida útil, entre otras. La certificación debe entregar también, información de los incentivos disponibles y los mecanismos de financiamiento. Con esto se busca influir en los modelos de negocio relacionados con la eficiencia energética de las viviendas, así como informar a los compradores.

Algunos de los retos y barreras asociados con el etiquetado energético de viviendas incluyen la falta de conciencia y comprensión por parte de los propietarios y compradores, así como la necesidad de contar con profesionales capacitados para llevar a cabo las evaluaciones energéticas y la necesidad de un control independiente de los impactos de la certificación. Esto puede ser un requerimiento especialmente demandante en términos de capital humano para un país como Chile que transita desde un esquema voluntario a uno obligatorio. La obligatoriedad y fortalecimiento legal de los sistemas de certificación es clave para su funcionamiento, pero esto debe ir acompañado de los recursos administrativos, financieros, capital humano y apoyo político necesarios (Arcipowska et al., 2014). La dinamización de la obligatoriedad consideró en Europa su aplicación a la construcción de viviendas nuevas o que desarrollan modificaciones relevantes; las viviendas vendidas o arrendadas a nuevos propietarios o inquilinos respectivamente; la aplicación de calificaciones y certificaciones de edificios públicos (idem).

El precio de las certificaciones puede ser una barrera importante para su implementación. En esa línea, la experiencia europea muestra que la tendencia reciente ha sido una regulación de costos a través del mercado. Si bien, hay países que establecieron regulaciones a los costos, la tendencia ha avanzado hacia uno de precios de mercado. Otros casos como el de Suecia, han mostrado que existen mecanismos en el diseño de la certificación que son clave en la reducción de costos, donde por ejemplo, la flexibilización desde el Sistema Sueco de Acreditación hacia uno basado en expertos individuales, se tradujo en una baja de precios relevante.

En aspectos específicos, Kunkel et al (2015), en su análisis de las reglamentaciones de países europeos, sugieren la necesidad de avanzar en brechas y potenciales de mejora más allá del confort térmico y la eficiencia energética, sino que además **incorporando información de parámetros de calidad del aire y/o los niveles de iluminación natural**. Esta información se releva como uno de los aspectos que debieran informarse en los esquemas de certificación y etiquetado dados los impactos en la salud que se detallaron anteriormente para Europa. Kunkel et al (2015) recomiendan, además, que esto debe traducirse también en mejoras metodológicas para **definir los costos desde un nivel macroeconómico de la política pública, así como de la medición de los co-beneficios que puede generar**.

Finalmente, un elemento interesante que considerar en el fortalecimiento de las certificaciones energéticas de vivienda, son las interacciones con los programas de reacondicionamiento térmico (Arcipowska et al., 2014; DG Energy 2014). Estos estudios argumentan que los esquemas de certificación energética debieran ser una condición para el acceso los fondos para reacondicionamiento térmico del stock de viviendas existentes los que se ejemplifican de la siguiente manera ***"El diseño del sistema de financiación tendrá en cuenta un apoyo relativamente mayor para las propiedades con etiquetas energéticas más bajas (donde el potencial de ahorro energético es mayor). Además, las calificaciones energéticas servirán como "una hoja de ruta individual para la renovación de edificios" que muestre un enfoque paso a paso para una renovación a largo plazo; no sólo para introducir medidas rentables, pero también para ayudar a los propietarios a priorizar y optimizar las medidas (y la inversión) que deben adoptarse a lo largo de los años"***. Los registros de certificación juegan un rol crucial para el monitoreo de las condiciones del stock de viviendas y en varios de los casos europeos, la data asociada a estos registros¹⁸ es un insumo clave para la toma de decisiones de las políticas de reacondicionamiento térmico y es actualmente uno de los registros de stock de viviendas más relevantes de la UE.

¹⁸ La data más comúnmente considerada en estos registros proviene de las certificaciones (Arcipowska et al., 2014):

- Información de referencia, por ejemplo, número de registro, tipo de edificio, nombre del propietario, año de construcción
- Geometría del edificio, por ejemplo, superficie útil, superficie calefactada.
- Tipo de EPC, es decir, calculado o medido, período de validez.
- Información sobre el rendimiento energético, por ejemplo, etiqueta energética, consumo anual de energía por uso final.
- Recomendaciones y ahorro energético previsto.
- Otros datos, como emisiones de gases de efecto invernadero, porcentaje de FER, pérdidas de energía, precio de la transacción, etc.
- Datos del asesor energético, por ejemplo, nombre y número de registro.

3 MODELACIÓN DE ESCENARIOS PROSPECTIVOS

3.1 Modelo de Proyección de Demanda Energética y Emisiones GEI

El sistema para crear proyecciones de la demanda energética a largo plazo utilizado es el Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas a Largo Alcance (LEAP). Este software de modelado de sistemas energéticos es empleado para evaluar políticas energéticas a mediano y largo plazo. Utiliza un enfoque bottom-up para representar la demanda energética, analizando las diferentes actividades económicas del país conforme al Balance Nacional de Energía (BNE). Esta herramienta desglosa la información a nivel regional y analiza los distintos usos finales de la energía en cada sector.

El modelo incorpora todas las fuentes de energía del país, alineándose con el BNE (Balance Nacional de Energía) hasta el año 2022. Mediante la modelación se pueden proyectar los principales indicadores de actividad y variables socioeconómicas, facilitando la estimación de la demanda energética futura.

3.1.1 Metodología de proyección de la demanda energética del sector residencial

El modelo de proyección de demanda de energía y emisiones de GEI para el sector residencial, se basa en la estimación de un nivel de actividad, determinada por drivers socioeconómicos, y la estimación de una intensidad energética en base a características de tenencia tecnológica y condiciones ambientales. La metodología aplicada a cada región se representa en la siguiente figura:

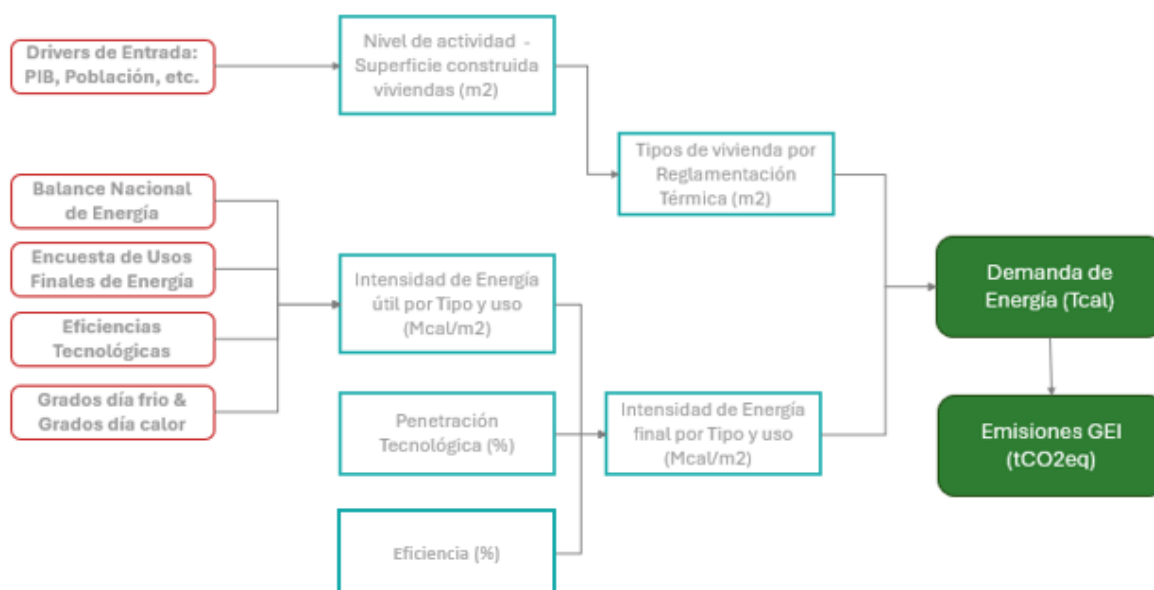


Figura 15: Metodología general de proyección de la demanda energética del sector residencial.

Fuente: Elaboración Propia.

En términos generales, la proyección de la demanda energética considera la multiplicación de un nivel de actividad y la intensidad energética de la forma:

$$\text{Demanda Energía} = \text{Nivel de actividad} * \text{Intensidad Energética}$$

3.1.1.1 Evolución de la superficie construida (Niveles de actividad)

El nivel de actividad del sector es la superficie construida, en este caso, los metros cuadrados totales de viviendas. Este depende de drivers regionales como el PIB y la población. Para estimar el stock y variación de m² construidos se consideró como información de base los datos aportados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) que permite identificar por tipo de establecimiento los m² existentes por región, y que han sido utilizados en los últimos ejercicios prospectivos del sector (GIZ, 2023). Esta base de datos incluye información detallada sobre los roles y los metros cuadrados efectivamente construidos a lo largo del tiempo, está disponible a nivel comunal y permite la desagregación de los datos en función de las nuevas regiones y diferenciando entre casas y departamentos. Sobre esta serie de datos se construyeron econometrías para proyectar los m² de casas y departamentos a nivel regional. En la Figura 16 se presentan las proyecciones agregadas a nivel nacional de la superficie habitacional construida en Chile para departamentos (Deptos) y casas.

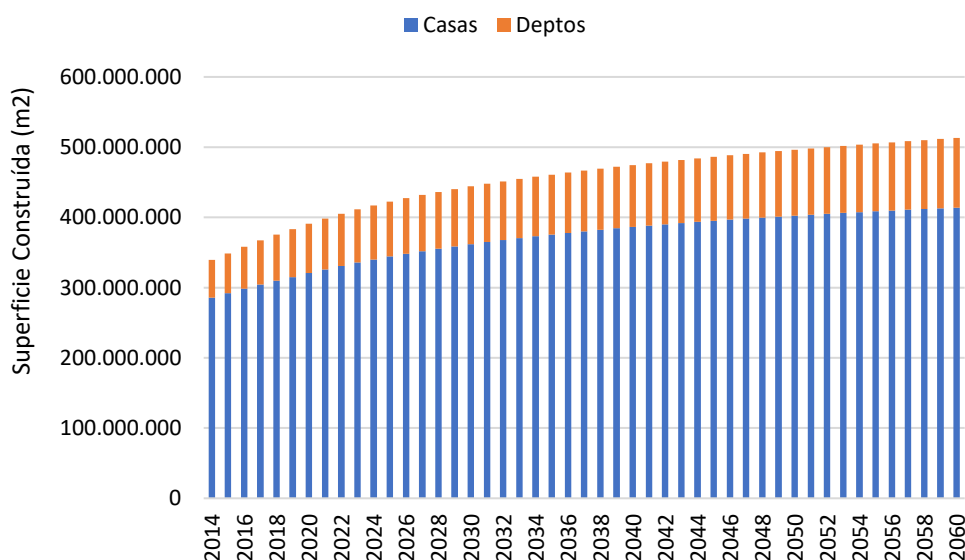


Figura 16: Proyección de superficie construida a nivel nacional al 2060.

Fuente: (GIZ, 2023).

En la Figura anterior se observa una tasa crecimiento en la superficie habitacional construida que decrece en el tiempo. Los datos históricos presentados en la Figura consideran el periodo 2014-2019 (pese a que las econometrías fueron realizadas con series de datos que abarcan varias décadas). Al 2019 los metros cuadrados de casas alcanzaron los 314 millones y 68 millones de m² la superficie de departamentos. Al 2060 se espera que la superficie de habitacional haya aumentado un 57% y un 100% para casas y departamentos respectivamente, respecto al último año con información histórica.

Una diferencia importante respecto a ejercicios de modelación energética previos para este sector es que anteriormente se estimaban viviendas a partir de proyecciones de población, lo que generaba aumentos de demanda energética que crecían en forma explosiva. Esta estrategia de modelación muestra una alta correlación con los datos históricos y limita el crecimiento explosivo de la demanda energética¹⁹.

3.1.1.2 Usos de la energía (Modelación Energía Útil)

El enfoque de modelación para el sector residencial se basa en la aplicación de la información más actual de la encuesta sobre el uso de energía en el hogar (CDT, 2019). Esta información se utiliza para calcular las proporciones de consumo según el uso y la tecnología energética. Con estas proporciones en mano, se recurre a los datos del Balance Nacional de Energía y a la eficiencia de las distintas tecnologías para determinar la intensidad energética necesaria por metro cuadrado. Este cálculo es fundamental para estimar el consumo de energía asociado a cada uso específico.

Las intensidades energéticas para los distintos usos y regiones son además agrupadas en 3 grupos de acuerdo con la reglamentación térmica vigente de acuerdo al año en la que fueron construidas. De esta forma, los grupos corresponden a las viviendas (i) Pre 2000, (ii) Entre 2001-2007 y, Post 2008.

En particular, el modelo considera los siguientes usos de energía para el sector:

Tabla 6: Usos del sector residencial.

USO	TECNOLOGÍA
Demanda de Calor	Aire acondicionado
	Calefacción Central
	Calefactor
	Calefactor Pellet
Demanda de Frio	Aire Acondicionado
Agua Caliente Sanitaria (ACS)	Calefont, Termo Eléctrico, Caldera
Cocina	Cocina y Horno

¹⁹ De acuerdo con los resultados de la modelación, para el año 2019 la cantidad de habitantes por vivienda promedio a nivel nacional fue de 2,83. Los resultados muestran que este indicador irá decreciendo paulatinamente hasta alcanzar los 1,81 habitantes/vivienda promedio a nivel nacional.

USO	TECNOLOGÍA
Secadora	Secadora
Lavadora	Lavadora
Aparatos Eléctricos	Microondas, hornillo, iluminación, refrigerador, freezer, hervidor, plancha, aspiradora, computador, televisión, juegos, stand by, cafetera, bomba de riego, piscina, otros.

Utilizando los datos proporcionados por la CDT, se calculó la intensidad energética por metro cuadrado para cada uso y por zonas térmicas. Además, se obtuvieron datos similares para los distintos usos y tipos de combustibles. Dado que esta información es representativa a nivel de zona térmica y no a nivel regional, fue necesario emplear estos valores para determinar el consumo energético representativo de cada región. Esto se logró analizando la cantidad de metros cuadrados en cada región y en sus respectivas zonas térmicas.

A partir de los datos de intensidades energéticas, se realizó el cálculo del consumo energético a nivel regional. Este cálculo fue posible gracias a la disponibilidad de información desglosada en metros cuadrados, clasificada por tipo de vivienda (departamentos y casas), conforme a la normativa de la OGUC, y distribuida por zonas térmicas antiguas. Este consumo regional calculado constituyó la base para establecer las proporciones de consumo en cada región. Estas proporciones fueron fundamentales para distribuir los valores totales de consumo por tipo de combustible del Balance Nacional de Energía, así como por tipo de vivienda.

La información sobre las proporciones de consumo por tipo de vivienda y por región posibilitó la segmentación del Balance Nacional de Energía en diferentes tipos de usos.

3.1.2 Consideraciones de las medidas de mitigación para la construcción de escenarios

A continuación, se presenta un cuadro que detalla las medidas de mitigación de GEI establecidas por MINVU para el sector residencial en distintos niveles de ambición, con el objetivo de fomentar una transición hacia la carbono neutralidad:

Tabla 7: Medidas de mitigación de GEI del sector residencial y sus niveles de ambición.

Medida / Nivel	Escenario Base	Nivel 1	Nivel 2
Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes	10.000 viviendas anuales son reacondicionadas	20.000 viviendas anuales son reacondicionadas	30.000 viviendas anuales son reacondicionadas
Actualización de la Reglamentación Térmica	No se actualiza Reglamentación Térmica.	Se actualiza RT en 2025 y esta permanece en todo el horizonte de evaluación.	Se realiza 1ra actualización de RT en 2025 y 2da actualización en 2035.

Calificación Energética de Viviendas	1.000 viviendas anuales son se califican energéticamente.	2.000 viviendas anuales son se califican energéticamente.	4.000 viviendas anuales son se califican energéticamente.
Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)	Se instalan 0 Sistemas Solares Térmicos para ACS anuales.	Se instalan 8.000 Sistemas Solares Térmicos para ACS anuales.	Se instalan 12.000 Sistemas Solares Térmicos para ACS anuales.

Fuente: Elaboración propia.

El Escenario Base es una representación del futuro que se utiliza como punto de referencia para realizar análisis comparativos. Se trata de una descripción detallada de cómo se espera que evolucionen las proyecciones de emisiones GEI del sector en ausencia de la implementación de cualquier medida de mitigación específica.

3.1.3 Proyección de demanda energética y emisiones sectoriales (Resultados del escenario de base)

Considerando la metodología antes presentada se proyectó la demanda energética sectorial (necesaria para la proyección de emisiones de GEI) en el Escenario Base, es decir, sin medidas de mitigación activas. El periodo 2018-2022 se consideran periodos históricos, años para los cuales se cuenta con los Balances Nacionales de Energía con desagregación Regional. El resumen de la demanda energética del Escenario Base para el periodo 2018-2060 por tipo de energético es presentado en la siguiente figura:

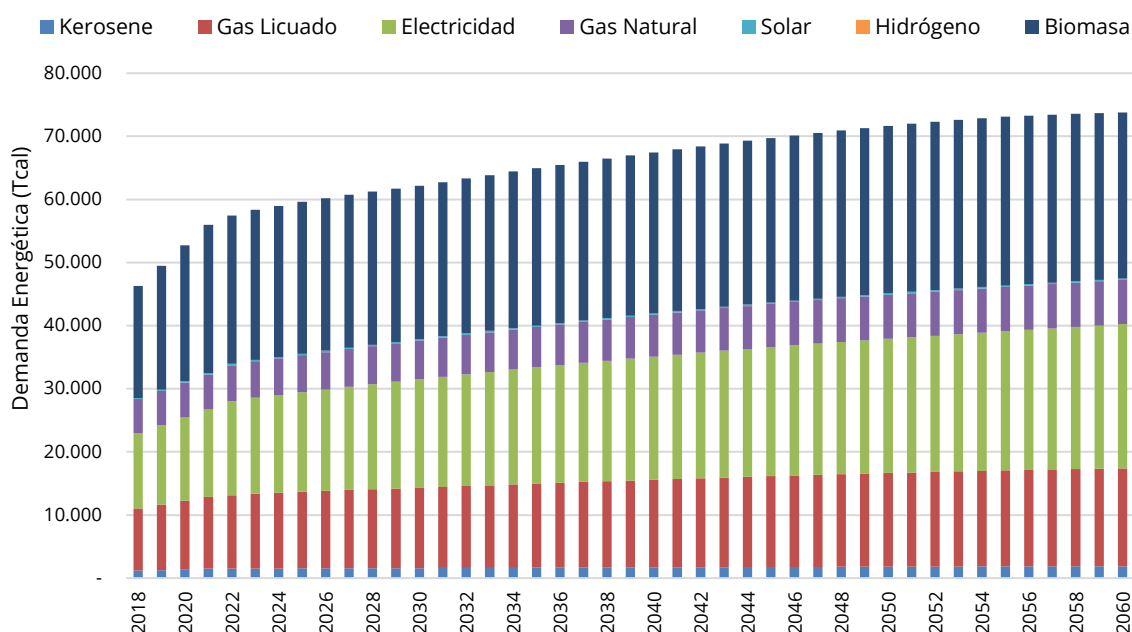


Figura 17: Proyección de la demanda energética del sector residencial. Periodo 2018-2060.

Fuente: Elaboración Propia.

El año 2022 la demanda energética del sector alcanzó los 58.180 Tcal (Ministerio de Energía, 2023b). El modelo energético calibrado presenta una demanda de energía de 57.457 Tcal para el año 2022, una diferencia del 1,2% respecto al BNE. El detalle de la calibración por energético es presentado en la siguiente tabla:

Tabla 8: Resultados de la calibración del modelo para el sector residencial.

	Unidad	Esc Base Modelo		
		LEAP 2022 (Calibrado)	BNE Nacional 2022	% Error (Calibrado)
Kerosene	Tcal	1,501	1,199	25.2%
GLP	Tcal	11,598	11,698	0.9%
Electricidad	Tcal	14,957	13,892	7.7%
GN	Tcal	5,670	6,074	6.7%
Solar	Tcal	233	0	0%
Hidrógeno	Tcal	0	0	0%
Biomasa	Tcal	23,499	25,317	7.2%
Total	Tcal	57,457	58,180	1.2%

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que el sector cuenta con modificaciones metodológicas para la estimación de la demanda energética de la biomasa en el BNE respecto a años previos, lo que generan cambios significativos en el consumo de biomasa y son elementos que han sido recogidos en esta calibración²⁰

Respecto a la proyección de la demanda energética del sector, se espera que al igual que el crecimiento de la superficie habitacional crezca a una tasa anual decreciente, que en promedio alcanzará 1,3%. Al 2060 la demanda energética sectorial alcanzará las 73,7 mil Teracalorías. Este aumento puede atribuirse principalmente al crecimiento de la población, la urbanización y los cambios en los patrones de consumo de energía en los hogares.

Las emisiones de gases de efecto invernadero seguirán una tendencia similar a la observada para la energía en el Escenario Base durante el periodo evaluado. Las emisiones de GEI directas pasarán desde los 5,3 Millones de tCO₂ eq en 2022 hasta 6,9 Millones de tCO₂ eq en 2060, lo que representa una tasa de aumento anual promedio de 0,8%. La proyección de emisiones GEI sectoriales es presentada en la Figura .

²⁰ El cambio metodológico implicó un aumento significativo en el consumo de estos sectores, debido a la mayor exactitud en la estimación del consumo rural de biomasa en donde pasó de representar un 10% a un 40% del consumo total (Ministerio de Energía, 2023b).

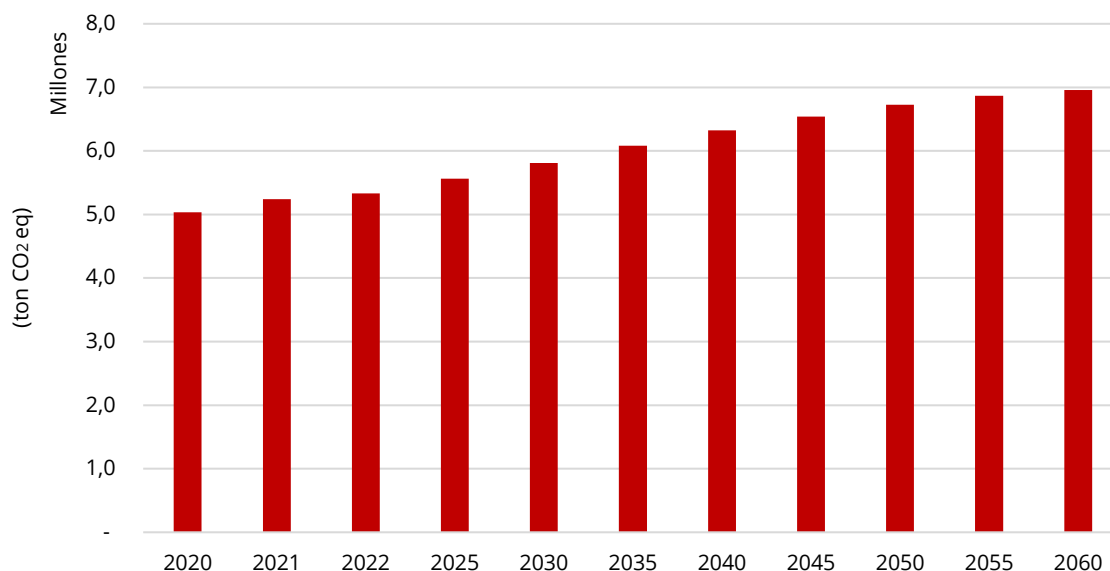


Figura 18: Proyección GEI Sector Residencial - Plan Sectorial MINVU 2024.
Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados históricos, así como los obtenidos a partir del modelo para el periodo 2020-2030 arrojan diferencias promedio de 9% mayores a las proyecciones realizadas para la distribución de presupuestos sectoriales de la ECLP. Respecto a las diferencias de las emisiones GEI directas acumuladas del sector para el periodo 2020-2030, en el Escenario BAU para los cálculos de presupuesto estos son de 55,5 millones de tCO₂, en tanto las emisiones acumuladas directas del sector considerando igual periodo en este ejercicio prospectivo alcanzan las 60,6 millones de tCO₂ diferencia del 10,9% respecto del valor inicialmente proyectado. Dichas diferencias se resumen en la Figura 19.

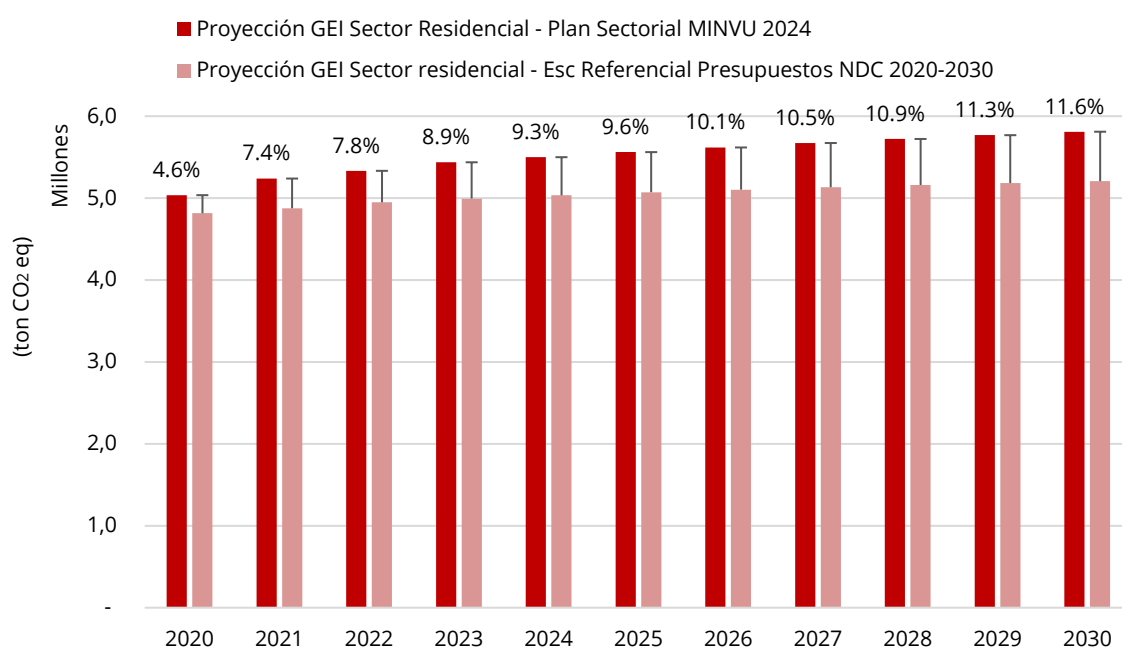


Figura 19: Comparación de emisiones GEI de escenarios base 2020-2030.

Fuente: Elaboración Propia.

Las diferencias se explican por diversas razones, entre las cuales destacan: (i) variaciones en las series de drivers principales afectadas; (ii) cambios metodológicos en la proyección de la demanda energética del sector; (iii) cambios metodológicos en la cuantificación de la demanda energética sectorial de los balances nacionales de energía; (iv) los efectos de la pandemia del COVID-19 que tuvieron efectos significativos sobre la demanda energética y las emisiones de GEI del sector. En (Rojas, y otros, 2022) se identificaron aumentos moderados en las emisiones por calefacción de entre 1-6%, mientras que las emisiones del consumo de electricidad y gas para usos distintos a la calefacción aumentaron entre un 8-23%; (v) la consideración de la actualización de la normativa térmica de la OGUC en el Escenario de Referencia a diferencia del Escenario Base actual genera diferencias significativas entre ambos escenarios.

3.2 Metodología general de estimación de costos y beneficios

Mientras los costos de las medidas se estiman a partir de metodologías individuales, los beneficios asociados a los ahorros por reducción de la demanda energética, así como los co-beneficios son calculados a partir de metodologías generales.

3.2.1 Metodología de estimación de beneficios

La metodología de estimación de beneficios de las medidas de mitigación y los escenarios de medidas combinadas se basa en la cuantificación económica de la reducción de consumos energéticos respecto al Escenario Base siguiendo la siguiente fórmula:

$$B_t^{Medida/Escenario} = \sum_i C_{i,t}^{Esc\ Base} * P_{i,t} - \sum_i C_{i,t}^{Medida/Escenario\ Analizado} * P_{i,t}$$

Donde: $B_t^{Medida/Escenario}$ corresponde a los beneficios económicos asociados al ahorro monetario producido por la disminución de consumo de energía y/o remplazo de energéticos asociada a la medida (en Millones de USD) en cada periodo t ; $C_{i,t}^{Esc\ Base}$ corresponde al consumo de energía del energético i en cada periodo t para el Escenario Base (en Tcal); $P_{i,t}$ corresponde al precio del energético i en cada periodo t (en Millones de USD /Tcal) y; $C_{i,t}^{Medida/Escenario\ Analizado}$ corresponde al consumo de energía del energético i en cada periodo t para el Escenario Base (en Tcal).

La proyección de precios de los energéticos utilizados corresponde a la de ejercicios prospectivos del 2021 del Ministerio de Energía. Para las estimaciones de beneficios fueron utilizados los precios presentados en la siguiente tabla:

*Tabla 9: Proyección de precios energéticos (USD/Tcal).
Fuente: (Ministerio de Energía, 2021d).*

Fuentes	2022	2024	2026	2028	2030	2032	2034	2036	2038	2040	2042	2044	2046	2048	2050	2060
Hidrógeno	124,146	105,052	104,065	103,078	102,091	101,104	100,117	99,251	98,505	97,760	97,015	96,270	95,524	94,779	94,034	94,034
Petróleo Diésel	88,426	100,732	108,882	115,190	120,837	125,768	129,094	132,104	136,322	140,111	143,339	146,659	148,267	149,745	150,439	150,439
Gasolina de Motor	138,666	154,636	165,010	172,944	179,983	186,083	190,172	193,857	199,000	203,599	207,498	211,492	213,425	215,194	216,023	216,023
Kerosene	99,043	115,792	127,148	136,068	144,141	151,257	156,093	160,492	166,689	172,286	177,083	182,040	184,447	186,667	187,711	187,711
Gas Licuado	215,737	246,105	266,240	281,839	295,810	308,016	316,253	323,708	334,160	343,550	351,553	359,787	363,776	367,442	369,163	369,163
Gas Natural	180,234	206,673	226,144	242,080	255,107	266,187	275,831	281,960	290,829	296,240	308,126	315,245	316,130	323,986	325,630	325,630
Leña y Biomasa	37,201	38,815	41,344	43,411	44,855	46,095	47,349	48,708	50,003	51,186	52,196	52,196	52,196	52,196	52,196	52,196
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Electricidad Residencial	132,949	138,882	137,617	143,535	142,944	143,506	144,977	154,119	155,688	163,820	168,960	162,690	169,082	168,671	166,734	166,734

3.2.2 Metodología de estimación de co-beneficios

Las políticas climáticas aplicadas, en particular al sector residencial, no solo aportan los beneficios directos asociados a la reducción de emisiones de GEI. Existen diversos cobeneficios sociales, económicos y ambientales. Entre estos es posible mencionar los cobeneficios en salud (valorizados en este estudio), pero también otros cobeneficios sociales y económicos de gran relevancia (no cuantificados en este estudio), como el impacto de las políticas en la reducción de la pobreza energética. Lo anterior es de gran relevancia considerando que el 34% de los hogares de zonas urbanas en Chile se encuentran situación de pobreza energética (CR2, 2019).

En este estudio, se cuantificaron cobeneficios ambientales locales de las medidas de mitigación. Para ello, la metodología de estimación se basa en la presentada en el documento “Análisis General del Impacto Económico y Social del Anteproyecto de Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana” (Ministerio de Medio Ambiente, 2015) y en la “Guía Metodológica para la Elaboración de un análisis general de impacto económico y Social (Agies) para Instrumentos de gestión de calidad del aire” del MMA (Ministerio del Medio Ambiente, 2013).

Para realizar la evaluación se estimará la diferencia en daños en salud asociadas a los escenarios o medidas de mitigación evaluadas valorando los impactos a la salud por la emisión de MP_{2.5} en Chile.

La experiencia internacional revela que los beneficios de salud dominan holgadamente al resto de categorías de externalidades como visibilidad, materiales o agricultura. Por otra parte, el material particulado –en especial el MP_{2.5}– es el contaminante responsable de la mayor parte de los cobeneficios vinculados a la salud. Por ello en el análisis que se realiza solo se consideran los beneficios a la salud derivados de una reducción a la exposición de MP_{2.5}, la que se genera tanto por la reducción en emisiones directas de este contaminante como por la reducción de emisiones de NO_x.

La metodología a utilizar en este estudio para valorar los impactos en salud derivados de cambios en los niveles de concentración de distintos contaminantes atmosféricos corresponde al método de la función de daño (o “*impact pathway approach*”). Este enfoque es utilizado comúnmente tanto a nivel nacional como internacional para estimar los impactos físicos y económicos generados por la contaminación.

La estimación de los impactos se lleva a cabo utilizando funciones de concentración respuesta. Estas funciones son relaciones empíricas que relacionan cambios en la calidad del aire (de un contaminante en particular) con cambios en una variable de impacto de interés (salud: número de casos de muerte prematura o casos de enfermedades, agricultura: cambios en producción, etc). En particular, el cambio de los efectos evitados se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E_{ij} = \beta_{ij} * \Delta C * (Pop_j * IR_{ij})$$

Donde: ΔE_{ij} corresponde al cambio del número de efectos i en la población j debido al cambio de concentraciones de $MP_{2,5}$; β_{ij} corresponde al coeficiente de relación concentración-respuesta²¹ del efecto i en la población j (ver tabla en Anexo 12.2); ΔC corresponde al cambio anual de la concentración de $MP_{2,5}$; Pop_j corresponde al número de personas del grupo j expuesta a $MP_{2,5}$; IR_{ij} : corresponde a la tasa de incidencia²² del efecto i en la población j .

Luego la aplicación de las relaciones de concentración respuesta requiere estimaciones de cambios en la calidad del aire. En este estudio, las variaciones en la concentración de $MP_{2,5}$ para un año determinado se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación empleada de igual forma en la AGIES para Chile:

$$\Delta C_{MP_{2,5}} \left[\frac{\mu g}{m^3} \right] = \sum_i \frac{\Delta E_i [ton]}{FEC_i \left[\frac{ton}{\frac{\mu g}{m^3}} \right]}$$

Donde el subíndice i corresponde a $MP_{2,5}$ (primario) y NO_x (precursor de $MP_{2,5}$ secundario) y $\Delta C_{MP_{2,5}}$: corresponde a la variación de la concentración ambiental de $MP_{2,5}$; FEC_i corresponde al Factor Emisión-Concentración del contaminante i (ver tabla de factores por provincia en Anexo12.3); ΔE_i corresponde a la variación de las emisiones del contaminante i .

Finalmente, **los beneficios valorizados corresponden al impacto en salud producto de la disminución de la concentración ambiental de los contaminantes $MP_{2,5}$ y NO_x (precursor del $MP_{2,5}$)**. Los beneficios anuales son calculados de acuerdo con la ecuación presentada a continuación:

$$Beneficio_{año_{proy}} = \sum_i (\Delta E_i (Población_{año_{proy}}) * VS_i)$$

Dónde: $Beneficio_{año_{proy}}$ corresponde al beneficio de un año determinado producto de la disminución de los efectos; $\Delta E_i (Población_{año_{proy}})$ corresponde al cambio del número de efectos i de un año determinado; y VS_i corresponde al valor social del efecto i .

3.2.3 Metodología de estimación de costos de abatimiento

Los costos de abatimiento, también conocidos como costos de reducción de emisiones, son los gastos asociados a la implementación de medidas o acciones destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

²¹ El coeficiente de relación concentración-respuesta representa la respuesta biológica del ser humano a determinada concentración de $MP_{2,5}$, por lo que no cambian al ser aplicados en distintas ciudades.

²² Las tasas de incidencia corresponden a la cantidad de personas afectadas del total de población expuesta y es un valor que sí varía de ciudad en ciudad.

Para evaluar los costos de abatimiento de las medidas de mitigación se comparan los costos del escenario con medida versus los costos del escenario base, así como las reducciones de emisiones de GEI asociadas a la medida. De esta forma, en términos generales pueden estimarse los costos de abatimiento según:

$$CA_{medida} = \frac{\sum (\Delta CAPEX_t + \Delta OPEX_t) * \frac{1}{(1 + Td)^{(t-t_0)}}}{\sum_t^T \Delta E_t}$$

Donde: CA_{medida} corresponde a los costos marginales de abatimiento de la medida (en USD/tCO₂); $\Delta CAPEX_t$ corresponde a la diferencia de los gastos de capital o inversión en activos fijos entre los escenarios con medida y el base (en USD); $\Delta OPEX_t$ corresponde a la diferencia de los costos de operación y mantenimiento entre el escenario base y el escenario con medida para cada periodo t; $\sum_t^T \Delta E_t$ Corresponde a la suma de las reducciones de emisión de GEI anuales asociadas a la implementación de la medida durante todo el horizonte de evaluación; Td corresponde a la tasa de descuento social (igual al 6%), t_0 igual al año de inicio de la evaluación y T igual a 2060.

Algunos alcances respecto a los cálculos de este ejercicio son:

- i. Se consideran solo las reducciones de emisión de GEI directas del sector, es decir, no se consideran las reducciones asociadas a la disminución de la demanda de energía eléctrica.
- ii. Los costos de operación y mantenimiento solo consideran los costos variables de combustible, sin considerar para ninguna de las medidas sus costos de mantenimiento.
- iii. Las estimaciones de costos se realizaron con precios del dólar fijos e iguales a 932 CL\$/USD y al valor de la Unidad de Fomento constante igual a 36.739 CL\$/UF.

4 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

En esta sección se detallarán los impactos en mitigación cada una de las cuatro medidas de mitigación propuestas que se encuentran directamente relacionadas con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu).

4.1 Medida 1: Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes

El consumo de energía del sector residencial está dado principalmente por el parque de viviendas que no poseen estándares de eficiencia energética adecuados y la falta de reglamentos de tipo obligatorio para la incorporación de la eficiencia energética en el diseño, construcción y operación de las edificaciones (Ministerio de Energía, 2018). De acuerdo con (Ministerio de Energía, 2021b) el 53% del consumo de energía promedio anual de una vivienda se destina a calefacción y climatización. El mismo documento señala que el 63% de las viviendas no cuenta con aislamiento térmico, el 10% cuenta con aislamiento térmico baja (solo techumbre) y solo el 27% cuenta con aislamiento media (techos, muros y pisos ventilados).

En relación a lo anterior y de acuerdo a estimaciones del modelo energético, **la superficie de viviendas de construcción Pre-2000 sigue representando alrededor del 55% de la superficie de viviendas construidas hasta el año 2022. Para este último año y en términos de emisiones de GEI, este tipo de viviendas representó un 64% de las emisiones del sector²³.**

Para mejorar las condiciones de aislamiento térmico de las viviendas que fueron construidas hasta 2007, antes de la entrada en vigencia de la segunda etapa de la Reglamentación Térmica vigente, el MINVU implementó un subsidio para el acondicionamiento térmico. Ya sea por llamados regulares, condiciones sociales o zonas con Planes de Descontaminación, en los últimos 8 años MINVU ha otorgado anualmente en promedio del orden de 18.500 asignaciones con un costo promedio de 190 unidades de fomento por subsidio. El resumen de la información asociada a este instrumento es presentado en la Tabla 10.

Tabla 10: Resumen de subsidios de acondicionamiento térmico MINVU. Periodo 2015-2022.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
N° de Subsidios Anuales	17,970	23,185	24,262	16,834	22,449	20,401	12,002	11,465
Montos Anuales (Miles de UF)	2,397	2,951	3,490	2,724	4,018	4,019	2,983	3,807
Subsidios Promedio (UF/viv)	133	127	144	162	179	197	249	332

Fuente: MINVU.

²³ Información ingresada al modelo energético de las superficies construidas proviene de la base de datos del detalle catastral de viviendas disponible en: https://www4.sii.cl/sismunInternet/?caller=DETALLE_CAT_Y_ROL_COBRO

Es importante mencionar que los efectos del reacondicionamiento térmico de viviendas afectarán de forma diferente, y tendrá costos diferenciados de acuerdo a la región en donde se realicen. Sin embargo, en el documento “Carbono Neutralidad en el Sector Energía” (Ministerio de Energía, 2020) se consideró una mejora promedio del 30% en la intensidad energética por vivienda debido al reacondicionamiento térmico de éstas.

Como ya se mencionó en la Tabla 7 la medida es evaluada en 2 niveles diferentes al del escenario base los que son explicados a continuación:

Nivel 1: Se reacondicionan 20.000 viviendas anuales a partir del año 2026 en adelante y durante todo el periodo de evaluación. Para efectos de la modelación se consideran viviendas Pre-2000²⁴ que presentan mejoras de un 30% en sus intensidades energéticas útiles. Las viviendas son consideradas a superficie considerando una superficie promedio constante de 56 m² por vivienda²⁵. La distribución de la superficie a reacondicionar mantiene proporcionalidad de las superficies regionales actuales.

Nivel 2: Se reacondicionan 30.000 viviendas anuales a partir del año 2026 en adelante y durante todo el periodo de evaluación. Para efectos de la modelación se consideran viviendas Pre-2000 que presentan mejoras de un 30% en sus intensidades energéticas útiles²⁶. Las viviendas son consideradas a superficie considerando una superficie promedio constante de 56 m² por vivienda. La distribución de la superficie a reacondicionar mantiene proporcionalidad de las superficies regionales actuales.

4.1.1 Estimación de impactos energéticos y ambientales

A continuación, se presenta un resumen de los impactos en términos de demanda energética y reducción de emisiones asociadas al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes en sus distintos niveles.

Tabla 11: Impactos esperados del reacondicionamiento térmico de viviendas existentes en nivel 1.

Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	81	237	387	521
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	4.707	13.132	20.748	27.558
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	14.525	110.055	286.353	535.418
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	60	172	278	369

²⁴ Si bien la modelación fue realizada sobre viviendas pre-2000, las políticas de reacondicionamiento térmico de viviendas no pueden limitarse a solo esta tipología de viviendas.

²⁵ Dato calculado a partir de la superficie obtenida de la base de datos del SII y la cantidad de viviendas obtenida del Censo.

²⁶ Se deben generar nuevos instrumentos públicos habilitantes para la regularización de viviendas informales, con el fin de lograr el alcance proyectado en la medida

Tabla 12: Impactos esperados del reacondicionamiento térmico de viviendas existentes en nivel 2.
Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	163	474	772	1.042
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	9.418	26.373	41.988	55.025
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	28.460	218.008	570.675	1.068.893
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	120	344	555	738

De acuerdo a lo esperado, los beneficios de esta medida son acumulativos, es decir, sus beneficios anuales van aumentando en el tiempo, ya que las viviendas reacondicionadas se van también acumulando en el tiempo.

El hecho de iniciar la medida en 2026 genera reducciones acumuladas al 2030 de 14.525 tCO₂ en nivel 1 y de 28.460 tCO₂ eq en el nivel 2, que representan 22% y un 43% de los valores de reducción de emisiones esperados para esta medida evaluada para los presupuestos de la ECLP (se estimó una reducción de 66 ktCO₂ iniciando en 2023²⁷). Como es posible notar, **la postergación del inicio de las medidas de mitigación tiene efectos significativos sobre las reducciones de emisión al 2030 y a su contribución al cumplimiento del presupuesto sectorial.**

4.1.2 Estimación de costos y beneficios

Los costos de inversión relacionados con la mejora del acondicionamiento térmico de viviendas existentes se estiman a partir del número de viviendas anualmente reacondicionados multiplicados por el costo unitario promedio de reacondicionamiento. Este último valor varía año a año y de región a región. Sin embargo, si se consideran los valores nacionales agregados presentados en la Tabla 10, se observa un monto promedio de los últimos años de 260 UF / subsidio en los años post pandemia, versus los 149 UF / subsidio promedio en los años previos a la pandemia por COVID-19.

En el contexto del desarrollo del Plan de Eficiencia Energética 2022-2026 se estimaron los costos unitarios de reacondicionamiento térmico de 202 UF /vivienda reacondicionada, valor cercano a los 198 UF / subsidio estimados a partir del promedio histórico nacional de subsidios otorgados por MINVU para este propósito. Pese a ello, los últimos años los costos de construcción asociados principalmente al precio de los materiales han sido significativamente más altos que los niveles pre-pandemia (Holz, 2022). Por lo anterior, se ha decidido mantener el gasto promedio de los subsidios observados en la Tabla 10 correspondientes al año 2022 e igual a 332 UF/viv.

Considerando lo anterior los costos de inversión de la medida en cada año t se calculan de acuerdo con:

²⁷ Solo considerando subsidios

$$C_t^{inversión} = (NV_t^{Nivel Medida} - NV_t^{Esc Base}) * C_t^{Unitario}$$

Donde: $C_t^{inversión}$ corresponde a los costos de inversión de la medida en cada periodo t ; $NV_t^{Nivel Medida}$ número de viviendas reacondicionados en cada periodo t en el nivel de la medida; $NV_t^{Esc Base}$ corresponde a la cantidad de viviendas reacondicionadas en cada periodo t para el Escenario Base y; $C_t^{Unitario}$ corresponde al costo unitario de reacondicionamiento igual a 332 UF /vivienda reacondicionada.

Los beneficios de la medida asociados al ahorro energético de la medida son calculados de acuerdo a lo establecido en el punto 3.2.1, mientras que los cobeneficios siguen la metodología planteada en el punto 3.2.2 de este informe. Los resultados de la medida son presentados en la siguiente tabla:

*Tabla 13: Resumen de los costos y beneficios del Reacondicionamiento Térmico.
Fuente: Elaboración Propia.*

Parámetro	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Costo de inversión de la medida al 2030	UF	16.600.000	33.200.000
Aumento costos capital acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	1.790	3.580
Reducción de costos de operación 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	297	594
Relación Costo/Beneficio (sin cobeneficios)	-	6,03	6,03
Costos de abatimiento (sin cobeneficios)	USD/tCO ₂	2.789	2.793
Cobeneficios acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	581	1.162
Relación Costo/Beneficio (con cobeneficios)	-	2,04	2,04
Costos de abatimiento (con cobeneficios)	USD/tCO ₂	1.704	1.706

Los altos costos de abatimiento de la medida observados en la

Tabla 13 se deben en gran medida a dos elementos: **i) gran parte de las reducciones de la demanda energética están asociadas a la calefacción cuyo principal energético es la biomasa, y al ser este carbono biogénico no se consideran sus emisiones de CO₂** ii) **Los bajos costos comparativos de la leña respecto a otros energéticos utilizados para calefacción limitan reducen los potenciales ahorros de energía de la medida y** iii) **la medida no considera las reducciones de alcance 2 del sector asociadas a la reducción de la demanda eléctrica.**

Sin embargo, cuando se adoptan acciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire, se reduce la exposición a contaminantes atmosféricos y se disminuye el riesgo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras condiciones asociadas a la contaminación del aire. Las implicancias de evaluar económicamente los beneficios en salud pública son relevantes en el sector residencial. De hecho, al considerar los cobeneficios en la evaluación de los costos de la medida, los costos de abatimiento se reducen en casi un 40%, hasta alcanzar los 1.705 USD /tCO₂.

4.2 Medida 2: Actualización de la Reglamentación Térmica

El acondicionamiento térmico se refiere a las condiciones de temperatura, humedad y ventilación en el interior de las edificaciones, con el objetivo de lograr un ambiente confortable para sus ocupantes.

Las normas existentes en el artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establecen los requisitos mínimos para el aislamiento y control térmico en las edificaciones. La Reglamentación Térmica establece las condiciones mínimas de aislación térmica para las viviendas nuevas. La primera etapa de la Reglamentación Térmica entró en vigencia en el año 2000 con requisitos de aislación térmica para la techumbre, y el 2007 se actualiza incluyendo aislación térmica para muros perimetrales y pisos ventilados. Una última actualización se llevó a cabo en 2014, donde se incorporaron nuevos límites de transmitancia térmica y se establecieron valores mínimos de resistencia térmica para los diferentes elementos constructivos.

El proceso de actualización ha tomado varios años. De hecho, la primera propuesta de modificación se hizo en 2018, y ya en octubre de 2023 el MINVU publicó la respuesta a la consulta pública de la propuesta de modificación de la OGUC, para actualizar las normas referidas al acondicionamiento térmico, estableciendo requisitos y mecanismos de acreditación del cumplimiento de estas normas en las edificaciones (MINVU, 2023).

La propuesta de actualización de la Reglamentación Térmica permitirá disminuir un 30% promedio nacional la demanda térmica de las viviendas, permitiendo obtener un ahorro en el requerimiento de energía para calefacción de un 60% (promedio centro-sur de Chile).

La modelación considera lo siguiente:

Nivel 1: la actualización de la actual reglamentación térmica vigente comienza a regir para las construcciones nuevas a partir del año 2025. Se consideran ahorros o reducciones en la intensidad energética base del 77% en calefacción respecto a aquellas viviendas con reglamentación 2007. La modelación en este nivel no considera futuras actualizaciones a la reglamentación

Nivel 2: sumado a la anterior se considera que una nueva actualización a la reglamentación térmica comenzaría a regir a partir del año 2035, diez años después de entrada en vigor de su predecesora. Para esta se estiman ahorros de 80% en calefacción respecto a aquellas viviendas con reglamentación 2007 (Ministerio de Energía, 2021d).

4.2.1 Estimación de impactos

A continuación, se presenta un resumen de los impactos en términos de demanda energética y reducción de emisiones asociadas a la medida de actualización de la reglamentación térmica en sus distintos niveles.

Tabla 14: Impactos esperados de la actualización de la reglamentación térmica en nivel 1.
Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	1.784	4.396	6.459	7.760
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	131.328	328.862	483.535	580.650
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	456.828	2.891.978	7.070.135	12.495.630
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	1.221	2.905	4.209	4.949

Tabla 15: Impactos esperados de la actualización de la reglamentación térmica en nivel 2.
Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	1.784	4.463	6.623	7.991
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	131.328	337.002	500.375	605.105
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	456.828	2.922.425	7.233.480	12.872.715
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	1.221	2.944	4.300	5.072

De las tablas se constata que las reducciones acumuladas al 2030 son iguales en ambos niveles. Lo anterior se debe a que la medida en el nivel 2 incrementa su exigencia en el año 2035, para los años previos los efectos son los mismos que los observados para la medida en nivel 1. La reducción acumulada al 2030 es de 457 kton CO₂e.

Como parte del objetivo de lograr edificaciones nuevas eficientes y reacondicionar las edificaciones existentes para aumentar su eficiencia energética, la ECLP se considera como meta contar al 2025 con una nueva versión de la Reglamentación Térmica. Sin embargo, al revisar los presupuestos sectoriales no se cuantifican los ahorros asociados a esta medida al 2030. Es posible que esta medida haya sido considerada en el Escenario de Base.

4.2.1 Estimación de costos y beneficios

La actualización de la Reglamentación Térmica en curso generará un aumento de costos de construcción se estima en un rango de entre el 7% y el 10% (MINVU, 2023). Considerando costos promedios de construcción de 48.8 UF/m² (Vergara-Perucich, 2021) y un tamaño promedio de 56 m² de las viviendas se puede estimar un costo de 190 UF/vivienda. En (Ministerio de Energía, 2021b) se estimaron costos de inversión unitario adicionales promedios para la construcción de viviendas y departamentos de 100 Unidades de Fomento (UF) para cumplir con el primer estándar y de 130 UF para el segundo estándar a aplicarse en el 2035.

Considerando que el incremental de ahorros entre el estándar esperado al 2025 y el 2035 es de sólo 3% se propone considerar el costo incremental de la norma igual a:

Tabla 16: Resumen de costos incrementales de construcción de viviendas por actualizaciones de la reglamentación térmica.

Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Valor	Unidad
Costo Incremental de Mejora a Estándar 2025 respecto a la actual	190	UF/viv
Costo Incremental de Mejora a Estándar 2035 respecto a la actual	196	UF/viv

Considerando lo anterior los costos de inversión de la medida en cada año t se calculan de acuerdo con:

$$C_t^{\text{inversión}} = NV_t * (CU^{\text{estándar 2035}} - CU^{\text{estándar 2025}})$$

Donde: $C_t^{\text{inversión}}$ corresponde a los costos de inversión de la medida en cada periodo t ; NV_t número de viviendas reacondicionados en cada periodo t ; $CU^{\text{estándar 2035}}$ corresponde al costo incremental de mejora asociado al estándar 2035 respecto al estándar actual y; $CU^{\text{estándar 2025}}$ corresponde al costo incremental de mejora asociado al estándar 2025 respecto al estándar actual.

Los beneficios de la medida asociados al ahorro energético de la medida son calculados de acuerdo a lo establecido en el punto 3.2.1, mientras que los cobeneficios siguen la metodología planteada en el punto 3.2.2 de este informe. Los resultados de la medida son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 17: Resumen de los costos y beneficios de la actualización de la Reglamentación Térmica.

Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Costo de inversión de la medida al 2030	UF	156.130.280	156.130.280
Aumento costos capital acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	12.655	12.822
Reducción de costos de operación 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	6.061	6.184
Relación Costo/Beneficio (sin cobeneficios)	-	2,09	2,07
Costos de abatimiento (sin cobeneficios)	USD/tCO ₂	528	516
Cobeneficios acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	10.551	10.724
Relación Costo/Beneficio (con cobeneficios)	-	0,76	0,76
Costos de abatimiento (con cobeneficios)	USD/tCO ₂	-317	-317

Incluir los cobeneficios en la evaluación hace que esta medida pase a ser costo efectiva, pasando de una relación costo beneficio de 2,09 hasta 0,76.

4.3 Medida 3: Calificación energética voluntaria de viviendas

La calificación energética de viviendas es un sistema que evalúa y clasifica la eficiencia energética de las viviendas, proporcionando información sobre el consumo estimado de energía. Es un instrumento informativo diseñado por el MINVU en conjunto con el Ministerio de Energía que desde el 2011 hasta enero del 2024 cuenta con 169.037 calificaciones energéticas realizadas en forma voluntaria (El Mercurio, 2024)

Las viviendas calificadas contarán con una etiqueta con colores, porcentajes y letras, que van desde la A+ a la G, siendo esta última la menos eficiente, mientras que la letra E representa el estándar actual de construcción, establecido en el artículo 4.1.10 de la OGUC. En el caso de las construcciones con letra D, alcanzan ahorros entre 20% y 40% respecto a la vivienda base (E), mientras que la mejor calificación (A+), puede generar ahorros entre 85% y 100% de la vivienda base (El Mercurio, 2024). Las viviendas con estándares de 2001 deben tener al menos una calificación equivalente a la letra F, mientras que las construidas previos a la implementación del primer estándar (pre-2000) deben contar con una calificación equivalente a la letra G (El Mercurio, 2024).

En 2021, la Ley 21.305 del Ministerio de Energía sobre Eficiencia Energética obliga a las viviendas nuevas a contar con una calificación energética para obtener la recepción final o definitiva por parte de la Dirección de Obras Municipales respectiva (Ministerio de Energía, 2021d).

La modelación considera lo siguiente:

Nivel 1 (base): Producto de la concientización de los consumidores y la valoración a los atributos de eficiencia energética de las viviendas que estos asignan se considera que 1.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E) realizan mejoras en su vivienda y se califican voluntariamente anualmente en forma voluntaria, mejorando sus condiciones de envolvente térmica y generando ahorros de energía. La distribución las viviendas reacondicionadas por nivel es presentado en la Figura 20. La medida inicia en 2024.

Nivel 2: Producto de la concientización de los consumidores y la valoración a los atributos de eficiencia energética de las viviendas que estos asignan se considera que 2.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E) realizan mejoras en su vivienda y se califican voluntariamente anualmente en forma voluntaria, mejorando sus condiciones de envolvente térmica y generando ahorros de energía. La distribución las viviendas reacondicionadas por nivel es presentado en la Figura 20. La medida inicia en 2024.

Nivel 3: Producto de la concientización de los consumidores y la valoración a los atributos de eficiencia energética de las viviendas que estos asignan se considera que 4.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E) realizan mejoras en su vivienda y se califican voluntariamente anualmente en forma voluntaria, mejorando sus condiciones de envolvente térmica y generando ahorros de energía. La distribución las viviendas reacondicionadas por nivel es presentado en la Figura 20. La medida inicia en 2024.

Un supuesto importante en la modelación de esta medida es que se asume que los dueños de viviendas existentes (sin obligación de calificar sus viviendas) optarán a hacerlo en forma voluntaria, en gran medida porque el mercado premiará estas viviendas más eficientes, asignándoles un mayor valor de mercado y facilidades para su compra.

En sintonía con lo anterior, es posible observar que en el último tiempo la banca se encuentra otorgando créditos hipotecarios “verdes” a viviendas con calificación energética con un valor mínimo (dependiendo de cada institución) que permite a los compradores a acceder a créditos con menor tasa de interés. Actualmente son cinco instituciones financieras que ofrecen este tipo de préstamo: Banco Bice, Bci, BancoEstado, Coopeuch y Banco Santander y que por ahora se limita solo a viviendas nuevas y los descuentos en la tasa van entre 1 y 3 décimas porcentuales. Los instrumentos financieros de apoyo no solo se limitan a descuentos en la tasa sino también a reducciones en los gastos operacionales de transacción, como por ejemplo tasación y estudios de títulos (El Mercurio, 2024).

Dentro de los supuestos de modelación se asume una distribución de las viviendas que se califican desde una Reglamentación Térmica del 2007 (equivalente a la letra E) de acuerdo con lo presentado en la siguiente figura:

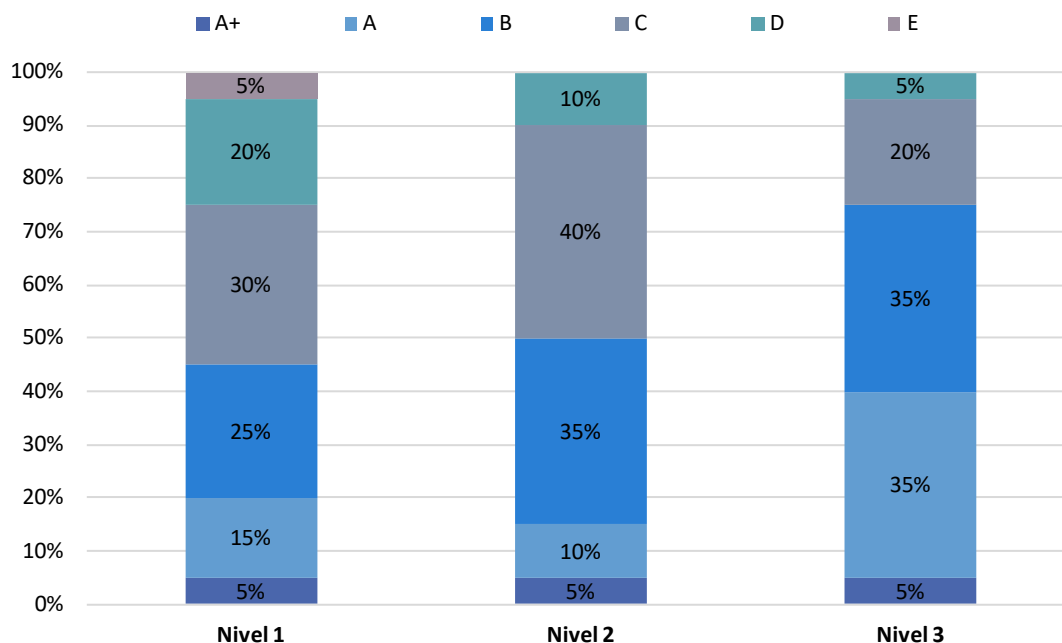


Figura 20: Distribución del etiquetado de nuevos hogares como función del nivel de la medida.
Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2021d)

Los ahorros térmicos por calefacción fueron considerados: A+ 69%; A 58%; B 46%; C 35%; D 23% y E 12% (Ministerio de Energía, 2021d)

4.3.1 Estimación de impactos

A continuación, se presenta un resumen de los impactos en términos de demanda energética y reducción de emisiones asociadas a la calificación energética de viviendas en sus distintos niveles. Es importante mencionar que acá se presentarán los impactos de los niveles 2 y 3, ya que el nivel 1 fue considerado como parte del escenario base.

Tabla 18: Impactos esperados de la calificación energética de viviendas existentes en nivel 2.

Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	13	30	47	62
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	1.000	1.808	2.705	3.605
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	6.103	18.238	41.495	74.672
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	9	21	33	42

Tabla 19: Impactos esperados de la calificación energética de viviendas existentes en nivel 3.

Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	46	109	170	224
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	3.005	6.520	9.720	12.628
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	12.018	61.835	145.933	263.098
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	33	77	119	154

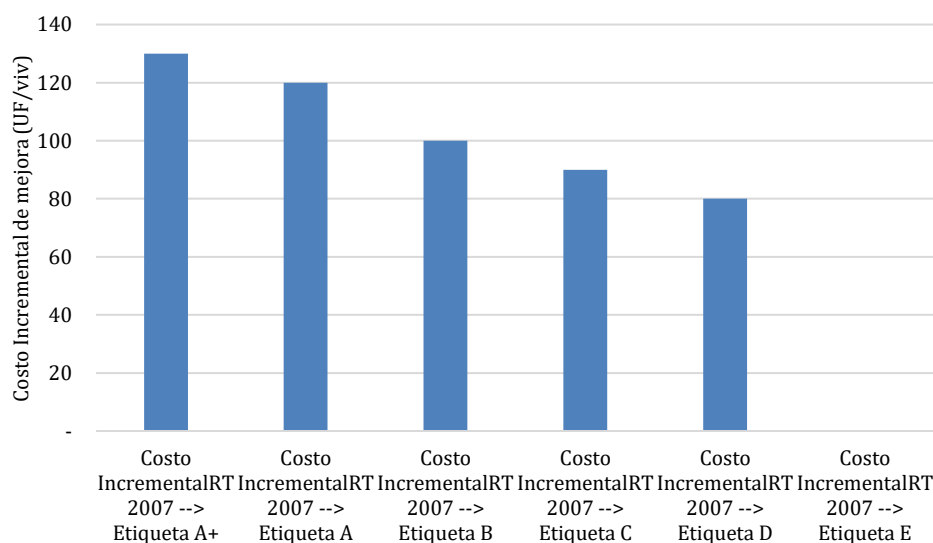
Para la asignación de presupuestos de ECLP se consideró un potencial impacto de reducción de la medida de 14,8 ktCO₂ eq durante el periodo 2020-2030. Para alcanzar valores similares a los considerados en la ECLP se requerirá aumentar la ambición y considerar la implementación de esta medida en al menos el nivel 3. De implementarse el nivel 3 las reducciones esperadas al 2030 serán 19% menores a las esperadas por la ECLP.

4.3.1 Estimación de costos y beneficios

Si bien la medida afecta directamente a viviendas nuevas, que estarán obligadas a certificarse, tanto la cuantificación de sus impactos ambientales como económicos considera los efectos de las viviendas ya existentes (para efectos de la modelación se consideran viviendas con RT2007) que invertirán en mejoras a la infraestructura y certificación energética para generar ahorros de energía y aumentar la plusvalía de sus viviendas. Por esto los costos de certificación de las viviendas nuevas no son incluidas y solo se consideran las certificaciones voluntarias. Considerando lo anterior, los costos de inversión de las medidas se calcularán mediante:

$$C_t^{inversión} = (NV_t^{Esc Medida} - NV_t^{Esc Base}) * CC + NV_t^{Esc Medida} * \sum_l D_l^{Esc Medida} * CU_{E \rightarrow l} - NV_t^{Esc Base} * \sum_l D_l^{Esc Base} * CU_{E \rightarrow l}$$

Donde: $C_t^{inversión}$ corresponde al costo de inversión adicional de la medida en cada periodo t ; $NV_t^{Esc Medida}$ corresponde al número de viviendas reacondicionadas y calificadas en el escenario de medida evaluado para cada periodo t ; $NV_t^{Esc Base}$ corresponde al número de viviendas reacondicionadas y calificadas en el escenario base para cada periodo t ; CC corresponde al costo unitario administrativo de certificación energética de la vivienda; $D_l^{Esc Medida}$ corresponde a la distribución del etiquetado a la cual se asigna como supuesto irán los hogares reacondicionados y calificados en el Escenario Medida y presentados en la Figura ; $D_l^{Esc Base}$ corresponde a la distribución del etiquetado a la cual se asigna como supuesto irán los hogares reacondicionados y calificados en el Escenario Base (Nivel 1) y presentados en la Figura ; $CU_{E \rightarrow l}$ corresponde al costo incremental de mejora desde un etiquetado E a cada letra l de acuerdo a lo presentado en la Figura .



*Figura 21: Costo incremental de mejora desde etiquetado E a cada etiquetado energético l.
Fuente: (Ministerio de Energía, 2021b).*

Los beneficios de la medida asociados al ahorro energético de la medida son calculados de acuerdo con lo establecido en el punto 3.2.1 de este informe. Los resultados de la medida son presentados en la siguiente tabla:

*Tabla 20: Resumen de los costos y beneficios certificación energética voluntaria de viviendas existentes.
Fuente: Elaboración Propia.*

Parámetro	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Costo de inversión de la medida al 2030	UF	615.000	1.977.000
Aumento costos capital acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	63	203

Reducción de costos de operación 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	40	146
Relación Costo/Beneficio (sin cobeneficios)	-	1,56	1,39
Costos de abatimiento (sin cobeneficios)	USD/tCO ₂	303	217
Cobeneficios acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	71	258
Relación Costo/Beneficio (con cobeneficios)	-	0,57	0,50
Costos de abatimiento (con cobeneficios)	USD/tCO ₂	-648	-764

4.4 Medida 4: Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Un Sistema Solar Térmico (SST) transforma la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y la acumula, en forma de agua caliente, para pasar al sistema auxiliar (comúnmente calefón) antes de su posterior consumo. Actualmente, más de 100.000 viviendas cuentan con SST en nuestro país. gracias a instrumentos estatales de fomento.

El objetivo de la medida es masificar el uso de SST a nivel residencial reduciendo los consumos de combustibles utilizados para el Agua Caliente Sanitaria (ACS) entre un 30 y un 75%. En el ejercicio prospectivo realizado para la actualización de chilena de la NDC se consideró que, en el escenario de Carbono Neutralidad, 52% en usos de ACS en hogares y 10% en hospitales al 2050 será cubierto por Sistemas Solares Térmicos al 2050 (Ministerio de Medio Ambiente, 2020).

A la fecha se han implementado diversos mecanismos de apoyo al financiamiento de la instalación de Sistemas Solares Térmicos. Entre estos se encuentran:

- Franquicia Tributaria y subsidio para viviendas sociales nuevas (Renovación Ley 20.365)
- Programa de Reconstrucción
- Subsidio del MINVU para viviendas sociales existentes
- Créditos verdes

La ley 20.897 (sucesora de la ley 20.365) extiende la franquicia tributaria por el periodo 2015-2020 para los sistemas solares térmicos, cuyo beneficio es del 100% para viviendas menores a 2.000 UF y con decrecimiento lineal hasta 0% para las viviendas de 3.000 UF o más, y establece un subsidio complementario a los programas habitacionales del Ministerio de la Vivienda para instalar SST en viviendas sociales nuevas. Al 2018 el número de viviendas nuevas beneficiadas con Franquicia Tributaria para instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) fue de 65.132 (Ministerio de Energía, 2021e)

El programa de reconstrucción consideró la entrega de subsidios para la instalación Sistemas Solares Térmicos en viviendas que fueron destruidas producto de desastres naturales, y que serán reparadas y/o reconstruidas. A octubre del 2018 fueron beneficias 5.560 viviendas (Ministerio de Energía, 2021f)

Por último, se encuentra vigente un subsidio para la instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) a través del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) administrado por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (MINVU). Al 2017, fueron 43.530 viviendas beneficiadas (Ministerio de Energía, 2021g)

La modelación considera lo siguiente:

Nivel Base: en este nivel no se instalan nuevos sistemas solares térmicos para agua caliente sanitario.

Nivel 1: en este nivel se instalan 8.000 nuevos sistemas solares térmicos para agua caliente sanitario cada año a partir del año 2024. La contribución solar al remplazo de energía para ACS dependerá de cada región y los valores son presentados en la Tabla 21. La asignación regional de los nuevos equipos se realiza en forma proporcional a la distribución de equipos existentes actualmente.

Nivel 2: en este nivel se instalan 12.000 nuevos sistemas solares térmicos para agua caliente sanitario cada año a partir del año 2024. La contribución solar al remplazo de energía para ACS dependerá de cada región y los valores son presentados en la Tabla 21. La asignación regional de los nuevos equipos se realiza en forma proporcional a la distribución de equipos existentes actualmente.

Tabla 21: Contribución Solar de los SST para cada región.

Región	Unidad	Contribución Solar
I Región (Iquique)	%	77%
II Región (Antofagasta)	%	81%
III Región (Copiapó)	%	74%
IV Región (Coquimbo)	%	64%
V Región (Valparaíso)	%	54%
VI Región (Rancagua)	%	59%
VII Región (Talca)	%	55%
VIII Región (Concepción)	%	55%
IX Región (Temuco)	%	52%
X Región (Puerto Montt)	%	44%
XI Región (Coyhaique)	%	49%
XII Región (Punta Arenas)	%	49%
RM (Santiago)	%	68%
XIV Región (Valdivia)	%	50%
XV Región (Arica)	%	84%

Los valores presentados en la Tabla 21 fueron calculados en Fchart V3²⁸ para principales ciudades regionales, considerando demanda diaria de 160 L/día, un volumen de almacenamiento de 120L, y 2 m² de superficie de colectores.

4.4.1 Estimación de impactos

A continuación, se presenta un resumen de los impactos en términos de demanda energética y reducción de emisiones asociadas a la medida de fomento al uso de energía solar para satisfacer la demanda de energía en agua caliente sanitaria.

²⁸ Fchart V3 es un software utilizado para el análisis y diseño de sistemas solares (<https://sst.minenergia.cl/?wpdmpo=algoritmo-fchart>)

Tabla 22: Impactos esperados de la Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria en nivel 1.
Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	-12	-27	-41	-55
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	14.000	31.700	49.200	65.200
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	56.800	291.900	705.900	1.285.000
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	0	0	0	0

Tabla 23: Impactos esperados de la Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria en nivel 2.
Fuente: Elaboración propia.

Impactos esperados	Unidad	2030	2040	2050	2060
Reducción demanda energética	Tcal / año	-18	-41	-62	-83
Reducción GEI directas	tCO ₂ eq /año	20.200	47.100	73.200	98.600
Reducción GEI directas acumuladas	tCO ₂ eq	84.800	438.000	1.054.800	1.926.200
Reducción Emisiones Carbono Negro (respecto a línea base)	ton /año	0	0	0	0

Para la asignación de presupuestos de ECLP se consideró un potencial impacto de reducción de la medida de 107,6 ktCO₂ eq durante el periodo 2020-2030. En el nivel de mayor ambición la reducción esperada al 2030 llega a 84,8 ktCO₂ eq, un valor 20% menor al esperado en la ECLP.

4.4.1 Estimación de costos y beneficios

Para ser consistentes con la modelación se estimaron costos de inversión asociados un volumen de almacenamiento de 120L, y 2 m² de superficie de colectores. Los costos incluyen mano de obra, equipos y accesorios requeridos para la instalación del sistema y la conexión a la red de agua de la vivienda. El costo unitario utilizado para estimar los costos de inversión fue de 1.800 USD / SST (Ministerio de Energía, 2021b). Se estima una vida útil de 20 años promedio (Ministerio de Energía, 2024) año para el cual se considera reinversión para efectos de la estimación de costos. Los costos de inversión son calculados de acuerdo con:

$$C_t^{inversión} = (N^{\circ}SST_t^{Esc Medida} - N^{\circ}SST_t^{Esc Base}) * CU + (N^{\circ}SST_{t-20}^{Esc Medida} - N^{\circ}SST_{t-20}^{Esc Base}) * CU$$

Donde: $C_t^{inversión}$ corresponde al costo de inversión adicional de la medida en cada periodo t; $N^{\circ}SST_t^{Esc Medida}$ corresponde al número de SST instalados en cada periodo t en el escenario de medida evaluado, $N^{\circ}SST_t^{Esc Base}$ corresponde al número de SST instalados en cada periodo t en el escenario base y; CU corresponde al costo unitario de equipos e instalación de los SST.

Los beneficios de la medida asociados al ahorro energético de la medida son calculados de acuerdo con lo establecido en el punto 3.2.1 de este informe. Los resultados de la medida son presentados en la siguiente tabla:

Tabla 24: Resumen de los costos y beneficios del Fomento al uso de energía solar para ACS.
Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Unidad	Nivel 1	Nivel 2
Costo de inversión de la medida al 2030	UF	2.557.108	3.835.662
Aumento costos capital acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	275	412
Reducción de costos de operación 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	446	669
Relación Costo/Beneficio (sin cobeneficios)	-	0,62	0,62
Costos de abatimiento (sin cobeneficios)	USD/tCO ₂	-128	-128
Cobeneficios acumulados 2024-2060 (en valor presente)	MM USD	5	8
Relación Costo/Beneficio (con cobeneficios)	-	0,59	0,59
Costos de abatimiento (con cobeneficios)	USD/tCO ₂	-137	-137

La medida en cualquiera de sus niveles es una medida costo efectiva, es decir, los beneficios obtenidos a través de su implementación son mayores que los costos incurridos. Lo anterior se refleja en la razón costo/beneficio menor a 1, o en el costo de abatimiento negativo.

4.5 Escenarios de medidas de mitigación de GEI combinadas

Los efectos de las medidas de mitigación aplicadas en forma individual tienen impactos diferentes cuando se aplican en conjunto. Esto porque 2 medidas pueden afectar a un mismo parámetro, o bien, una puede actuar sobre algún parámetro que actúe en un nivel superior. Por esto, es conveniente analizar los impactos de las medidas agrupadas en escenarios. La combinatoria de medidas activas en distintos niveles puede generar muchos escenarios, sin embargo, se resumen los 3 más relevantes, estos son el menos y el más ambicioso en términos de mitigación. En la Tabla 25 se presenta el Escenario Base, el Escenario de Mitigación 1 (con todas las medidas activas al menor nivel, y por lo tanto, de menor ambición climática) y el Escenario de Mitigación 2 (que incluye a todas las medidas activas en su máximo nivel).

Tabla 25: Escenarios de proyección de emisiones de GEI y sus medidas activas.

Fuente: Elaboración Propia.

Medida / Nivel	Escenario Base	Escenario Mitigación 1	Escenario Mitigación 2
Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes	Base	Nivel 1	Nivel 2
Actualización de la Reglamentación Térmica	Base	Nivel 1	Nivel 2
Calificación Energética de Viviendas	Nivel 1 (Base)	Nivel 2	Nivel 3
Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)	Base	Nivel 1	Nivel 2

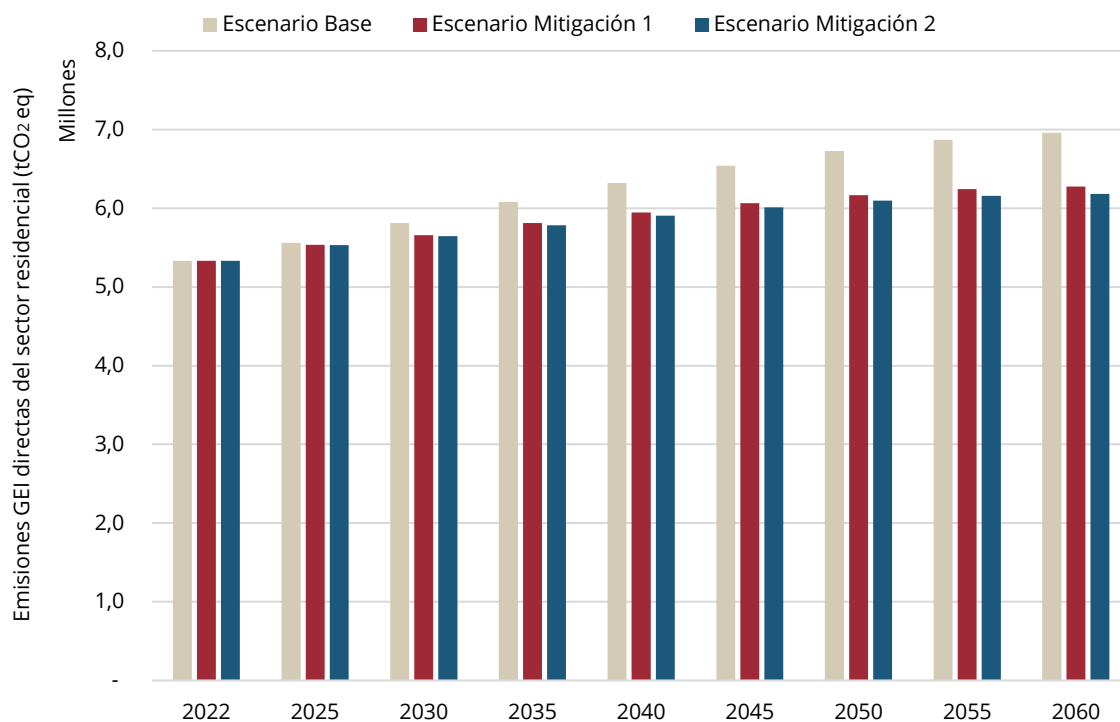


Figura 22: Proyección de las emisiones GEI directas del sector residencial por escenario de implementación de medidas. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con lo evidenciado en la Figura 22 **incluso la aplicación conjunta de medidas de mitigación tendrá efectos acotados sobre las emisiones directas de GEI del sector, sólo disminuyendo su tasa de crecimiento.** En el horizonte de corto plazo (2030) las reducciones de emisiones GEI acumuladas del sector en el Escenario de Mitigación 1 se contabilizan en 533.935 tCO₂ eq, mientras que las del Escenario de Mitigación 2 se contabilizan en 585.543 tCO₂ eq al mismo año. Estas reducciones se deben principalmente a la aplicación de la actualización de la reglamentación térmica que aporta alrededor del 80% de las reducciones en el periodo.

Considerando lo anterior, incluso en el escenario donde todas las medidas actúan en sus niveles de mayor ambición, no se consigue cumplir con el presupuesto de emisiones para el periodo 2020-2030. Esto queda reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 26 Comparación de emisiones de escenarios modelados con presupuesto sectorial ECLP
Fuente: Elaboración Propia

Escenario	Emisiones Directas	Emisiones Electricidad	Total	Diferencia
Presupuesto de Emisiones 2020-2030 ²⁹	55,31	37,48	93,79	-
Emisiones 2020-2030 Esc. Mitigación 1	60,16	40,24	101,4	+8%
Emisiones 2020-2030 Esc. Mitigación 2	60,11	40,24	101,35	+8%

La Tabla 26 da cuenta de unas emisiones 8% mayores a las establecidas para el sector en ambos casos. En estos escenarios solo fueron modeladas las medidas donde MINVU actúa como líder, y deberían incorporarse parte de las reducciones de emisiones de medidas mitigación como la electrificación de la cocción o la Generación Distribuida, donde el liderato está asignado al Ministerio de Energía. Un resumen comparativo de las medidas y los aportes a la reducción esperada al presupuesto 2020-2030 es presentada en la siguiente tabla:

Tabla 27 Comparación de los efectos individuales de las medidas modeladas con lo presupuestado en ECLP
Fuente: Elaboración Propia

Medida	ECLP MINVU*	Nivel 1	Nivel 2	Comentarios
Actualización de la Reglamentación Térmica	-	456.828	456.828	Considerada en Escenario de Referencia en la ECLP
Electrificación de calefacción	-	-	-	No modelada
Electrificación de cocción	-	-	-	Todas las reducciones son 100% atribuibles a Ministerio de energía
Electrificación de ACS	-	-	-	Todas las reducciones son 100% atribuibles a Ministerio de energía
Energía solar (SST) en ACS	107.600	56.800	84.800	Reducciones reducidas por retraso en tiempos de entrada

²⁹ Es importante tener en consideración que los valores de presupuesto oficiales para el sector establecidos en el documento público de la ECLP fijan valores de 95,3 Millones tCO₂ eq para el periodo 2020-2030, sin embargo, estos han sido actualizados a partir de información proporcionada por contraparte técnica.

Reacondicionamiento Térmico de Viviendas Existentes	132.000	14.525	28.460	Reducciones reducidas por reducción del n° de viviendas reacondicionadas y retraso en tiempos de entrada.
Calificación Energética de Viviendas	14.800	6.103	12.018	Reducciones reducidas por retraso en tiempos de entrada
Generación Distribuida	432.000	432.000	432.000	Se asumen aportes esperados calculados en pptos ECLP para MINVU.
Total	686,400	966,256	988,492	

De la Tabla 27 se observa que, en términos generales, las reducciones modeladas en los escenarios son mayores a las presupuestadas para MINVU en los presupuestos oficiales. Sin embargo, es de suma importancia mencionar que esto se debe exclusivamente al hecho de considerar la Actualización de la Reglamentación Térmica al 2025 como una medida y no como parte de la línea base. Ciertamente es este cambio metodológico el único elemento que permite que se sobrepasen las reducciones esperadas. Pese a ello, el presupuesto sectorial no se cumple.

Respecto a este último punto hay que señalar que parte de las diferencias se explican por considerar una línea base cuyas emisiones fueron en promedio un 10,9% mayores a las consideradas en el “Escenario de Referencia” desde el cual se establecieron los presupuestos (evidenciado en la Figura 19).

Considerando todos los antecedentes arriba mencionados, será de importancia para el cumplimiento de los presupuestos sectoriales: 1) Aumentar el nivel de ambición de las medidas para aumentar la mitigación de cada una de estas; 2) Adelantar su implementación reduciendo al menor tiempo posible; 3) Incluir nuevas medidas que permitan alcanzar el presupuesto sectorial; y 4) Acordar con contrapartes interministeriales una línea base de consenso.

4.6 Análisis costo-efectividad y MACC

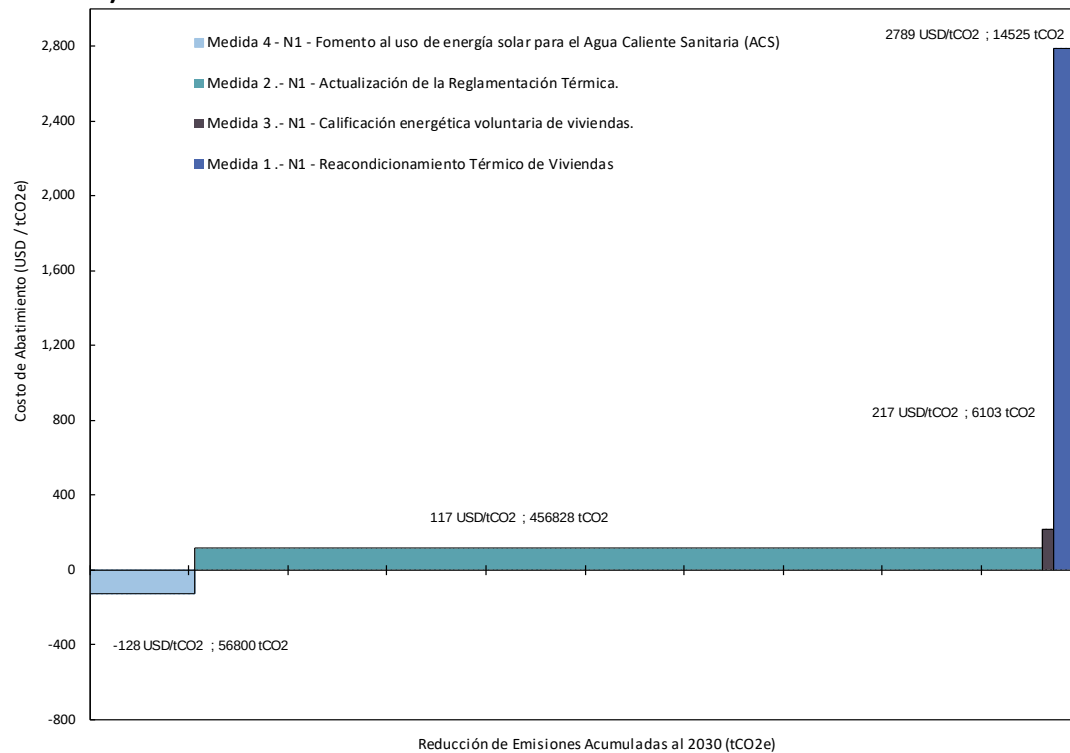
Considerando lo anterior se resumen a continuación los principales indicadores de costo efectividad de las medidas analizadas.

Tabla 28: Tabla resumen de costos y reducción de GEI de las medidas analizadas para el sector residencial.
Fuente: Elaboración propia.

Medida	Nivel	Costos Netos Anualizados (MM USD)	Razón Costo / Beneficio (-)	Reducción Anual Esperada 2030 (tCO ₂)	Reducción Acumulada Esperada 2030 (tCO ₂)	Costo de abatimiento (USD/tCO ₂)	Cobeneficios (MM USD)	Costo de abatimiento con cobeneficios (USD/tCO ₂)
Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes	1	1.493	6,03	4.707	14.525	2.789	581	1.704
Mejora en el aislamiento térmico de viviendas existentes	2	2.986	6,03	9.418	28.460	2.793	1.162	1.704
Actualización de la Reglamentación Térmica.	1	6.593	2,09	131.328	456.828	117	10.551	-317
Actualización de la Reglamentación Térmica.	2	6.638	2,07	131.328	456.828	117	10.724	-317
Calificación energética voluntaria de viviendas.	2	22	1,56	1.000	6.103	303	71	-648
Calificación energética voluntaria de viviendas.	3	57	1,39	3.005	12.018	217	258	-764
Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS).	1	-184	0,60	14.000	56.800	-128	5	-137
Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS).	2	-275	0,60	20.200	84.800	-128	8	-137

Gráficamente las curvas de abatimiento de las medidas al 2030 y al 2040 son presentados en las siguientes figuras:

a) Curva Abatimiento sin cobeneficios



b) Curva Abatimiento con cobeneficios

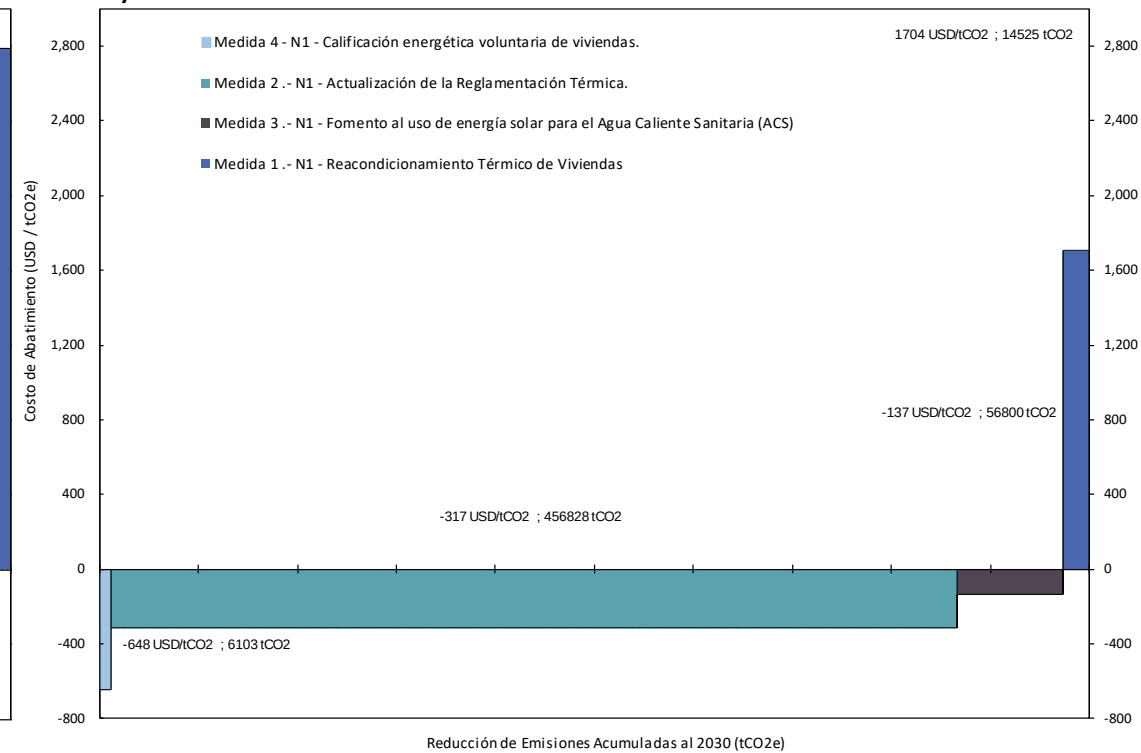
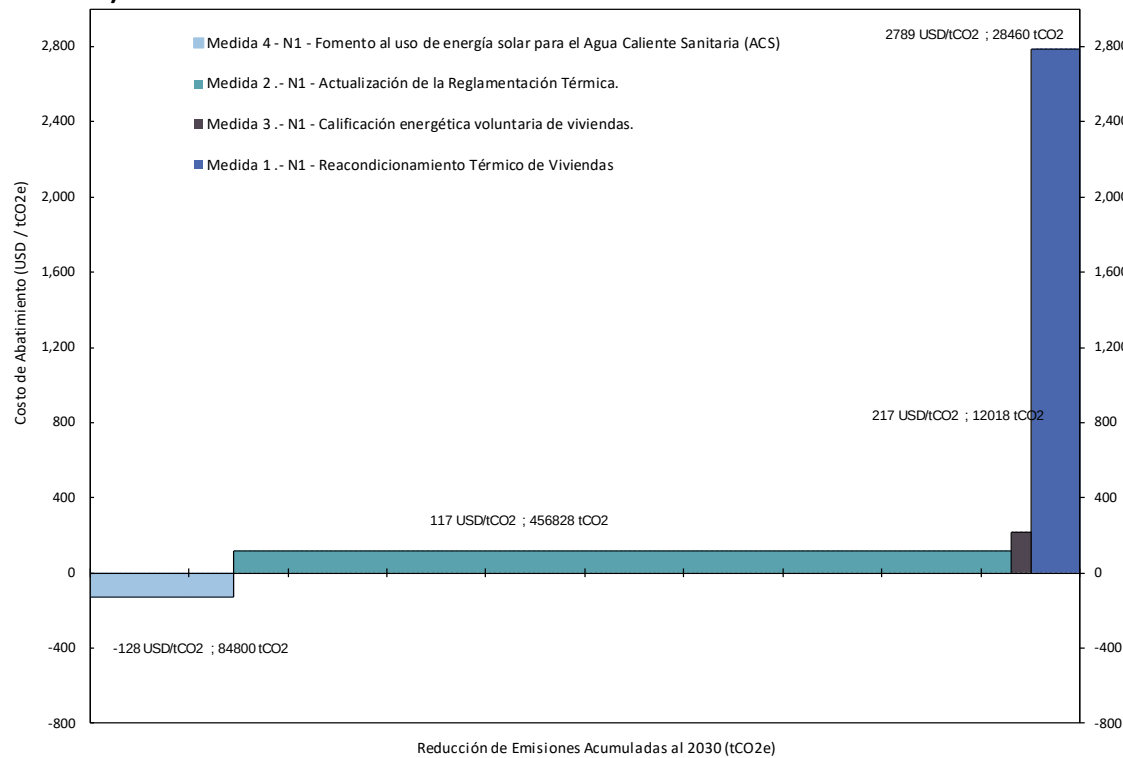


Figura 23: Curvas de costo marginal de las medidas de mitigación en 2030. Escenario Mitigación 1.
Fuente: Elaboración Propia.

a) Curva Abatimiento sin cobeneficios



b) Curva Abatimiento con cobeneficios

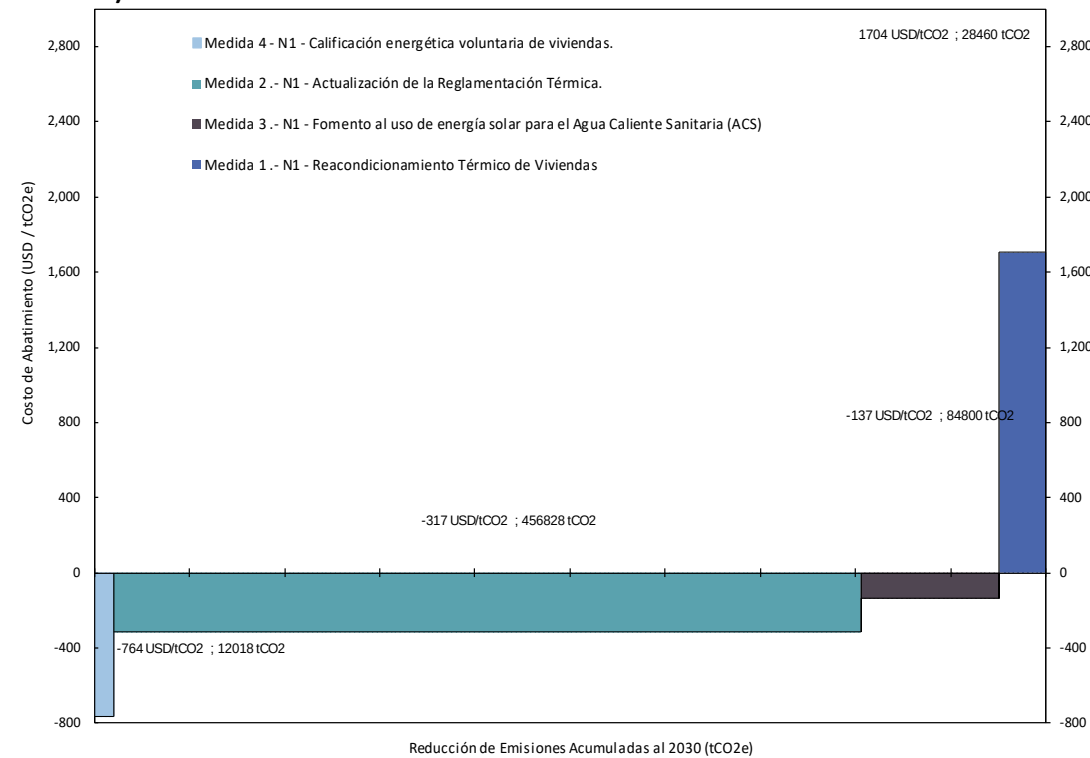


Figura 24: Curvas de costo marginal de las medidas de mitigación en Escenario Mitigación 2
Fuente: Elaboración Propia.

4.7 Priorización de medidas

A la hora de priorizar medidas de mitigación, es fundamental tener en cuenta diversos elementos que permitan evaluarlas de manera integral. Algunos de estos elementos incluyen: el **potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** de cada medida, la **viabilidad técnica y económica** de su implementación, los **costos asociados** a su ejecución y mantenimiento, los **beneficios adicionales** que puedan generar (como la mejora de la calidad del aire o la salud pública), la **disponibilidad de recursos y tecnologías**, así como la contribución a los **objetivos y compromisos de mitigación** establecidos a nivel nacional o internacional. Además, es importante considerar la **equidad, la viabilidad política y social, la adaptabilidad al contexto local** y las **sinergias con otras políticas y acciones existentes**. La integración de estos elementos en una evaluación sólida y completa permite identificar y priorizar medidas de mitigación que sean eficaces, rentables y acordes con los objetivos de desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático. A pesar de esto, y como se identifica en el ejercicio de benchmark en concordancia con el caso chileno, las medidas evaluadas presentan sinergias y complementariedades tanto desde la perspectiva de la mitigación, del funcionamiento de los apoyos sociales asociados a la vivienda y su relación con las políticas ambientales.

De acuerdo a lo señalado en la guía de los Planes Sectoriales de Mitigación la priorización de medidas de mitigación deberá hacerse solo en caso de que se hayan identificado suficientes medidas como para sobrepasar su meta de mitigación correspondiente sin que sea necesario aplicarlas todas. Considerando lo anterior, y que las medidas reducen menos de lo esperado en la ECLP, estas no deberían priorizarse. Se requerirá, de hecho, implementarlas todas, profundizar su ambición y/o incluir nuevas medidas.

5 BENEFICIOS DE ADAPTACIÓN ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS

En el marco de los objetivos de mitigación, las medidas del sector residencial evaluadas en este informe que son responsabilidad de MINVU, inciden en co-beneficios asociados a la salud humana. Dentro de los indicadores disponibles sin embargo, tan solo la medida de CEV y SST se expresan directamente en indicadores. Esto permite pensar en la necesidad de incorporar indicadores de vulnerabilidad por ejemplo que den cuenta de la antigüedad del stock de vivienda y a qué procesos de reglamentación térmica responden.

Para establecer las relaciones entre mitigación y adaptación de las medidas, se establecerán las relaciones existentes en los indicadores de las medidas y los índices de riesgo climático del Atlas de Riesgos Climáticos (ARCLIM), plataforma que se formaliza con la aprobación de la LMCC.

5.1 Relación entre las medidas y evaluaciones de riesgo climático en Chile

La evaluación del riesgo climático se ha llevado en Chile mediante la implementación de la metodología de cadenas de impacto, las cuales son dispuestas en la plataforma ARCLIM, herramienta que ha sido formalizada a través de la LMCC. Una cadena de impacto representa una secuencia que comienza con una amenaza, seguida de la exposición de un sistema y las condiciones de vulnerabilidad del sistema, lo que conduce al cálculo del riesgo (GIZ y EURAC, 2017).

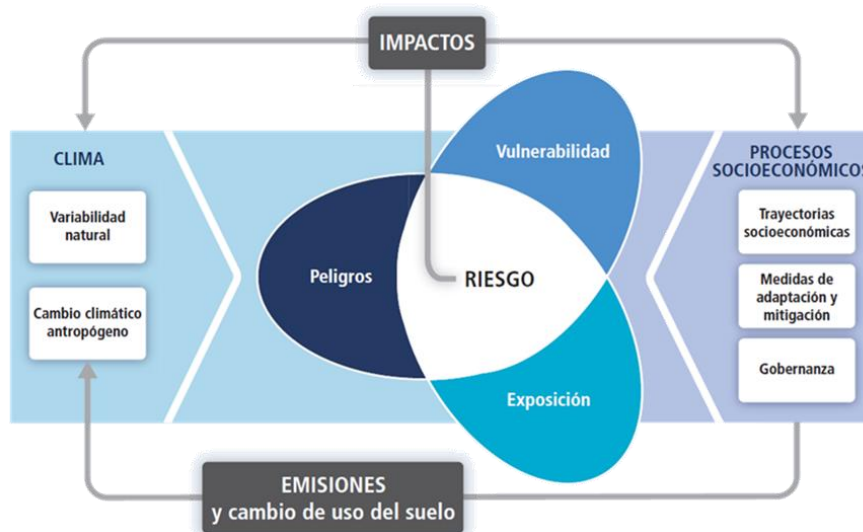


Figura 25: Marco de riesgo climático (IPCC, 2014).

Esto posibilita la definición de las condiciones necesarias para reducir la sensibilidad y/o exposición del sistema, así como aumentar la capacidad adaptativa para abordar dicho riesgo. Estas evaluaciones pueden facilitar la identificación de áreas prioritarias para la acción climática, el desarrollo de estrategias necesarias para la adaptación al cambio climático y la evaluación del progreso en la reducción del riesgo climático mediante la medición temporal de los indicadores. Si bien, las cadenas de impacto de ARCLIM, a la fecha no abordan todos los riesgos del plan sectorial, comprende a la fecha la fuente de información considerada en la LMCC. Las cadenas de impacto relacionadas a las medidas contemplan el sistema de Salud y Bienestar Humano de ARCLIM y por tanto permiten comprender potenciales co-beneficios.

Tabla 29: Medidas de mitigación y su relación con riesgos climáticos y co-beneficios.

Medidas con potenciales beneficios	Riesgos climáticos (CDI) ARCLIM	Co-beneficios (benchmark)
(D1) Fomento al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes	Efecto olas de calor en salud humana	- El exceso de calor afecta negativamente a la salud de las personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes Parkinson, Alzheimer y epilepsia (Ormandy et al (2012). En Chile para el período 2017-2019 se registraron entre 584 y 245 muertes en exceso asociados a olas de calor siendo la población mayor a 65 años la más afectada (Palmeira et al.,2024) ³⁰ .
	Disconfort Térmico Ambiental	- La calidad del aire interior y exterior es uno de los principales problemas de salud en Europa ³¹ , donde se estima que las personas pasan entre el 60-90% de su tiempo ³² en espacios cerrados.
	Efectos de las Heladas en Ciudades	-Entre Europa el 30% y el 50% del exceso de muertes en invierno puede ser atribuibles a las bajas temperaturas en interiores (Braubach et al., 2011). - El exceso de frío y moho en los hogares provoca asma/ enfermedades respiratorias y afecta negativamente a la mental de sus ocupantes (Atanasiu et al., 2014).

³⁰ <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/publicacion/impacto-de-las-olas-de-calor-en-la-salud-en-chile-evidencia-y-recomendaciones/>

³¹ Health & Consumer Protection Directorate-General, "Opinion on risk assessment on indoor air quality", 2007. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_055.pdf

³² Health & Consumer Protection Directorate-General, "Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)", 2011. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4beb6973-83f8-49a9-a6c8-d31a6d75a247>

Medidas con potenciales beneficios	Riesgos climáticos (CDI) ARCLIM	Co-beneficios (benchmark)
	Efectos de la Isla de Calor Urbana	- El exceso de calor afecta negativamente a la salud de las personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes Parkinson, Alzheimer y epilepsia (Ormandy et al (2012). En Chile para el período 2017-2019 se registraron entre 584 y 245 muertes en exceso asociados a olas de calor siendo la población mayor a 65 años la más afectada (Palmeira et al.,2024) ³³ .
(D2) Reglamentación térmica (OGUC)	Efecto olas de calor en salud humana	- El exceso de calor afecta negativamente a la salud de las personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes Parkinson, Alzheimer y epilepsia (Ormandy et al (2012). En Chile para el período 2017-2019 se registraron entre 584 y 245 muertes en exceso asociados a olas de calor siendo la población mayor a 65 años la más afectada (Palmeira et al.,2024).
	Disconfort Térmico Ambiental	- La calidad del aire interior y exterior es uno de los principales problemas de salud en Europa ³⁴ , donde se estima que las personas pasan entre el 60-90% de su tiempo ³⁵ en espacios cerrados.
	Efectos de las Heladas en Ciudades	-Entre Europa el 30% y el 50% del exceso de muertes en invierno puede ser atribuibles a las bajas temperaturas en interiores (Braubach et al., 2011). - El exceso de frío y moho en los hogares provoca asma/ enfermedades respiratorias y afecta negativamente a la mental de sus ocupantes (Atanasiu et al., 2014).
	Efectos de la Isla de Calor Urbana	- El exceso de calor afecta negativamente a la salud de las personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabetes Parkinson, Alzheimer y epilepsia (Ormandy et al (2012).
(D3) Etiquetado energético de viviendas y Certificación de Vivienda Sustentable	Efectos de las Heladas en Ciudades	-Entre Europa el 30% y el 50% del exceso de muertes en invierno puede ser atribuibles a las bajas temperaturas en interiores (Braubach et al., 2011). - El exceso de frío y moho en los hogares provoca asma/ enfermedades respiratorias y afecta negativamente a la mental de sus ocupantes (Atanasiu et al., 2014).
(D4) Instalación de Sistema Solar Térmico (SST) en viviendas existentes	Efectos de las Heladas en Ciudades	-Entre Europa el 30% y el 50% del exceso de muertes en invierno puede ser atribuibles a las bajas temperaturas en interiores (Braubach et al., 2011).

³³ <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/publicacion/impacto-de-las-olas-de-calor-en-la-salud-en-chile-evidencia-y-recomendaciones/>

³⁴ Health & Consumer Protection Directorate-General, "Opinion on risk assessment on indoor air quality", 2007. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_055.pdf

³⁵ Health & Consumer Protection Directorate-General, "Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)", 2011. http://ec.europa.eu/health/healthy_environments/docs/env_iaiaq.pdf

Medidas con potenciales beneficios	Riesgos climáticos (CDI) ARCLIM	Co-beneficios (benchmark)
		- El exceso de frío y moho en los hogares provoca asma/ enfermedades respiratorias y afecta negativamente a la mental de sus ocupantes (Atanasiu et al., 2014).

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la composición de las cadenas de impacto, se puede observar que la certificación térmica es uno el único parámetro utilizado para caracterizar la envolvente (sin considerar las viviendas irrecuperables). Los factores de amenaza son de carácter externo, pero parece necesario evaluar en qué medida la aplicación de la reglamentación térmica, por antigüedad del stock de vivienda podría contribuir a un índice más preciso de las condiciones de sensibilidad.

Tabla 30: Cadenas de Impacto asociadas a medidas directas (D1-D2-D3-D4).

Subsistema	Cadena de Impacto	Amenaza	Exposición	Sensibilidad	Riesgo
Temperaturas y Bienestar Humano	Efecto olas de calor en salud humana	Variación en la incidencia de olas de calor, entre el clima histórico y futuro	Población (urbana y rural) que se proyecta residir en distintas comunas del país, para el año 2035	Presencia de condiciones poblacionales o territoriales que aumentan la susceptibilidad, de la comuna, a sufrir impactos adversos de olas de calor	Variación en el Riesgo de impactos de salud a consecuencia de olas de calor, entre el periodo histórico y el futuro.
	Disconfort térmico ambiental	Índice <i>Humidex</i> , que integra la temperatura y la humedad relativa del aire, para el mes más cálido del año (enero), durante el periodo nocturno	Porcentaje de población infantil (0-5 años) y adulta mayor (sobre los 65 años), respecto del total de la población de cada ciudad de Chile	Índice de Vulnerabilidad social (SoVI), construido en base a factores socioeconómicos y demográficos de la población urbana	Aumento de Riesgo de las diversas ciudades de experimentar disconfort térmico ambiental, debido al calor y la humedad en los meses de verano
	Efectos de las heladas en ciudades	Índice de heladas (FD0), que corresponde al promedio de días en que la temperatura mínima es igual o inferior a 0°C, considerando, en este caso, la estación de invierno (junio, julio y agosto)	Población urbana total para cada ciudad de Chile	Índice de Vulnerabilidad social (SoVI), construido en base a factores socioeconómicos y demográficos de la población urbana	Cambio del Riesgo de las diversas ciudades de Chile a experimentar los efectos adversos de las heladas, entre el periodo histórico y futuro
	Efectos de la isla de calor urbana	Intensidad máxima del efecto de isla de calor urbana (ICU)	Población urbana total para cada ciudad de Chile	Índice de Vulnerabilidad social (SoVI), construido en base a factores socioeconómicos y demográficos de la población urbana	Aumento de Riesgo asociado al impacto de la intensidad del fenómeno de isla de calor urbana (ICU) para las diferentes ciudades de Chile

Fuente: ARCLIM.

Las CDI de ARCLIM relacionadas al sector, se construyen utilizando como base el Índice de Vulnerabilidad Social - SoVi (Cutter et al., 2003). Dependiendo de la especificidad de cada CDI se agregaron variables adicionales al indicador de vulnerabilidad que se describen dentro de esta sección. Es posible constatar que las variables asociadas a la vivienda son de alta relevancia en el SoVi considerando indicadores relacionados a la condición material de la vivienda; situación de tenencia o propiedad; conexión a servicios básicos; entorno urbano; condiciones de densidad de uso de la vivienda; nivel de formalidad/informalidad; confort térmico y equipamientos asociados; certificación sustentable.

Tabla 31: Variables utilizadas para construcción de índice SoVi en ARCLIM.

N	Variable	Descripción	Fuente	Referencia
1	Porcentaje de viviendas con decil de ingreso per cápita vulnerable	Insuficiencia de ingreso disponible para adquirir alimentos y servicios básicos, teniendo menor capacidad para responder y recuperarse ante una amenaza natural, necesitando apoyo adicional tras el desastre. Para el cálculo chileno se consideraron la población de los deciles del 1 al 6 respecto al total.	Casen 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003).
2	Porcentaje de población cesante	Un mayor porcentaje de población cesante dentro de la comunidad aumenta los niveles de vulnerabilidad debido a la imposibilidad de hacer frente económicamente a la amenaza tanto previa como posteriormente, lo que hace más lenta la recuperación.	Censo 2017	Mileti (1999). Guillard-Gonçalves, Cutter, Boruff & Shirley (2003)..
3	Porcentaje de mujeres	Las mujeres pueden tener más dificultades de recuperación que los hombres debido a las diferencias sociales frente al género que se reflejan en salarios más bajos, menores años de escolaridad y responsabilidades de cuidado familiar.	Censo 2017	Cutter et al., (1996).
4	Porcentaje de mujeres jefas de hogar	Las mujeres que se dedican al cuidado del hogar y labores domésticas son más vulnerables debido a que en el contexto de desastre cargan con la preocupación de aquellos que dependen de ella (adultos mayores y sus hijos).	Censo 2017	Naranjo y García (2016).
5	Edad media	La edad media de la población permite tener conciencia sobre el tipo de población existente. Una mayor edad media puede indicar un envejecimiento de la población, generando un aumento de la dependencia económica y social.	Censo 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003).
6	Porcentaje de población menor de 15 años	Un alto porcentaje de población menor a 15 años, resulta en un aumento de los niveles de vulnerabilidad debido a la dependencia económica, educativa y social que requieren.	Censo 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich & Zêzere. (2014).
7	Porcentaje de población mayor de 65 años	Un alto porcentaje de población mayor a 65 años, resulta en un aumento de los niveles de vulnerabilidad debido a la dependencia económica, física y social que requieren.	Censo 2017	De Loyola Hummell,, Cutter & Emrich (2016).
8	Porcentaje de población inmigrante	La población inmigrante presenta mayor vulnerabilidad al no poseer una identidad con el territorio y, por tanto, por no conocer las características que este presenta, entre ellas, las distintas amenazas. Además, los migrantes pueden no hablar el idioma y no estar familiarizados con los planes de emergencia y los trámites para obtener información de socorro o recuperación. En esta investigación se considera inmigrante a todas las personas nacidas en el extranjero con residencia habitual en Chile hace más de 5 años.	Censo 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003).
9	Porcentaje de viviendas arrendadas	Un alto porcentaje de viviendas arrendadas indica una población con bajas capacidades económicas para la compra de inmuebles propios.	Casen 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
10	Porcentaje de viviendas irrecuperables (según tipo de vivienda)	El valor, calidad y densidad de la construcción residencial afecta las pérdidas y el potencial de recuperación. Existe una categoría de viviendas irrecuperables que agrupa a mediaguas o mejora; rancho, choza o ruca; Vivienda precaria de materiales reutilizados; Móvil (carpa, casa rodante o similar), las cuales son menos resistentes a los peligros.	Censo 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003).

N	Variable	Descripción	Fuente	Referencia
11	Porcentaje de viviendas con muros irre recuperables	Aquellos muros compuestos de materiales más frágiles (adobe, barro, lata, cartón, etc.) serán más vulnerables al efecto de la amenaza natural.	Censo 2017	De Loyola Hummell,, Cutter & Emrich (2016).
12	Porcentaje de viviendas con techo irre recuperable	Aquellos techos compuestos de materiales más frágiles (lata, cartón, plástico, etc.) serán más vulnerables al efecto de la amenaza.	Censo 2017	De Loyola Hummell, Cutter & Emrich (2016).
13	Porcentaje de viviendas con piso irre recuperable	Aquellos pisos compuestos de materiales más frágiles (cemento sobre tierra, tierra, etc.) serán más vulnerables al efecto de la amenaza natural.	Censo 2017	De Loyola Hummell, Cutter & Emrich (2016).
14	Porcentaje de viviendas sin red agua potable	La disponibilidad de agua apta en cantidad y calidad para el consumo humano es fundamental para responder a las emergencias. Aquellas áreas que no poseen alcantarillado pueden requerir ayuda adicional en la etapa de respuesta y recuperación, limitando entre otros, la atención a enfermos, el consumo humano, condiciones de higiene y actividad comerciales.	Censo 2017	Organización Panamericana de la salud (2006) De Loyola Hummell, Cutter & Emrich (2016).
15	Porcentaje de viviendas sin red de alcantarillado	Porcentajes altos de viviendas sin alcantarillado dan cuenta de una población con bajo status económico, lo que puede indicar bajas capacidades para hacer frente a una amenaza.	Casen 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
16	Porcentaje de población mayor de 25 años sin educación básica	Una escolaridad máxima hasta niveles básicos/primarios se presenta como una situación de alta vulnerabilidad debido a las bajas capacidades para recibir y comprender de manera adecuada información relevante sobre las amenazas locales y las diversas acciones que se debieran esperar ante estas. Se considera la edad de 25 años como un límite en que la población debiese tener superado este nivel educativo.	Censo 2017	Heinz Center for Science, Economics and the Environment (2000). Cutter, Boruff & Shirley (2003)
17	Porcentaje de población analfabeta mayor de 15 años	Una población con altos niveles de analfabetismo en población adulta sugiere un alto nivel de vulnerabilidad ante la incapacidad y dificultad de responder de manera rápida y consciente a las indicaciones de una evacuación, por ejemplo.	Casen 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
18	Porcentaje de población jubilada	Un alto porcentaje de población jubilada supone una gran proporción de adultos mayores, los cuales poseen grandes limitaciones para responder a las amenazas. En contexto de desastre requieren ayuda social y económica adicional para su recuperación, exacerbando su condición de vulnerabilidad.	Censo 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003).
19	Porcentaje de población estudiante	La población estudiante, se percibe como población activa inhabilitada para trabajar por tanto un mayor porcentaje de esta población indica un aumento de la vulnerabilidad en la comunidad ya que tiene más dependencia económica y social.	Censo 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
20	Índice de hacinamiento	El índice de hacinamiento permite determinar la cantidad de personas por vivienda y su relación con el número de dormitorios. De esta manera, los altos niveles de hacinamiento indican una población con bajos status económicos que no puede acceder a una vivienda con mayor número de dormitorios o que no puede acceder a una vivienda propia y depende de otro hogar dentro de la vivienda.	Censo 2017	Cutter, Boruff & Shirley (2003). De Loyola Hummell, Cutter & Emrich (2016).

N	Variable	Descripción	Fuente	Referencia
21	Porcentaje de población con ocupación en el sector primario y secundario	La economía primaria y secundaria suele ser la más afectada frente a las crisis mundiales y suelen percibir los efectos de las caídas de los precios y por ende, es más dependiente de los países o zonas que compren. Por tanto, una comunidad con gran dependencia al sector primario versus al secundario y terciario, que brindan mayor independencia económica, la hace más vulnerable a las amenazas.	Casen 2017	Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
22	Porcentaje de población con discapacidad	Pertenecen al grupo de población con necesidades especiales, el cual se puede ver afectado desproporcionadamente durante los desastres a raíz de su invisibilidad en las comunidades. Las personas con discapacidad física y mental poseen limitaciones de movilidad, para responder y recuperarse de los impactos de la amenaza.	Casen 2017	Cutter <i>et al.</i> , (2003). Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
23	Etnia	La literatura suele indicar a las poblaciones étnicas como vulnerables debido a las disparidades existentes aún en la actualidad, económicas y sociales.	Censo 2017	Cutter <i>et al.</i> , (2003).
24	Porcentaje de población en situación de pobreza multidimensional	La variable se refiere a la población que cuenta con una pobreza no solo económica, sino que, en la educación, salud, seguridad, comunidad, y nivel de vida en general.	Casen 2017	Cutter <i>et al.</i> , (2003).
25	Porcentaje de parques y plazas (áreas verdes)	Una mayor superficie de áreas verdes permite un mejor nivel de confort térmico y da mayor capacidad a la población de hacer frente a amenazas meteorológicas como temperaturas máximas extremas.	MINVU y SIEDU	Kaźmierczak, & Cavan, (2011).
26	Porcentaje de viviendas que no cuentan con sistema de calefacción	La población que no cuenta con sistemas de calefacción cuenta con menos capacidades para hacer frente en términos económicos y de salud a las amenazas meteorológicas como temperaturas mínimas extremas.	Casen, 2017	Cutter <i>et al.</i> , (2003). Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
27	Porcentaje de viviendas que no cuentan con sistema de agua caliente	La población que no cuenta con agua caliente en su vivienda cuenta con menos capacidades para hacer frente en términos económicos y de salud a las amenazas meteorológicas como temperaturas mínimas extremas.	Casen 2017	Cutter <i>et al.</i> , (2003). Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
28	Porcentaje de viviendas sin certificación térmica	Las viviendas sin certificación térmica son aquellas construidas previo al año 2007 y por tanto no cuentan con las condiciones óptimas de construcción en muros, techo y pisos para hacer frente a condiciones climáticas.	Observatorio Urbano MINVU	Cutter <i>et al.</i> , (2003). Guillard-Gonçalves, Cutter, Emrich, & Zêzere. (2014).
29	Porcentaje de población en situación de calle	La población en situación de calle se encuentra en una situación de vulnerabilidad extrema en distintas dimensiones, social, económica, cultural, educativa, entre otras.	MIDESO 2020	Cutter, Boruff & Shirley (2003).
30	Número de viviendas en campamento	Un aumento de viviendas en campamentos significa un aumento en la vulnerabilidad económica y social de la población por las precarias condiciones de habitabilidad.	MINVU / TECHO	Cutter, Boruff & Shirley (2003). De Loyola Hummell, Cutter & Emrich (2016).

Fuente: Henríquez *et al.* (2020)

5.1.1 CDI Efecto olas de calor en salud humana

Esta CDI describe “efectos adversos sobre la salud humana (mortalidad y morbilidad) generados por las olas de calor en distintas comunas del país, considerando condiciones climáticas, sociales e institucionales históricas y futuras”.

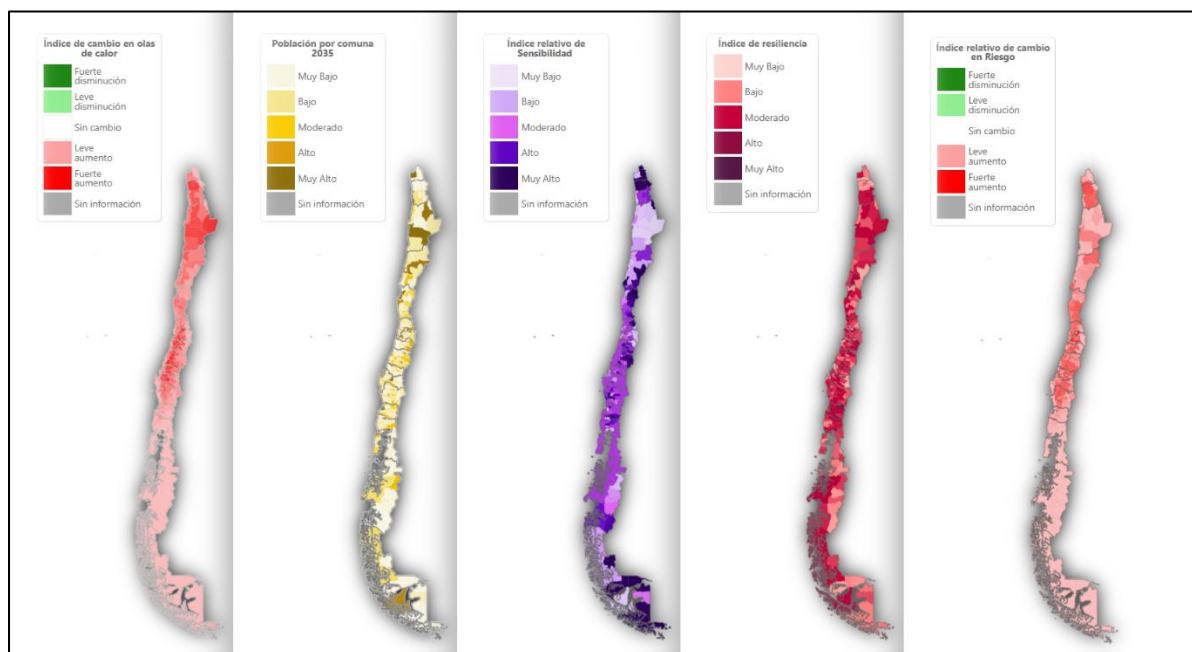


Figura 26: Riesgo climático de olas de calor sobre salud humana (cambio entre escenario histórico y futuro).

Variables de sensibilidad asociadas a las medidas

Dentro de las variables que definen el índice de sensibilidad de la CDI, existen indicadores que tienen relación directa con las medidas. Así, por ejemplo, el indicador de viviendas construidas anteriormente al 2002 (reglamentación térmica) de la subdimensión socioeconómico, son parte de las variables a modelar con la reglamentación térmica de la medida que en este caso considerará el año 2008 como referencia.

Otras variables no modelables para la propuesta del plan sectorial, pero que tienen un impacto en la reducción de la vulnerabilidad de esta cadena de impacto son las de la subdimensión “condiciones territoriales”: urbanización (área urbana consolidada); densidad poblacional, proporción del suelo con cobertura vegetal. Estas variables están directamente relacionadas a medidas como las de ordenamiento y planificación territorial. También es posible destacar los impactos de la política de vivienda desde una perspectiva macro, como lo es el tema de las variables de la subdimensión “otras condiciones demográficas” que mide el nivel de hacinamiento que podría reducirse con las medidas de Planes Urbano Habitacionales.

5.1.2 CDI Disconfort Térmico Ambiental

Disconfort Térmico Ambiental debido al calor y humedad en los meses de verano, en condiciones históricas y futuras junto a su cambio, para 34 ciudades a lo largo de Chile. El Disconfort Térmico Ambiental representa el grado de satisfacción de la población en los espacios abiertos, especialmente en parques, plazas y calles. El análisis se presenta para las ciudades principales, sobre 50.000 habitantes, por su relevancia en la modificación del clima local e importancia en el sistema urbano nacional. El riesgo se calcula a partir de datos de: porcentaje de población infantil y adulta mayor, Índice de Vulnerabilidad Social (SoVI) y las amenazas expresadas en índice Humidex.

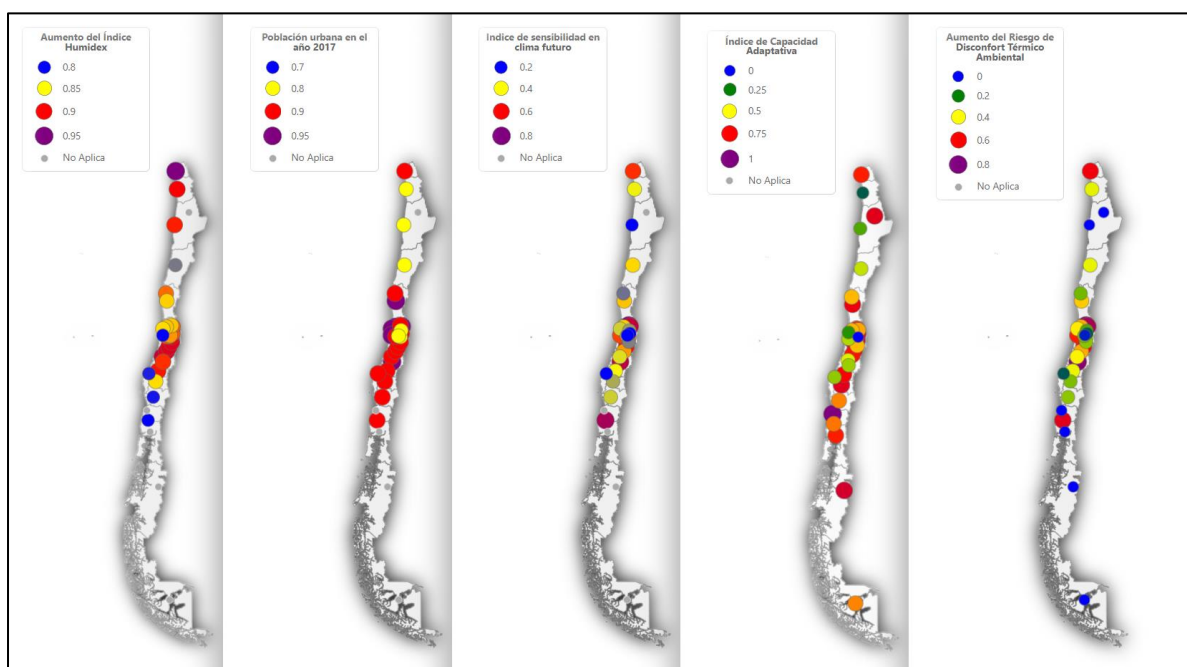


Figura 27: Riesgo climático (futuro) de disconfort térmico ambiental (ARCLIM).

5.1.3 CDI Efectos de las Heladas en Ciudades

El índice de amenaza se calcula como el promedio de días en los cuales la temperatura mínima alcanza o es inferior a 0°C durante la estación de invierno (junio, julio y agosto) en el período futuro de 2035-2065, utilizando el escenario de emisiones RCP 8.5 (Pica-Téllez et al., 2020). Para evaluar la exposición, se ha tenido en cuenta la proyección de la población hasta el año 2065 (basada en INE, 2019) para los centros poblados seleccionados, considerando la expansión urbana entre 1992 y 2017 y proyectándola mediante modelaciones en sistemas de información geográfica. Se han considerado 25 variables en la construcción del Índice de Sensibilidad (SoVi), incorporando 5 variables específicas para la amenaza (Pica-Téllez et al., 2020): "Número de viviendas en campamento" (MINVU, 2019), "Porcentaje de población en situación de calle" (Ministerio de Desarrollo Social, 2020), "Porcentaje de viviendas sin certificación térmica" (Observatorio Urbano MINVU), "Porcentaje de viviendas sin sistema de agua caliente" (CASEN 2017) y "Porcentaje de viviendas sin sistema de calefacción" (CASEN 2017).

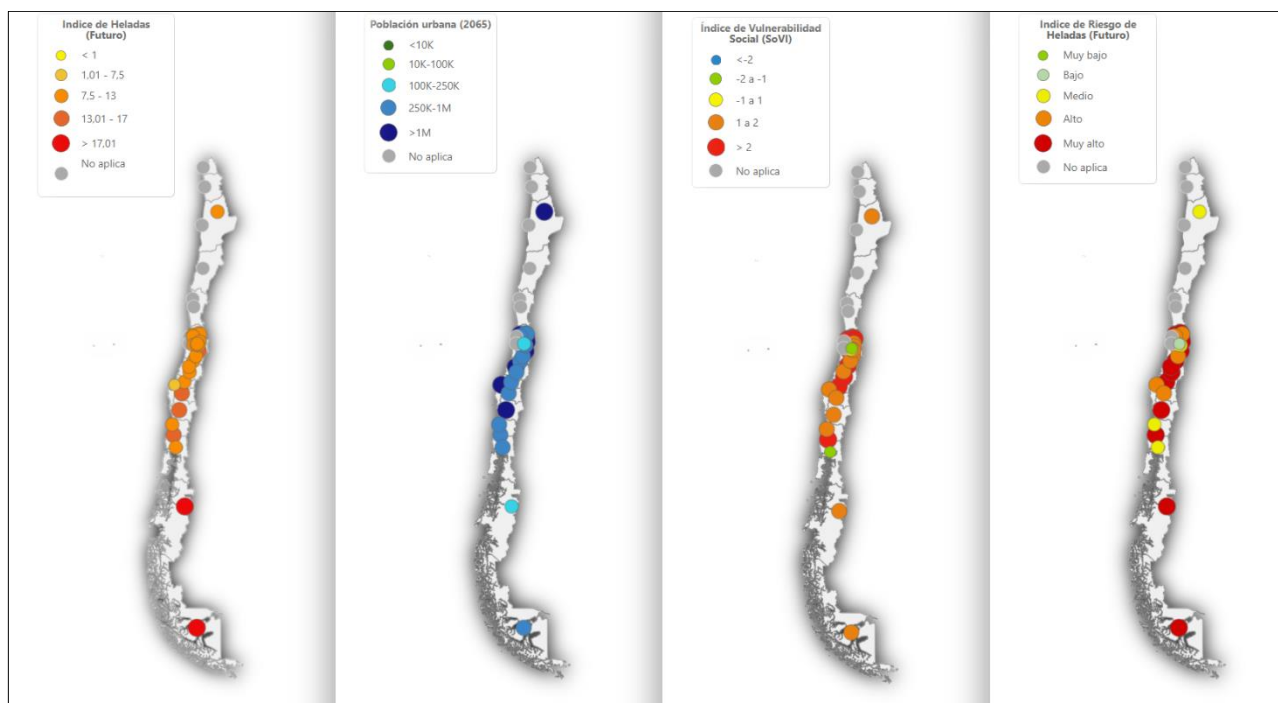


Figura 28: Riesgo climático (futuro) de efecto de heladas en ciudades (ARCLIM).

Para esta CDI el SoVi consideró entre las variables relevantes de vivienda (ARCLIM): “Número de viviendas en campamento” (MINVU, 2019), “Porcentaje de población en situación de calle” (Ministerio de Desarrollo Social, 2020), “Porcentaje de viviendas sin certificación térmica” (Observatorio Urbano MINVU), “Porcentaje de viviendas que no cuentan con sistema de agua caliente” (CASEN 2017) y “Porcentaje de viviendas que no cuentan con sistema de calefacción” (CASEN 2017).

5.1.4 CDI Islas de calor urbana (ICU)

Esta CDI se desarrolló para 34 ciudades de Chile, considerando las principales ciudades sobre 50.000 habitantes (ARCLIM). La amenaza presente corresponde a un índice desarrollado en base a la definición de Oke (1987), mientras que para el escenario futuro se ha considerado la proyección de la ICU y la temperatura máxima promedio en verano para el año 2065, siendo la población actual y proyectada de cada ciudad el nivel de exposición.

Para la construcción del SoVi para esta cadena de impacto se consideraron 25 variables de vulnerabilidad social (CENSO, CASEN) más el “Número de viviendas en campamentos” (ARCLIM).

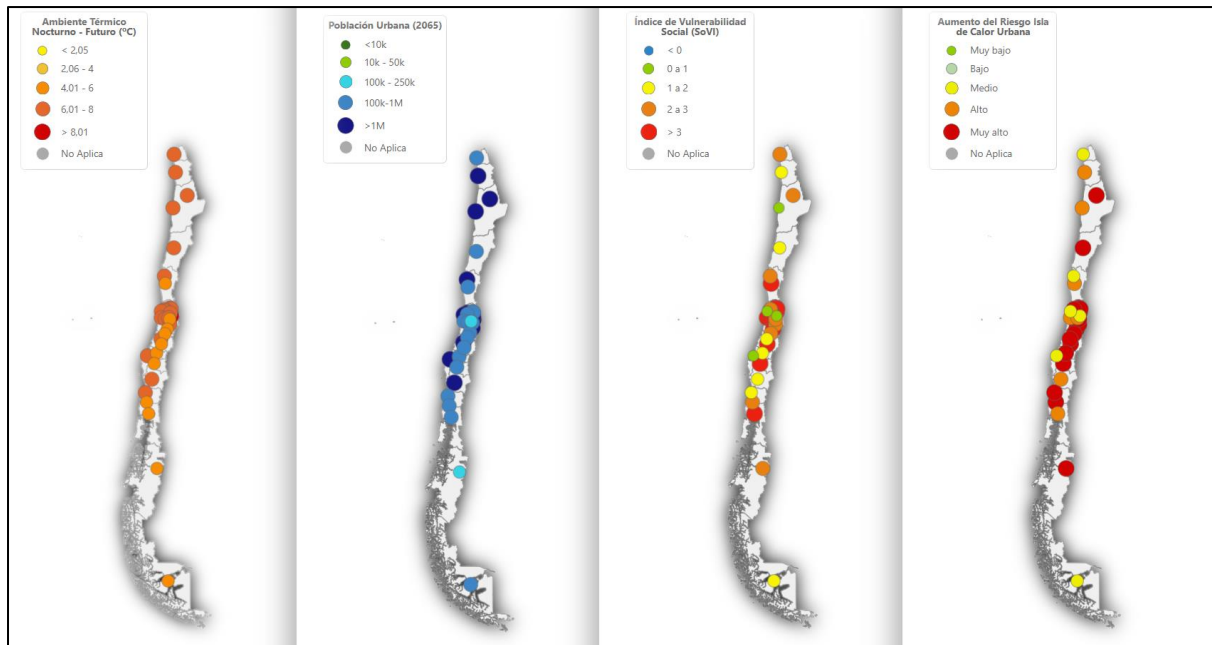


Figura 29: Riesgo climático (cambio) de islas de calor urbanas (ARCLIM).

6 ANÁLISIS DE CADENA CAUSAL

En esta sección se sintetizan los diagramas para las cadenas causales de las medidas directas analizadas (D1-D2-D3-D4). Las cadenas causales del total de medidas se integran en las fichas en utilizando matrices. En términos generales, todas las medidas de mitigación si bien generan reducciones de emisiones, presentan “efectos rebote” por aumento de emisiones procesos complementarios, como por ejemplo para producción de nuevas tecnologías o bien, por ahorros de los usuarios que disponen el uso de los recursos en otras actividades potencialmente contaminantes.

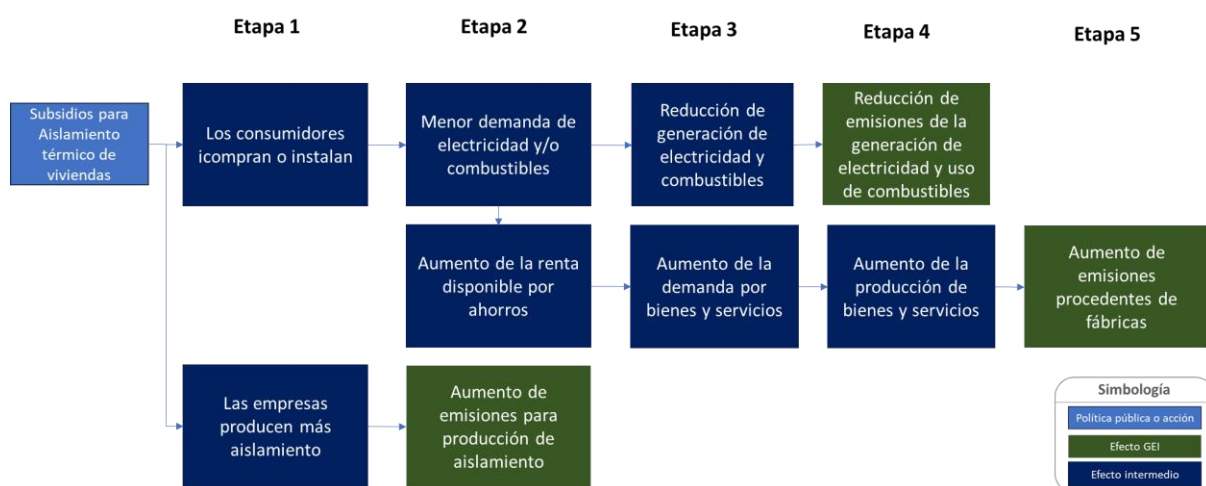


Figura 30: cadena causal Medida (D1-D2) reacondicionamiento y mejora de confort térmico de viviendas usadas y nuevas respectivamente.

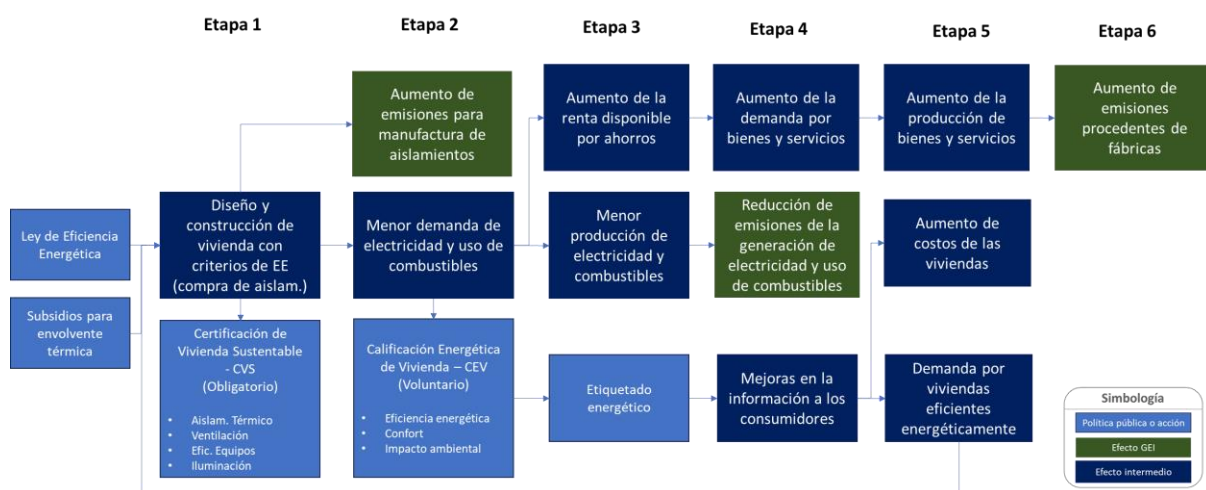


Figura 31: cadena causal Medida (D3) Etiquetado energético de viviendas y Certificación de Vivienda Sustentable.

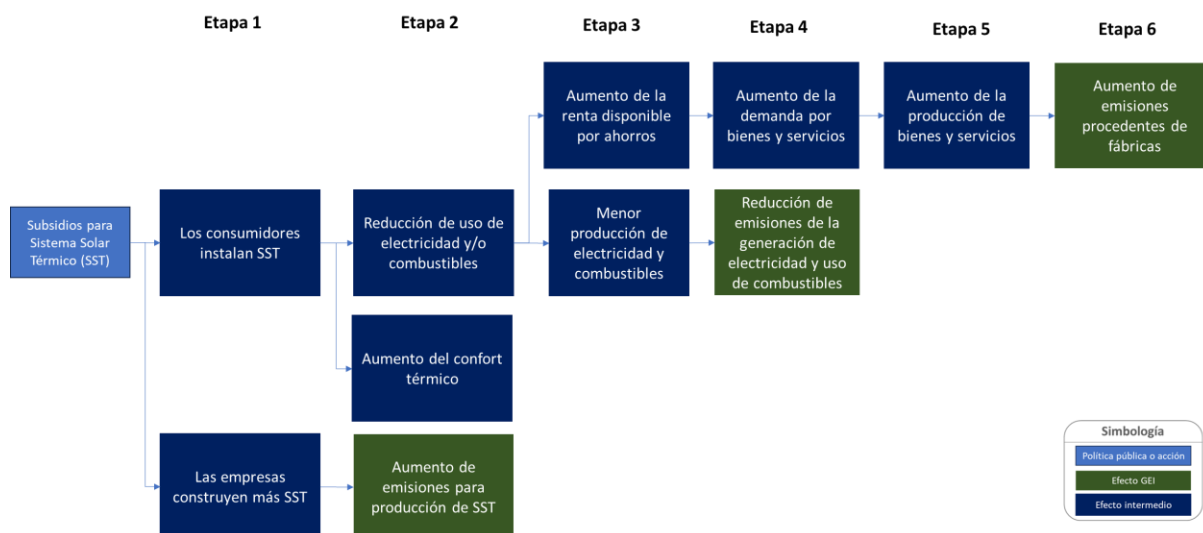


Figura 32: cadena causal Medida (D4) Instalación de Sistema Solar Térmico (SST) en viviendas existentes.

Como se puede observar en las distintas cadenas causales de las medidas, si bien se generan beneficios en términos de una mayor eficiencia energética también se pueden observar una serie de **efectos rebote** con posibles aumentos de consumo y emisiones. Como se mencionó en el análisis de casos internacionales, este ha sido una de las consideraciones más relevantes de la Directiva Europea relativa a la eficiencia energética de los edificios (2010), donde el punto de partida es transitar hacia una **matriz energética basada en energías renovables**. Otros efectos rebote como la mayor disponibilidad de recursos, y el consecuente uso para bienes y servicios, estará determinada en el nivel nacional al menos por las fuentes energéticas.

7 FICHAS MEDIDAS DIRECTAS E INDIRECTAS

En esta sección se sintetizan las medidas seleccionadas en fichas. Para su desarrollo se han considerado tanto los distintos análisis desarrollados en el informe (*benchmark*, modelaciones, análisis de cadena causal, revisiones bibliográficas, etc.) y han sido trabajadas de manera conjunta con la contraparte, donde se han validado y revisado los avances.

7.1 Medidas Directas modeladas

Tabla 32: Medida (D1) Fomento al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación y descripción	Nombre	D1: Fomento al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes
	Objetivo	Reducir el consumo energético asociado al uso de calefacción y climatización en viviendas construidas antes del año 2008 que no cumplen con la reglamentación térmica vigente ³⁶ .
	Descripción general	Esta medida promueve la aislación térmica para mejorar la eficiencia energética de viviendas existentes. El reacondicionamiento térmico de las viviendas se ejecuta a través de un subsidio directo del MINVU denominado Programa de Protección del Patrimonio Familiar. Está destinado a mejorar las condiciones de aislación térmica de las viviendas que fueron construidas hasta 2007, antes de la entrada en vigor de la segunda etapa de la Reglamentación Térmica vigente. Este subsidio contempla un aumento de la aislación en los techos, muros y pisos, de modo de asegurar el estándar térmico vigente Art 4.1.10 de la OGUC. Este programa cuenta con 3 mecanismos de acceso al subsidio: llamados regulares; llamados especiales para las zonas de los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) para zonas saturadas; y los llamados para con condominios sociales.
	Tipo de medida de mitigación	Es una medida que afecta el nivel técnico de la vivienda.
	Fecha inicio implementación	Programa regular: 2012 Programa de condominios sociales: 2011 Programa Planes de Descontaminación Atmosférica: 2015 Niveles de ambición ajustados (PSM actualizado): 2026.
	Cronograma	Se han entregado 17.399 subsidios a través del programa PPPF para el reacondicionamiento térmico de viviendas promedio al año período 2012-2022. Fuente (MINVU). Los rangos varían entre 10.000 a 24.000 viviendas al año período 2012-2022 (MINVU). Existe una brecha entre la implementación histórica de la entrega de subsidios MINVU y las metas de la ECLP que plantean para alcanzar las metas de mitigación asociadas a esta medida que se acondicionan al menos 36.000 viviendas anualmente al 2030 (Meta 2.5) y al menos 50.000 viviendas anualmente al 2050 (Meta 2.7). Los niveles de ambición y la asignación de presupuestos es el determinante del cronograma, dentro de los valores modelados se debiera propender al menos a alcanzar el Nivel 2 modelado (30.000 viviendas al año), que es por sobre la trayectoria histórica de entrega de subsidios, pero por debajo aún de las metas definidas en la ECLP. Se complementan las proyecciones desarrolladas con recomendaciones que podrían mejorar el alcance de la medida a través de mejoras en los programas. A partir de la entrada en vigor del PSM MINVU actualizado se espera el desarrollo de nuevas medidas a partir del año 2026.

³⁶ El reacondicionamiento térmico tiene entre sus objetivos específicos entregar mejores condiciones de habitabilidad y confort al interior de las viviendas; reducir los consumos energéticos, lo que genera un impacto positivo en la economía familiar; la matriz energética; y, conservación de los recursos naturales; contribuir a la salud y bienestar de la población reduciendo emisiones a la atmósfera y reduciendo los impactos negativos en el medioambiente.

Elemento	Subelemento	Contenido
	Alcance territorial	Programa regular: O'Higgins al sur (Zona Térmica 4 definida en la OGUC). Programa de condominios sociales: nacional Programa Planes de Descontaminación Atmosférica: O'Higgins, Talca-Maule, Temuco-Padre Las Casas, Chillán-Chillán Viejo, Valdivia, Osorno y Coyhaique. Se debe considerar que el estándar térmico de la OGUC define zonas térmicas que determinan el alcance del reacondicionamiento térmico. Se recomienda focalizar recursos en ciudades con PDA por un lado por los co-beneficios esperados (ver secciones anteriores del informe), y ciudades del sur (bajas temperaturas) donde persisten mayores desafíos del uso de la leña.
	Otros alcances	Programa enfocado en grupos vulnerables, para esto se cruzan datos de las familias de los tres primeros quintiles con la materialidad de las viviendas, condiciones de hacinamiento, valor de las viviendas y modalidad que les dio origen. - Programa regular: propietarios y asignatarios de inmuebles cuyo valor no exceda las 650 UF (\$15.900.000 aprox.), o que hayan sido construidas por el SERVIU o alguno de sus antecesores (Corvi, Corhabit, COU). Sin embargo, en los llamados especiales, se consideran también viviendas con avalúos fiscales de hasta 950 UF. - Programa de condominios sociales: se exige sean condominios sociales. - Programa Planes de Descontaminación Atmosférica: O'Higgins, Talca-Maule, Temuco-Padre Las Casas, Chillán-Chillán Viejo, Valdivia, Osorno y Coyhaique.
	Acciones concretas	Fortalecer el programa de Subsidio para mejorar el aislamiento térmico de la vivienda. Para ello un aspecto clave que se ha constatado en el informe es el aumento de la ambición, incrementando las fuentes de financiamiento. Parece fundamental también evaluar la efectividad y eficiencia del programa, así como mejorar las coordinaciones de entrega de subsidios. Es necesario también considerar campañas en la educación de los usuarios respecto a la relevancia de la aislación térmica, sus beneficios y los procesos de postulación e implementación. En cuanto a la implementación se deberá también velar por el estándar de los proveedores e instaladores de aislación térmica, así como un registro que permita asegurar los estándares esperados. Adicionalmente se sugiere para el cierre de brechas detalladas en esta ficha: - Desarrollar instancia de trabajo con la academia y otras organizaciones relevantes para ampliar la comprensión de los consumos y demanda, así como en pobreza energética y consumo de leña. - Como se sugiere en las fichas de medios de implementación, es necesario generar una instancia pública-privada para evaluar alternativas de créditos, e incentivos o franquicias al sector privado. - Fortalecer coordinaciones MINVU, MEN y MMA para asegurar la coordinación de los programas sectoriales relacionados.
	Instrumentos	El instrumento que se describe en la ficha corresponde a la entrega de "subsidios" a través del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) del MINVU para el reacondicionamiento térmico de la vivienda el cual ha sido el principal mecanismo a la fecha para la implementación de la medida. Sin embargo, se evalúa y modela la necesidad de complementar este mecanismo con "créditos" para dar cumplimiento a las metas de mitigación propuestas en la ECLP.
	Medidas de mitigación relacionadas	Actualización de la Reglamentación Térmica (OGUC); CEV.

Elemento	Subelemento		Contenido
	Gases y contaminantes climáticos afectados		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O.
	Metas (ECLP-NDC-PELP)		NDC: 20.000 viviendas al año. PELP: 20.000 viviendas al año ECLP: 1)Meta 2.5: Al 2030, se acondicionan al menos 36.000 viviendas anualmente. 8.258 [tCO ₂] anual. 2)Meta 2.7: Al 2050, se acondicionan al menos 50.000 viviendas anualmente.
Instituciones	Institución líder		MINVU
	Instituciones involucradas		MMA (Planes de Descontaminación Atmosférica)
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [tCO₂eq]	2030	Nivel 1: 14.525 Nivel 2: 28.490
		2040	Nivel 1: 111.144 Nivel 2: 218.156
		2050	Nivel 1: 286.829 Nivel 2: 571.658
		2060	Nivel 1: 536.073 Nivel 2: 1.070.323
	Sinergias		Los estándares de la OGUC son determinantes del reacondicionamiento térmico.
Información financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]		Nivel 1: 792 Nivel 2: 1.584
	VAN CAPEX [MM USD]		Nivel 1: 814 Nivel 2: 1.628
	VAN OPEX [MM USD]		Nivel 1: 222 Nivel 2: 444
	Origen del financiamiento		MINVU
Riesgos y co-beneficios	Riesgos		• Riesgos sociales: Exclusión social, especialmente si las medidas no son accesibles para todos los sectores de la población. En este sentido, los mecanismos de identificación de los grupos vulnerables juegan un rol crítico como lo puede ser el Registro Social de Hogares (RSH), así como medidas de educación de la población. • Riesgos Económicos: El reacondicionamiento térmico puede implicar costos iniciales significativos, lo que podría ser una barrera para la adopción masiva, especialmente para hogares con recursos limitados, es por ello que es clave evaluar los criterios de asignación y su efectividad desde la perspectiva socio-económica de los grupos vulnerables. Otro riesgo está en las presiones inflacionarias que podrían asociarse a una mayor demanda de materiales y servicios para el reacondicionamiento en la industria de la construcción. • Riesgos Ambientales: El aumento en la renovación de materiales de construcción podría generar mayores desafíos en la gestión de residuos de construcción y demolición, si no se manejan adecuadamente. El avance de la agenda de circularidad y construcción sustentable es relevante para mitigar estos riesgos.

Elemento	Subelemento	Contenido
	Beneficios para la adaptación al cambio climático	• Reducción de la dependencia de combustibles fósiles y consecuente aumento de la seguridad energética. • Mejora del confort térmico en viviendas. • Reducción de riesgos de enfermedades producidas por mejoras en la calidad del aire al interior de las viviendas (reducción de la humedad, la condensación y la formación de hongos). • Disminución de la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos. • Generación de oportunidades de empleo en el sector construcción.
	Co-beneficios	• Menor demanda eléctrica y/o de combustibles • Reducción de generación de electricidad y/o combustibles • Aumento de la renta de los usuarios de la vivienda por ahorros en energía • Aumento de la demanda por bienes y servicios a raíz de mayor disponibilidad de renta • Aumento de la producción de bienes y servicios • Mayor demanda para empresas para producción e instalación de aislamiento térmico • Beneficios a la salud
Ejecución	Brechas	• Brecha 1: Falta de datos base de demanda para cuantificar ahorros y mitigación • Brecha 2: La pobreza energética, que impide la reducción del consumo. • Brecha 3: Se circunscriben sólo de O'Higgins al sur (no considera a Santiago que tiene el grueso de las viviendas) • Brecha 4: Existe una brecha financiera para alcanzar el nivel de ambición que se ha planteado en la ECLP. • Brecha 5: Articulación, coherencia y actualización de las normativas y modelos en la definición de instrumentos como la ECLP y la PELP.
	Facilitadores	• Brecha 1: Se sugiere avanzar en instancias de trabajo con la academia y otras organizaciones relevantes para ampliar la comprensión de los consumos y demanda. En leña no hay mucha información (INFOR tiene buena información de consumo de leña y la RedPE posee estudios al respecto) para alimentar los modelos de demanda de energía y estimación de emisiones • Brecha 2: profundizar las coordinaciones con las líneas de trabajo asociadas a pobreza energética. • Brecha 3: Se sugiere considerar prioritarias las ciudades con un mayor consumo de calefacción y aquellas que se encuentran bajo los planes de descontaminación atmosférica. • Brecha 4: El aumento de los recursos para subsidios debe ser evaluada en miras del nivel de ambición; se sugiere de manera complementaria considerar la alternativa de créditos, e incentivos o franquicias al sector privado como se ha realizado en otros procesos de eficiencia energética. • Brecha 5: se requiere un trabajo coordinado del MINVU con el MEN y el MMA para alinear las metas e instrumentos y actualizar los modelos.
Seguimiento	Indicadores	• Cantidad de viviendas reacondicionadas por año (monitoreo de implementación) • Número de subsidios asignados por año (monitoreo de implementación) • Montos en UF asignados por año (monitoreo de implementación) • kWh/viv/año (para evaluación de la efectividad)

Elemento	Subelemento	Contenido
Género	Enfoque de género	Los procesos de postulación actuales, incluidos los antecedentes del Registro Social de Hogares (RSH), no contemplan el uso directo de variables que ponderen el género. Esto podría ser un ítem que considerar hacia adelante tanto para el MINVU como el MDS.

Tabla 33: Medida (D2) Actualización de la reglamentación térmica OGUC.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación y descripción	Nombre	D2: Actualización de la Reglamentación Térmica
	Objetivo	Reducir el consumo energético asociado al uso de calefacción y climatización en viviendas construidas antes del año 2008 que no cumplen con la reglamentación térmica vigente.
	Descripción general	La medida apunta a incrementar el confort térmico en viviendas nuevas mediante la evolución de las exigencias a la envolvente térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. El aislamiento térmico mejora las condiciones de temperatura, humedad y ventilación en el interior de las viviendas.
	Tipo de medida de mitigación	Normativa
	Fecha inicio implementación	Se considera la actualización de la OGUC el año 2025.
	Cronograma	Se considera la actualización de la OGUC el año 2025. Dado el escenario de: complejidad de la tramitación de la modificación de la OGUC (escala nacional); el avance de los PDA y la evidencia que respalda su aplicación; la brecha que existe en zonas de latencia o saturadas de incorporación de estándares de mejora en la reglamentación térmica como aquellos con PDA vigentes; se podría avanzar en la definición de PDA de estas zonas. La propuesta de actualización del artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones se enmarca en los parámetros actuales de la Reglamentación Térmica vigente aplicables en las áreas en las que se aplican las normas de Planes de Descontaminación Atmosférico PDA (4.1.10 bis).
	Alcance territorial	La medida tiene un alcance nacional redefiniendo la zonificación térmica actual, redefiniendo y especificando la zonificación.
	Otros alcances	-
	Acciones concretas	El proceso de actualización de la OGUC se encuentra en proceso. Para avanzar en la tramitación se proponen medidas de medios de implementación de corto plazo dentro del documento.
	Instrumentos	El instrumento corresponde a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
	Medidas de mitigación relacionadas	Las medidas de reacondicionamiento térmicos, calificación energética y sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria se encuentran enmarcadas en los estándares técnicos y constructivos de la OGUC.
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O.
	Metas (ECLP-NDC-PELP)	ECLP: 1) Meta 2.1: Al 2025, contar con la Cuarta versión de Reglamentación Térmica en desarrollo con enfoque «energía neta cero». 2) Meta 2.4: Al 2030, la Cuarta versión de Reglamentación Térmica que tiende al estándar Net cero energía está implementada
Instituciones	Institución líder	MINVU

Elemento	Subelemento		Contenido
	Instituciones involucradas		-
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [tCO₂eq]	2030	Nivel 1: 2.896.507 Nivel 2: 2.927.253
		2040	Nivel 1: 2.896.507 Nivel 2: 2.927.253
		2050	Nivel 1: 7.080.267 Nivel 2: 7.244.953
		2060	Nivel 1: 12.512.437 Nivel 2: 12.891.996
	Sinergias		Los estándares de reacondicionamiento térmico y de la calificación energética de vivienda se encuentran supeditados a la OGUC.
Información financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]		Nivel 1: 527 Nivel 2: 515
	VAN CAPEX [MM USD]		Nivel 1: 9.456 Nivel 2: 9.581
	VAN OPEX [MM USD]		Nivel 1: 4.529 Nivel 2: 4.621
	Origen del financiamiento		MINVU
Riesgos y co-beneficios	Riesgos		• Riesgos sociales: La implementación de estándares más altos podría generar viviendas menos accesibles para aquellos con ingresos más bajos, contribuyendo a la exclusión residencial. • Riesgos Económicos: La implementación de estándares más altos de confort térmico podría aumentar los costos de construcción, lo que podría afectar la asequibilidad de nuevas viviendas (7-10%, Fuente: MINVU) • Riesgos Ambientales: Aunque se busca la eficiencia energética de la operación de la vivienda, la construcción de las viviendas y los materiales asociados tienen una huella de carbono. Si no se gestiona adecuadamente, esto podría contrarrestar los beneficios ambientales esperados de mitigación.
	Beneficios para la adaptación al cambio climático		• Reducción de la dependencia de combustibles fósiles y consecuente aumento de la seguridad energética. • Mejora del confort térmico en viviendas. • Reducción de riesgos de enfermedades producidas por mejoras en la calidad del aire al interior de las viviendas (reducción de la humedad, la condensación y la formación de hongos). • Disminución de la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos. • Generación de oportunidades de empleo en el sector construcción. • En zonas saturadas puede reducir la exposición a emisiones externas.
	Co-beneficios		• Menor demanda eléctrica y/o de combustibles • Reducción de generación de electricidad y/o combustibles • Aumento de la renta de los usuarios de la vivienda por ahorros en energía • Aumento de la demanda por bienes y servicios a raíz de mayor disponibilidad de renta • Aumento de la producción de bienes y servicios

Elemento	Subelemento	Contenido
		- Mayor demanda para empresas para producción e instalación de aislamiento térmico - Beneficios a la salud
Ejecución	Brechas	Brecha 1: procesos complejos de tramitación y aprobación de modificaciones de las reglamentaciones térmicas.
	Facilitadores	-
Seguimiento	Indicadores	Nueva reglamentación térmica aprobada.
Género	Enfoque de género	No considera

Tabla 34: Medida (D3) Calificación energética voluntaria de viviendas.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación y descripción	Nombre	D3: Calificación energética voluntaria de viviendas (CEV)
	Objetivo	Generar un sistema de información del nivel de la eficiencia energética de los hogares.
	Descripción general	La CEV es una medida elaborada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y el Ministerio de Energía regulada por la ley de Eficiencia Energética, proporciona datos sobre la eficiencia energética de hogares (niveles desde el A al G), favoreciendo decisiones informadas sobre comodidad térmica y uso de equipos eficientes o energías renovables. Su implementación inicial fue voluntaria y a partir del 2023 es obligatoria para viviendas nuevas, supervisada por la DITEC del MINVU.
	Tipo de medida de mitigación	Educación Normativa
	Fecha inicio implementación	Desde el 2023 la CEV es obligatoria para todas las viviendas nuevas.
	Cronograma	El esquema CEV obligatorio comienza el 2023.
	Alcance territorial	Nacional
	Otros alcances	La medida evaluada en el modelo se enfoca en la CEV voluntaria (stock existente)
	Acciones concretas	- Difusión y educación a los usuarios. - Capacitación a certificadores. - Fortalecimiento de los sistemas de información CEV - Desarrollo de iniciativas de investigación para fortalecer el uso de la información para la gestión del parque de vivienda.
	Instrumentos	Certificación
	Medidas de mitigación relacionadas	Reacondicionamiento térmico, y actualización de reglamento OGUC.
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O.

Elemento	Subelemento		Contenido
	Metas (ECLP-NDC-PELP)		NDC: Al final de los 5 años de duración del programa de Fomento a la renovación energética de viviendas 570.000 viviendas obtienen la calificación energética (estándar E).
Instituciones	Institución líder		MINVU
	Instituciones involucradas		MEN
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [tCO₂eq]	2030	Nivel 2: 3.803 Nivel 3: 12.018
		2040	Nivel 2: 18.267 Nivel 3: 61.895
		2050	Nivel 2: 41.614 Nivel 3: 146.201
		2060	Nivel 2: 74.792 Nivel 3: 263.425
	Sinergias		La CEV Mejora la penetración de las medidas de envolvente térmica.
Información financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]		Nivel 2: 299
			Nivel 3: 216
	VAN CAPEX [MM USD]		Nivel 2: 47
			Nivel 3: 151
	VAN OPEX [MM USD]		Nivel 2: 30
			Nivel 3: 109
	Origen del financiamiento		MINVU
Riesgos y co-beneficios	Riesgos		• Riesgos sociales: Falta de comprensión o conocimiento por parte de los consumidores sobre la información proporcionada por la etiqueta energética, lo que puede limitar su capacidad de tomar decisiones informadas. • Riesgos Económicos: Como se menciona en los riesgos ambientales, la obligatoriedad de la CEV podría traducirse en una fiscalización y esfuerzo mayor de parte de MINVU de establecer como las etiquetas se están traduciendo en cambios en el estándar de la envolvente térmica. • Riesgos Ambientales: la obligatoriedad de la CEV se traduce en desafíos ambientales, ya que de por sí no asegura el cumplimiento de los estándares. Las experiencias internacionales revisadas muestran que se requiere un fortalecimiento del monitoreo en este sentido, lo que implica un aumento importante de recursos de fiscalización.
	Beneficios para la adaptación al cambio climático		• Promoción de la educación y conciencia pública sobre el desempeño energético y ambiental de las viviendas • Aumento de la competitividad en el mercado inmobiliario al incentivar la demanda de viviendas más eficientes y sostenibles
	Co-beneficios		• Reducción de consumo de electricidad y combustibles • Menor producción de electricidad y combustibles • Aumento de renta disponible familiar producto de los ahorros energéticos • Aumento de demanda por bienes y servicios a raíz de ahorros en energía en la vivienda

Elemento	Subelemento	Contenido
		• Aumento de producción de bienes y servicios • Mejoras en la información de los consumidores genera una mayor demanda por viviendas energéticamente eficientes. • Beneficios a la salud
Ejecución	Brechas	• Brecha 1: Se enfrenta a barreras como la falta de línea base de demandas de energía para cuantificar ahorros y la ausencia de estudios técnicos para el desarrollo de guías y políticas que se puedan difundir a distintos actores. • Brecha 2: se requiere fortalecer las capacidades de monitorear el impacto real de la obligatoriedad de la CEV y como se traduce en la práctica en mejores estándares térmicos. • Brecha 3: educación de los usuarios respecto al etiquetado.
	Facilitadores	• Brecha 1: desarrollar estudios robustos de línea basen de demanda de energía y ahorros. • Brecha 2: se requiere fortalecer las capacidades de monitorear el impacto real de la obligatoriedad de la CEV y como se traduce en la práctica en mejores estándares térmicos. • Brecha 3: educación de los usuarios respecto al etiquetado.
Seguimiento	Indicadores	Cantidad de viviendas certificadas al año
Género	Enfoque de género	No considera actualmente. Podría fortalecerse los procesos de inclusión de las mujeres en las actividades de capacitación como un criterio.

Tabla 35: Medida (D4) Instalación de Sistema Solar Térmico (SST) en viviendas existentes.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación y descripción	Nombre	Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)
	Objetivo	La implementación de SST en viviendas existentes (Programa Hogar Mejor) busca ampliar el uso de sistemas para el calentamiento de agua sanitaria (ACS) aprovechando las condiciones de radiación solar del país.
	Descripción general	El programa tiene como objetivo la instalación en residencias existentes, tecnologías que aprovechan la energía solar para calentar agua con el fin de satisfacer las necesidades de agua caliente en aplicaciones domésticas. Estos sistemas utilizan colectores solares para capturar la radiación solar y transferirla al agua, proporcionando una fuente de energía limpia y renovable.
	Tipo de medida de mitigación	Técnico

Elemento	Subelemento		Contenido
	Fecha inicio implementación		Se encuentra en proceso de ejecución.
	Cronograma		Se espera que a partir del 2024, se consideren el nivel 2 de ambición modelado (ver secciones anteriores) para abordar las metas.
	Alcance territorial		Nacional
	Otros alcances		Grupos vulnerables, aplica sobre viviendas existentes.
	Acciones concretas		Actualmente la principal vía es el otorgamiento de subsidios. Sin embargo, existen experiencias previas con franquicias tributarias y acceso a créditos que pueden mejorar la penetración. Dentro de las fichas de medios de implementación se propone instancia de trabajo público-privada para avanzar en esa línea.
	Instrumentos		El principal instrumento son los subsidios para viviendas existente (Programa PPPF) y en el marco de los programas de reconstrucción del MINVU. Otros mecanismos que se han utilizado son: • Franquicia Tributaria y subsidio para viviendas sociales nuevas (Renovación Ley 20.365) • Créditos verdes
	Medidas de mitigación relacionadas		-
	Gases y contaminantes climáticos afectados		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O.
	Metas (ECLP-NDC-PELP)		NDC: 52% en usos de ACS en hogares al 2050 (Stock total de viviendas). PELP: Se consideró un 7% de participación de sistemas solares térmicos (SST) para uso de agua caliente sanitaria en hogares al 2050.
Instituciones	Institución líder		MINVU
	Instituciones involucradas		MEN
Potencial de mitigación	Mitigación esperada [tCO₂eq]	2030	Nivel 1: 59.073 Nivel 2: 88.033
		2040	Nivel 1: 311.445 Nivel 2: 465.907
		2050	Nivel 1: 755.594 Nivel 2: 1.128.187
		2060	Nivel 1: 1.382.212 Nivel 2: 2.068.764
	Sinergias		OGUC
Información financiera	Costo medio de abatimiento [USD/tCO₂eq]		Nivel 1: -137
			Nivel 2: -137
	VAN CAPEX [MM USD]		Nivel 1: 205
			Nivel 2: 308

Elemento	Subelemento	Contenido
	VAN OPEX [MM USD]	Nivel 1: 343
		Nivel 2: 514
	Origen del financiamiento	MINVU
Riesgos y co-beneficios	Riesgos	• Riesgos sociales: Se debe garantizar que las ventajas de la instalación de SST sean accesibles para todos los propietarios, evitando desigualdades en la adopción. • Riesgos Económicos: Aunque hay ahorros a largo plazo, los costos iniciales de la instalación de SST pueden ser una barrera para algunos propietarios. • Riesgos Ambientales: La producción y eliminación de equipos solares térmicos pueden tener impactos ambientales si no se gestionan adecuadamente.
	Beneficios para la adaptación al cambio climático	• Reducción de la dependencia de combustibles fósiles y consecuente aumento de seguridad energética. • Disminución de la vulnerabilidad frente a eventos climáticos extremos. • Reducción de costos a largo plazo, reduciendo la vulnerabilidad de las familias.
	Co-beneficios	• Aumento de emisiones para producción de SST • Reducción de emisiones para generación de electricidad y uso de combustibles. • Aumento de renta disponible familiar producto de los ahorros energéticos • Aumento de demanda por bienes y servicios a raíz de ahorros en energía en la vivienda • Aumento de emisiones procedentes de fábricas • Beneficios a la Salud
Ejecución	Brechas	Brecha 1: financiamiento
	Facilitadores	Brecha 1: ampliación de subsidios, franquicia tributaria.
Seguimiento	Indicadores	• Cantidad de viviendas que implementan SST anual (implementación) • Reducción de demanda de energía anual (eficiencia)
Género	Enfoque de género	Los procesos de postulación actuales, incluidos los antecedentes del Registro Social de Hogares (RSH), no contemplan el uso directo de variables que ponderen el género. Esto podría ser un ítem que considerar hacia adelante para el MINVU como el MDS.

7.2 Medidas Indirectas o directas No-modeladas

Tabla 36: Medida (I3) Construcción de Infraestructura verde.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	
	Nombre	Construcción de Infraestructura verde.
	Tipo de medida de mitigación	Capacidad de captura
	Categoría de la medida	Técnico
	Fecha inicio implementación	Se debiera avanzar con los estudios sugeridos durante el período 2024-2025
Metas de mitigación	Sector afectado	-
	Subsector afectado	-
	Fuente emisora afectada	Varias
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	La ECLP establece metas para el concepto de “infraestructura ecológica” que puede ser una referencia: Meta 8.1: Al 2030, todas las ciudades y comunas con más de 100.000 habitantes cuentan con un Plan de Infraestructura Ecológica implementado, que estén vinculados a los IPT’S, normas, planes y programas de desarrollo urbano y comunal e intercomunal. Estos Planes promoverán la utilización de Soluciones basadas en la Naturaleza y la conectividad ecológica entre diferentes áreas verdes y de valor ambiental, tales como humedales urbanos. Meta 8.2: Al 2050, todas las ciudades y comunas con más de 50.000 habitantes cuentan con un Plan de Infraestructura Ecológica elaborado, que esté vinculado a los IPT’S, normas, planes y programas de desarrollo urbano y comunal. Estos Planes promoverán la utilización de Soluciones basadas en la Naturaleza y la conectividad ecológica entre diferentes áreas verdes y de valor ambiental. Meta 8.3: Al 2050, todos los IPT y planes de ordenamiento territorial incorporan y reconocen las estrategias de infraestructura Ecológica y soluciones basadas en la naturaleza como medida de adaptación y mitigación al cambio climático
Instituciones	Institución líder	MINVU
	Instituciones involucradas	MOP, Municipalidades, GOREs
	Actores sectoriales o locales involucrados	Comunidades
Descripción	Objetivo específico de la medida	Aumentar la captura de GEI ampliando la cobertura de infraestructura verde

Elemento	Subelemento	Contenido	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1:	Definición de términos de referencia de estudio de captura de GEI de arbolado urbano
		Año 2	Licitación estudio – Implementación estudio
		Año 3	Incorporación de resultados en modelos para la toma de decisiones
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	• Como acción prioritaria se debe desarrollar estudios específicos para cuantificar las capturas de GEI del arbolado urbano, considerando la vegetación y especies específicas (áreas verdes) por zonas del país. El proceso debe permitir generar información para incorporar los resultados en el modelo LEAP. • Se debe continuar fortaleciendo la implementación de áreas verdes e infraestructura verde a través de: modificación de instrumentos de planificación territorial, desarrollo de proyectos, postulación a financiamientos. Parece fundamental para acelerar este trabajo generar instancias de coordinación con MOP para grandes proyectos a nivel nacional. A su vez, se deben fortalecer las comunicaciones y apoyos a los municipios en la gestión de áreas verdes, para lo cual parece el apoyo de los GOREs	
	Instrumento	• Parques Urbanos MINVU	
Alcance	Periodo de implementación	2024-2025.	
	Alcance territorial	Nacional	
	Otros alcances	-	
Información financiera	Origen del financiamiento	MINVU, Fondos FIC	
	Costo de las acciones	\$150.000.000	
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Estudio de cuantificación de captura de GEI de Arbolado urbano licitado al año X.	
Género	Enfoque de género	No se identifica para la fase de las acciones propuestas.	

Tabla 37: Medida Aumento de consumo de biomasa con formas más eficientes

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	-
	Nombre	Aumento de consumo de biomasa con formas más eficientes
	Tipo de medida de mitigación	Nivel de actividad, tasa de emisión
	Categoría de la medida	Técnico

Elemento	Subelemento	Contenido	
	Fecha inicio implementación	la Ley de Biocombustibles Sólidos, entrará en vigor gradualmente en algunas comunas y define una puesta en marcha mayor para los pequeños CPB. Se espera aprobación de su reglamento el año 2024. Se espera que se inicie un año desde la entrada en vigencia del reglamento (2025) para Comunas saturadas o latentes por MP2,5, de Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén.	
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía	
	Subsector afectado	Residencial.	
	Fuente emisora afectada	Combustión de biomasa	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2, NH4, CH4	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	Leña seca: 100% a nivel urbano al 2030 y 100% a nivel nacional al 2050	
Instituciones	Institución líder	MEN	
	Instituciones involucradas	SEC; MINVU; MMA; Agencia SE; CONAF; Centros de procesamiento de biomasa (CPB); Comercializadores de biocombustibles sólidos (BCS); transportistas BCS; Instalador/mantenedor de estufas de leña y pellet.	
	Actores sectoriales o locales involucrados	MINAGRI, INFOR.	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Mejorar los estándares de uso de la biomasa a nivel residencial	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1:	2025 (1 año desde la entrada en vigencia ley 21.499): Comunas saturadas o latentes por MP2,5, de Ñuble, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén.
		Año 2	2027 (3 años desde entrada en vigencia de ley 21.499): Comunas saturadas o latentes por MP2,5, de O'Higgins y Maule.
		Año 3	2029 (5 años desde entrada en vigencia de ley 21.499): todo el país.
		Año 4	2031: para todas las zonas los pequeños productores tienen 2 años adicionales por lo que se espera que desde el año 2029, dos años adicionales para alcanzar la totalidad.
		Año 5	-
	Acciones concretas	Según ley 21.499: • Coordinación entre los programas de reacondicionamiento térmico de viviendas, recambio de artefactos residenciales e institucionales, las medidas de los planes de prevención y/o descontaminación atmosférica y otras políticas públicas relacionadas con la comercialización, la información y estadísticas relativas a ésta, y el uso de Biocombustibles sólidos. • Definición de Metas y objetivos a nivel nacional, regional o local, considerando plazos y gradualidad en su cumplimiento. • Fomento de técnicas y prácticas tradicionales y culturales de leña.	

Elemento	Subelemento	Contenido
	Instrumento	- Programa de Fomento de Centros Integrales de Biomasa (CIB) - Programa Leña Más Seca (LMS) - Sello Calidad de Leña (Agencia SE) Según ley 21.499: - Planes de acompañamiento a los pequeños/as productores y asociatividad entre estos - Fomento de la certificación de los Centros de Procesamiento de Biomasa y de la inscripción de los Centros de Procesamiento de Biomasa y Comercializadores.
Alcance	Periodo de implementación	2025-2031
	Alcance territorial	entre las regiones de O'Higgins y Aysén
	Otros alcances	-
Información financiera	Origen del financiamiento	MEN
	Costo de las acciones	Dependiente de asignación presupuestaria a los programas.
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Indicadores de progreso: - Proporción de ventas de leña certificada respecto al total anual. - Número de tecnologías de biomasa eficiente instaladas Indicadores de resultado: - Reducción de emisiones de CO2 - Ahorro energético - Muertes anuales por MP2.5 anual (co-beneficios salud)
Género	Enfoque de género	Se considerará en el diseño de programas de subsidios y en la divulgación de información técnica

Tabla 38: Medida Electrificación de calefacción

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	-
	Nombre	Electrificación de calefacción
	Tipo de medida de mitigación	Nivel de actividad
	Categoría de la medida	Técnico
	Fecha inicio implementación	Vigente desde 2011 (Inicio del programa de recambio de calefactores MMA). Por definir incrementos.
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía
	Subsector afectado	Residencial

Elemento	Subelemento	Contenido	
	Fuente emisora afectada	Uso de combustibles fósiles para calefacción	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	48%-56% viviendas (casas y departamentos) al 2050	
Instituciones	Institución líder	MMA	
	Instituciones involucradas	MEN, MINVU, Agencia SE, CDT, Instaladores, GOREs, SEMREMIs MA. Empresas de transmisión eléctrica	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Proveedores de tecnología de calefacción eléctrica, instaladores, usuarios residenciales, empresas eléctricas, consultoras especializadas en la postulación al programa de recambio de calefactores.	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Disminuir las emisiones de partículas provenientes de fuentes de calefacción a leña del sector residencial de ciudades con Plan de Descontaminación Atmosférica	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	-
		Año 2	-
		Año 3	-
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	- Coordinación entre los programas de reacondicionamiento térmico de viviendas, recambio de artefactos residenciales e institucionales, las medidas de los planes de prevención y/o descontaminación atmosférica y otras políticas públicas relacionadas con la comercialización, la información y estadísticas relativas a ésta, y el uso de Biocombustibles sólidos. - Fortalecer y definir metas para los programas de incentivos para la sustitución de sistemas de calefacción a base de combustibles fósiles por sistemas eléctricos. - Fortalecer el trabajo con el sector privado (empresas como ENEL presentan sus propios programas) - Difusión de información de los beneficios del programa de recambio de calefactores. - Implementar programas de capacitación para técnicos e instaladores de sistemas de calefacción eléctricos. - Fomentar la investigación e innovación en tecnologías de calefacción eléctrica (Agencia SE, CDT, ENEL, etc.)	
	Instrumento	Programas de recambio de calefactores (MMA): el programa de recambio de calefactores/cocinas contempla 2 componentes: - recambios de bienes; - Educación y capacitación a la población en cuanto a la problemática medio ambiental sobre calidad del aire (Capacitaciones/Cursos/Charlas/Pasantías).	
		Otros mecanismos complementarios que pueden ser relevantes son la Tarifa calefacción eléctrica rebajada (MEN).	
Alcance	Periodo de implementación	2025-2030 (según incrementos definidos por institución líder - MMA).	

Elemento	Subelemento	Contenido
	Alcance territorial	Ciudades con PDA vigentes o en elaboración 1 y que al menos el 20% de sus emisiones contaminantes se deben a la combustión de leña para calefacción. Habitantes de zonas que cuenten con un PDA vigente y en elaboración y donde el principal energético utilizado para calefacción corresponde a la leña, esto es, desde la región de O'Higgins hasta la región de Aysén
	Otros alcances	Enfocado en personas que habitan en las ciudades con mayor nivel de contaminación, que tienen un calefactor a leña y están dispuestos a cambiar su calefactor en el programa de recambio de calefactores.
Información financiera	Origen del financiamiento	MMA
	Costo de las acciones	Por definir, según incremento.
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	• Número de sistemas instalados/sustituídos al año • Población beneficiada anual • Porcentaje de ejecución presupuestaria anual • Tiempo promedio de entrega del beneficio (DIPRES) • Porcentaje de capacitaciones evaluadas con nota mayor a 5,0 (DIPRES) • Porcentaje emisiones estimadas de Material Particulado (MP) disminuido en el año (t) por el recambio de calefactores. (DIPRES) • Factor de emisión promedio del recambio de calefactores realizados por el programa (DIPRES) • ODS. 7.b Para 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios de energía modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo (DIPRES) • Reducción del consumo de combustibles fósiles para calefacción anuales • Porcentaje acumulado de reducción de emisiones anual • Tasa de cumplimiento del objetivo PDA para Zonas con PDA, y donde la combustión de leña aporta más del 90% a la contaminación atmosférica (Chillan, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique). Fuente: CSP-UCH (2019) • Efectividad del Programa en el mediano plazo, para Zonas con PDA donde la combustión de leña aporta más del 90% a la contaminación atmosférica (Chillan, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique). Fuente: CSP-UCH (2019).
Género	Enfoque de género	Se puede considerar en el diseño de programas de subsidios y en la divulgación de información técnica

Tabla 39: Medida Electrificación de cocción

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	-
	Nombre	Electrificación de cocción
	Tipo de medida de mitigación	Nivel de actividad
	Categoría de la medida	Técnico

Elemento	Subelemento	Contenido	
	Fecha inicio implementación	2024	
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía	
	Subsector afectado	Residencial	
	Fuente emisora afectada	Combustible de leña en cocinas	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	10%-14% de participación al 2050	
Instituciones	Institución líder	MMA	
	Instituciones involucradas	MEN, MINVU, Agencia SE, CDT, Instaladores, GOREs, SEMREMIs MA. Empresas de transmisión eléctrica	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Proveedores de tecnología de calefacción eléctrica, instaladores, usuarios residenciales, empresas eléctricas, consultoras especializadas en la postulación al programa de recambio de calefactores.	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Disminuir las emisiones de contaminantes producidos por la combustión de leña que experimentan los/as habitantes en las ciudades del centro y sur del país que cuenten con un PDA vigente y en elaboración. En el caso de esta medida, a la fecha el programa existente apunta al recambio de cocinas a leña por calefactores eléctricos.	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	2024-2025. Diseño de potencial instrumento.
		Año 2	2026. Pilotaje en zonas PDA
		Año 3	-
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	• A la fecha no existe un instrumento específico para esta medida, por tanto, se requiere diseñar y evaluar una potencial implementación por parte de la institución líder. Algunas medidas sugeridas para organizar este trabajo se sugieren en los siguientes puntos. • Coordinación entre los programas de reacondicionamiento térmico de viviendas, recambio de artefactos residenciales e institucionales, las medidas de los planes de prevención y/o descontaminación atmosférica y otras políticas públicas relacionadas con la comercialización, la información y estadísticas relativas a ésta, y el uso de Biocombustibles sólidos. • Fortalecimiento de subsidios para la adquisición e instalación de cocinas eléctricas, promoción de tecnologías eficientes • Capacitaciones a la comunidad • Implementar programas de capacitación para técnicos e instaladores de sistemas de cocción eléctricos. • Fomentar la investigación e innovación en tecnologías de cocción eléctrica. • Es posible explorar tarifas eléctricas rebajadas.	

Elemento	Subelemento	Contenido
	Instrumento	En específico no existe a la fecha un instrumento que permita realizar esto de manera directa por tanto debe diseñarse. Existe a la fecha el programa de recambio de calefactores/cocinas contempla recambios de bienes por calefactores eficientes.
Alcance	Periodo de implementación	2024-2026.
	Alcance territorial	Habitantes de zonas que cuenten con un PDA vigente y en elaboración y donde el principal energético utilizado para calefacción corresponde a la leña, esto es, desde la región de O'Higgins hasta la región de Aysén
	Otros alcances	-
Información financiera	Origen del financiamiento	MEN
	Costo de las acciones	Por definir.
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Indicadores de progreso: • Número de sistemas instalados/sustituídos al anuales • Población beneficiada anual • Porcentaje de ejecución presupuestaria anual • Tiempo promedio de entrega del beneficio (DIPRES) • Porcentaje de capacitaciones evaluadas con nota mayor a 5,0 (DIPRES) • Tasa de cumplimiento del objetivo PDA para Zonas con PDA, y donde la combustión de leña aporta más del 90% a la contaminación atmosférica (Chillan, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique). Fuente: CSP-UCH (2019) • Efectividad del Programa en el mediano plazo, para Zonas con PDA donde la combustión de leña aporta más del 90% a la contaminación atmosférica (Chillan, Temuco, Valdivia, Osorno y Coyhaique). Fuente: CSP-UCH (2019). Indicadores de resultado: • Porcentaje emisiones estimadas de Material Particulado (MP) disminuido en el año (t) por el recambio de calefactores. (DIPRES) • Factor de emisión promedio del recambio de calefactores realizados por el programa (DIPRES) • Reducción del consumo de combustibles fósiles para calefacción anuales • Porcentaje acumulado de reducción de emisiones anual • ODS. 7.b Para 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios de energía modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo (DIPRES)
Género	Enfoque de género	Consideración de necesidades específicas de género en el diseño e implementación de programas de subsidios; consideración en las campañas de información.

Tabla 40: Medida Electrificación de Agua Caliente Sanitaria
Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	-	
	Nombre	Electrificación de Agua Caliente Sanitaria (ACS)	
	Tipo de medida de mitigación	Nivel de actividad	
	Categoría de la medida	Técnico	
	Fecha inicio implementación	2024	
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía	
	Subsector afectado	Residencial	
	Fuente emisora afectada	Calefacción y Agua Caliente Sanitaria	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	17%-30% al 2050 (escenarios PELP).	
Instituciones	Institución líder	MEN	
	Instituciones involucradas	MINVU	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Empresas de servicios eléctricos, fabricantes de sistemas de ACS, instaladores, usuarios residenciales	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Sustituir progresivamente el uso de otras fuentes de energía para el ACS	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	2024-2025. Diseño de potencial instrumento.
		Año 2	2026. Pilotaje en zonas PDA
		Año 3	-
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	- Desarrollar programas de incentivos para la sustitución de sistemas de ACS a base de combustibles fósiles por sistemas eléctricos. - Subsidios para la adquisición e instalación de sistemas eléctricos de ACS, - Sistema de rebajas en la tarifa eléctrica. - Implementar programas de capacitación para técnicos e instaladores de sistemas de cocción eléctricos. - Fomentar la investigación e innovación en tecnologías de ACS eléctrica en el nivel residencial.	
	Instrumento	No existe a la fecha.	
Alcance	Periodo de implementación		

Elemento	Subelemento	Contenido
	Alcance territorial	Nacional
	Otros alcances	-
Información financiera	Origen del financiamiento	MEN
	Costo de las acciones	-
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	• Número de sistemas de ACS eléctricos instalados, • Emisiones de CO2 evitadas, • Ahorro energético
Género	Enfoque de género	Se puede considerar en el diseño de subsidios y divulgación de información

Tabla 41: Medida Calefacción geotérmica, bombas de calor, en Biobío, Temuco, Coyhaique y Valdivia

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	-
	Nombre	Calefacción geotérmica, Bombas de calor, en Biobío, Temuco, Coyhaique y Valdivia
	Tipo de medida de mitigación	Tasa de emisión, nivel de actividad
	Categoría de la medida	Técnico
	Fecha inicio implementación	2025 (pilotaje)
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía
	Subsector afectado	residencial
	Fuente emisora afectada	Combustibles fósiles para generación eléctrica / calefacción.
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	1%-6% al 2050 según escenarios PELP.
Instituciones	Institución líder	MEN
	Instituciones involucradas	SEC, MMA, MINVU, GOREs
	Actores sectoriales o locales involucrados	Academia

Elemento	Subelemento	Contenido	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Reducir el uso de combustibles fósiles a partir de la implementación de tecnologías basadas en geotermia.	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	2025 proyectos piloto
		Año 2	2026 Seguimiento proyecto.
		Año 3	-
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	Modificación Ley No 19.657 Sobre Concesiones de Energía Geotérmica, esta modificación incluye proyectos de aprovechamiento somero (pequeña escala). A partir de esto se requiere avanzar en: reglamento y alineación con OGUC; reglamento de seguridad; creación de instancia de fiscalización (SEC); creación del Registro Nacional de Aprovechamientos Someros. Se requiere además diseñar un sistema de incentivos de ser necesario, es posible que esta medida presente mayores retornos a conjuntos habitacionales. En el corto plazo se propone en avanzar en proyectos piloto que permitan previsualizar definiciones de los futuros reglamentos.	
	Instrumento	A la fecha sólo es posible avanzar en programas de pilotos de calefacción distrital	
Alcance	Periodo de implementación	Mediano y largo plazo	
	Alcance territorial	Biobío, Temuco, Coyhaique y Valdivia. Potencial aplicación nacional	
	Otros alcances	-	
Información financiera	Origen del financiamiento	MEN, FIC	
	Costo de las acciones	\$150.000.000	
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Número de pilotos aplicados al sector residencial	
Género	Enfoque de género	En esta etapa no se considera, sin embargo, en la medida que se avance en los reglamentos y la implementación, podría considerarse el enfoque de género en capacitación de expertas y comunidad.	

Tabla 42: Medida Etiquetado de Eficiencia Energética de Artefactos

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID	-
	Nombre	Etiquetado de Eficiencia Energética en Artefactos
	Tipo de medida de mitigación	Nivel de actividad, tasa de emisión

Elemento	Subelemento	Contenido	
	Categoría de la medida	Técnico, Normativo, educativo	
	Fecha inicio implementación		
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía	
	Subsector afectado	Residencial, comercial	
	Fuente emisora afectada	Consumo de energía eléctrica y gas	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2, CH4, N2O	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	Reducir el consumo de energía en el sector residencial y comercial en un 10% al año 2030.	
Instituciones	Institución líder	MEN	
	Instituciones involucradas	MINVU, MMA, SEC	
	Actores sectoriales o locales involucrados	importadores	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Mejorar la eficiencia energética de los artefactos de consumo residencial	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	2024: Desarrollar agenda conjunta con actores sectoriales para abordar las siguientes acciones: Evaluación de incorporación en programas MINVU; campañas de difusión del etiquetado; colaboración con otros actores; I+D; Incorporación en guías MINVU.
		Año 2	2025: Ejecución de agenda de trabajo.
		Año 3	2026: seguimiento.
		Año 4	-
		Año 5	-
	Acciones concretas	Establecimiento de estándares de eficiencia energética, etiquetado obligatorio, campañas de concientización. 1. Incorporación del etiquetado en la normativa/programas MINVU: Exigir la instalación de artefactos con altos niveles de eficiencia energética en las viviendas nuevas y proyectos de edificación pública. Esto aseguraría que desde el inicio, las nuevas construcciones sean energéticamente eficientes. Incluir el etiquetado como criterio de evaluación en los programas de subsidio habitacional. De esta manera, se incentivaría la compra de artefactos eficientes por parte de las familias beneficiadas. Desarrollar una norma técnica que establezca los requisitos mínimos de eficiencia energética para los artefactos que se instalen en las viviendas. Esta norma complementaría el etiquetado y aseguraría la calidad de los productos. 2. Difusión y educación: Realizar campañas de información y sensibilización sobre el etiquetado de eficiencia energética dirigidas a la población en general. Esto es fundamental para que los consumidores comprendan la importancia de la eficiencia energética y sepan cómo elegir artefactos eficientes. Incluir información sobre el etiquetado en los materiales	

Elemento	Subelemento	Contenido
		educativos y de capacitación que se entregan a los profesionales del sector construcción. De esta manera, se aseguraría que los arquitectos, ingenieros y constructores consideren la eficiencia energética en sus proyectos. Desarrollar herramientas digitales que permitan a los consumidores comparar la eficiencia energética de diferentes artefactos. Estas herramientas podrían incluir calculadoras de ahorro de energía y aplicaciones móviles. 3. Colaboración con otros actores: Trabajar en conjunto con el Ministerio de Energía (MINENERGIA) en la elaboración y actualización de la norma de etiquetado. El MINVU puede aportar su experiencia en materia de construcción y vivienda para asegurar que la norma sea efectiva y aplicable a la realidad del país. Colaborar con la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) en la fiscalización del cumplimiento de la norma de etiquetado. El MINVU puede realizar inspecciones en las viviendas y proyectos de edificación para verificar que se cumplan los requisitos de eficiencia energética. Establecer alianzas con gremios del sector construcción y comercial para promover el uso de artefactos eficientes. El MINVU puede trabajar con estos actores para desarrollar estrategias de marketing y promoción del etiquetado. 4. Investigación e innovación: Financiar estudios que permitan evaluar el impacto del etiquetado en el consumo de energía y las emisiones de GEI. Esta información es fundamental para mejorar la medida y asegurar su eficacia. Promover el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan mejorar la eficiencia energética de los artefactos. El MINVU puede apoyar a las empresas e instituciones que están trabajando en este ámbito. 5. Otras acciones: Incluir un apartado sobre el etiquetado de eficiencia energética en las Guías de Diseño y Construcción Sustentable del MINVU. Desarrollar un curso online sobre etiquetado de eficiencia energética para profesionales del sector construcción. Organizar talleres y seminarios para informar a la población sobre el etiquetado de eficiencia energética. Crear una sección específica sobre etiquetado en el sitio web del MINVU.
	Instrumento	Norma de Etiquetado Energético: Decreto Supremo N° 45/2012
Alcance	Periodo de implementación	2024-2030
	Alcance territorial	Nacional
	Otros alcances	-
Información financiera	Origen del financiamiento	MEN
	Costo de las acciones	-
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	• Porcentaje de artefactos vendidos con etiqueta verde. • Ahorro de energía anual atribuido al etiquetado. • Reducción de emisiones de GEI anual atribuida al etiquetado.
Género	Enfoque de género	Podría considerarse en los mecanismos de difusión propuestos.

Tabla 43: Medida Net Zero Buildings

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido	
Identificación	ID	-	
	Nombre	Net Zero Buildings	
	Tipo de medida de mitigación	Tasa de emisión	
	Categoría de la medida	Técnico, Normativo	
	Fecha inicio implementación	Fecha en que se espera que se ponga en marcha. Como mínimo debe ser constituida por un año específico.	
Metas de mitigación	Sector afectado	Energía	
	Subsector afectado	Residencial	
	Fuente emisora afectada	Emisiones edificios. Se entiende por Net Zero Building una edificación de consumo de energía neta cero, que durante su ciclo de vida (producción, construcción, operación, fin de vida útil), logra minimizar sus emisiones de carbono incorporado y compensar cualquier saldo carbono restante. Sin embargo, para efectos de la modelación LEAP aquí realizado, se considera Net Zero Building aquella vivienda que alcanza un 75% de ahorro de la demanda total, descontando el ahorro del estándar de construcción.	
	Gases y contaminantes climáticos afectados	CO2	
	Metas y objetivos de mitigación del PSM a la cual se asocia la medida	450.000 a 900.000 viviendas construidas con estándar net zero para el período 2041-2050 según escenarios de la PELP. Las metas de la PELP se modelan con LEAP, donde el concepto Net Zero Building se modela como una "vivienda que alcanza un 75% de ahorro de la demanda total, descontando el ahorro del estándar de construcción.	
Instituciones	Institución líder	MEN	
	Instituciones involucradas	MINVU	
	Actores sectoriales o locales involucrados	Municipios, CChC, AOA	
Descripción	Objetivo específico de la medida	Transformar el sector de la construcción para lograr edificaciones que, en su operación, no emitan más CO2 del que puedan compensar, contribuyendo así a alcanzar la neutralidad de carbono en el sector.	
	Velocidad de implementación de la medida (porcentaje anual)	Año 1	-
		Año 2	-
		Año 3	-
		Año 4	-
		Año 5	-

Elemento	Subelemento	Contenido
	Acciones concretas	• Establecer normas de construcción que defina los requisitos mínimos para que un edificio sea considerado Net Zero Building. • Desarrollar programas de capacitación para profesionales del sector construcción sobre cómo diseñar y construir edificios Net Zero Buildings. • Implementar programas de incentivos para la construcción de edificios Net Zero Buildings. • Crear una plataforma digital que centralice información sobre edificios Net Zero Buildings.
	Instrumento	• Norma de Edificación Net Zero Buildings • Programas de capacitación • Programas de incentivos • Plataforma digital
Alcance	Periodo de implementación	-
	Alcance territorial	Nacional
	Otros alcances	-
Información financiera	Origen del financiamiento	Institución o programa por medio de la cual se le asignaría recursos a la ejecución de esta medida de mitigación.
	Costo de las acciones	Indicar el costo estimado de la ejecución de las acciones concretas asociadas al sector.
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Porcentaje de edificios certificados como Net Zero Reducción de emisiones de CO2 asociadas al sector de la construcción Incremento en el uso de tecnologías renovables en edificaciones Ahorro de energía en edificios Net Zero Buildings
Género	Enfoque de género	Podría considerarse en períodos previos al proceso de implementación en la generación de capacidades para la implementación.

8 MEDIOS DE IMPLEMENTACIÓN

La LMCC define como medios de implementación *“acción, medida o proceso del ámbito institucional o normativo para el desarrollo y transferencia de tecnología, creación y fortalecimiento de capacidades y financiamiento, entre otros, que se requieran para la implementación de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático”*. A su vez, la Guía para la Elaboración de los Planes Sectoriales de Mitigación (DICTUC, 2022), para la definición de medidas asociadas a medios de implementación de los PSM, sugiere identificar **necesidades presentes y futuras** para la implementación de las medidas de mitigación. Como señala la guía, estas necesidades pueden provenir de **brechas y riesgos** identificadas en los análisis de las medidas y/o de los necesarios arreglos institucionales o aspectos metodológicos que se requieren para los PSM. En vista de los resultados modelados, respecto a posibles brechas, se relevan las consideraciones de la Guía PSM **“en caso de que las medidas consideradas no generen la disminución esperada por rezagos en su implementación o brechas no identificadas en su proceso de definición” se pueden generar medidas nuevas o bien “mejorar las existentes”** (DICTUC, 2022). Dadas las orientaciones de la guía, las limitaciones del estudio para considerar nuevas medidas, y la información disponible, los medios de implementación propuestos se orientarán a fortalecer las medidas existentes y a reducir las brechas y riesgos previamente identificadas para dichas medidas.

Las medidas definidas para el sector, muestran como brecha transversal problemas de financiamiento en distintos niveles. Esto a su vez, la brecha de financiamiento pone en relieve la necesidad de alcanzar **acuerdos institucionales** y un trabajo entre con los actores sectoriales, siendo el caso más crítico el rezago en la actualización de la reglamentación térmica de la OGUC.

Las brechas de financiamiento son determinantes de la ambición de las metas de la ECLP y los presupuestos de carbono. En términos globales, actores de la industria han sindicado, al igual que la experiencia internacional los costos de estándares más altos en las reglamentaciones térmicas. En el caso del reacondicionamiento térmico de viviendas o las medidas de sistemas solares térmicos, su alcance y ambición dependen en gran medida hoy de subsidios, sin embargo, se requiere explorar mecanismos de financiamiento alternativos. La experiencia internacional y nacional, si bien muestra que existen alternativas promisorias como el *crowdfunding* y los seguros de eficiencia energética en la Unión Europea, en términos generales los mecanismos predominantes son los subsidios, créditos blandos, franquicias tributarias y combinaciones similares (Economidou, 2019). Para el caso de la CEV, emerge como desafío reforzar el sistema completo en miras de la entrada en vigor de su obligatoriedad (1 año después de la aprobación de su reglamento, actualmente en trámite) tales como sistemas de información para la administración de datos (captura, revisión, estadísticas públicas, etc.), monitoreo y fiscalización, capacitaciones, etc.

Estas brechas se traducen para el sector en Chile, en la necesidad de generar **arreglos institucionales que permitan un ajuste los recursos públicos y/o aspectos tributarios y/o avances para la inclusión del sector financiero.**

En el caso de la medida para la actualización de la reglamentación térmica, se observa también a partir de la discusión y consulta pública³⁷, la necesidad de abordar las **resistencias que ha generado en algunos actores, las restricciones de diseño que supone algunas de las modificaciones propuestas**³⁸.

Finalmente, cabe destacar que las medidas propuestas se consideran necesarias de implementarse en el corto plazo, a lo largo del año en curso dado su impacto en el PSM. A estas medidas, se comprenderá que **este informe es un insumo para la elaboración del PSM, donde se han propuesto también recomendaciones en términos del trabajo intersectorial para el ajuste metodológico en términos de los supuestos, modelación, entre otros elementos.**

³⁷ <https://participacionciudadana.minvu.gob.cl/consultas-ciudadanas-virtuales/consulta-simplificada-modificaci%C3%B3n-la-oguc-para-actualizar-las-normas>

³⁸ <https://www.aoa.cl/aoa-colabora-y-participa-en-la-primera-edicion-de-la-fevent-2023/>

Tabla 44: Medida de medios de implementación de Mesa de Financiamiento del Sector Residencial.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	Nombre	Mesa de Financiamiento del Sector Residencial
	Tipo de medio de implementación	Lineamientos financieros.
	Fecha implementación	2024
Objetivo	Necesidad en que se enfoca	Necesidad financiera y de los arreglos institucionales necesarios para alinear las medidas con la ambición de las metas sectoriales.
	Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar	Esta medida busca sobrellevar los riesgos/brechas económicas de la implementación de las medidas sectoriales y los necesarios arreglos institucionales para lograrlo.
	Objetivo práctico	Cierre de la brecha económica de las medidas del sector.
Descripción	Acciones concretas	Mesa de trabajo de financiamiento de alto nivel (Ministerio de Hacienda, SII, MMA, MEN, MINVU, Banco Estado, etc.). El primer paso es lograr alcanzar los niveles de decisión políticos para lo cual se plantean las siguientes acciones específicas: -Envío de antecedentes a ministros, directores y niveles jerárquico superiores. -Convocatoria de mesa política y presentación de insumos técnicos -Definición de una agenda de corto-plazo (dentro de los plazos de actualización de los PSM)
	Medidas de mitigación relacionadas	Todas las medidas
	Otros medios de implementación relacionados	Esta medida se relaciona de manera directamente con la medida de medios de implementación de la Mesa Científico Técnica OGUC, dado que ambas medidas apuntan a agilizar entre otras la aprobación de la actualización de la reglamentación térmica de la OGUC que se ha visto cuestionada por elementos financieros y técnicos.
Alcance	Alcance temporal	Etapas de elaboración del PSM.
	Alcance territorial	Nacional
Instituciones	Institución líder	Ministerio de Hacienda
	Instituciones involucradas	SII, MINVU, Banco Estado, MMA, MEN.
Financiamiento	Costo implementación	La medida apunta principalmente a gestión y articulación de actores.
	Origen del financiamiento	-
	Instrumento por medio del cual se ejecutaría	-

Análisis cualitativo	Facilitadores	Se requiere que esta mesa esté liderada por los tomadores de decisión de las instituciones responsables del manejo de finanzas a nivel nacional. Además, para poder ampliar la base de financiamiento, se requiere poder contar con las instituciones involucradas con representantes de alto nivel.
	Brechas de ejecución	Las medidas sectoriales son de una envergadura económica relevantes para el presupuesto sectorial y nacional, por tanto, estas medidas compiten con otras prioridades. Para sobrellevar este ítem se sugiere presentar algunos antecedentes disponibles en este informe y otros adicionales tales como: • Compromisos internacionales y trayectoria de mitigación del sector • Costos y beneficios de las emisiones • Co-beneficios para la salud • Indicadores del alcance social y focalización de la medida
Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	• Aprobación de actualización de la reglamentación térmica (OGUC) • Aprobación de nuevos mecanismos de financiamiento sectoriales • Actualización de mecanismos de financiamiento sectoriales • Número de subsidios asignados programa de SST • Número de subsidios asignados para reacondicionamiento térmico • Porcentaje de incremento de financiamiento para SST respecto a valor promedio últimos 5 años • Porcentaje de incremento de financiamiento para reacondicionamiento térmico respecto a valor promedio últimos 5 años • Porcentaje de incremento de financiamiento para la CEV respecto a valor promedio últimos 5 años • Montos en UF de presupuesto asignado respecto al promedio de los últimos 5 años de los programas SST y RT

Tabla 45: Medida de medios de implementación de Mesa Científico-Técnica OGUC.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	Nombre	Mesa Científico Técnica OGUC
	Tipo de medio de implementación	Creación y fortalecimiento de capacidades.
	Fecha implementación	2024
Objetivo	Necesidad en que se enfoca	Crear capacidades para resolver las brechas técnicas en torno a la actualización de la reglamentación térmica en los aspectos más complejos de la consulta pública y el debate actual entre los actores.
	Barrera o riesgo que busca resolver/mitigar	Brechas técnicas, institucionales y legales para la aprobación de la actualización de la reglamentación térmica.
	Objetivo práctico	Generar propuestas alternativas técnicas viables y con aceptación amplia del ecosistema de actores sectoriales para la modificación de los aspectos más debatidos del proceso de actualización de la reglamentación térmica de la OGUC. Proveer evidencia científico técnica para respaldar las propuestas e impulsar su aceptación política (serán de especial relevancia las relaciones costo-beneficio, co-beneficios)
Descripción	Acciones concretas	Propuesta técnica de modificación de los aspectos más controversiales de la discusión de la actualización de la reglamentación térmica OGUC.
	Medidas de mitigación relacionadas	Actualización de la reglamentación térmica OGUC
	Otros medios de implementación relacionados	Esta medida se relaciona directo a la Mesa de Financiamiento propuesta como medio de implementación, dado que como se observa en la consulta pública de la actualización de la reglamentación térmica de la OGUC, uno de los ítems levantados fue el aumento de costos como una barrera de implementación, por tanto ambas permiten potencialmente destrabar el proceso. Tanto dicha medida como la de esta ficha conforman en su conjunto, mecanismos para agilizar la tramitación de la medida.
Alcance	Alcance temporal	Etapas de elaboración del PSM.
	Alcance territorial	Nacional
Instituciones	Institución líder	MINVU
	Instituciones involucradas	MOP, MINCIENCIA, CCHC, AOA, ADI, Colegio de Arquitectos, Academia, IDIEM, DICTUC, MEN.
Financiamiento	Costo implementación	La medida apunta principalmente a gestión y articulación de actores.
	Origen del financiamiento	-
	Instrumento por medio del cual se ejecutaría	-
Análisis cualitativo	Facilitadores	Será clave identificar liderazgos relevantes en el debate público que actualmente estén en contra de las modificaciones normativas propuestas. Se requiere a su vez, profesionales capaces de facilitar diálogos complejos más allá de los aspectos técnicos.
	Brechas de ejecución	-

Seguimiento	Indicadores para evaluar su cumplimiento	Aprobación de la actualización de la reglamentación térmica de la OGUC
-------------	--	--

9 MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN

La Guía para la elaboración de PSM (DICTUC, 2022), define el MRV como “*un instrumento para evaluar y hacer seguimiento de las medidas adoptadas para la mitigación de los efectos del cambio climático, su reporte a los organismos competentes y su posterior verificación*”. Otra definición más detallada (MMA, 2022) al respecto explicita que “*un sistema MRV de mitigación es un sistema que incorpora procesos de monitoreo, reporte y verificación orientados a la evaluación y seguimiento de la mitigación frente al cambio climático, y que permite establecer roles y responsabilidades de los distintos actores involucrados con las acciones de mitigación que aborda el propio sistema*”. Al desagregar los conceptos del MRV estos han sido definidos de la siguiente forma (MMA, 2022)³⁹:

- **Proceso de monitoreo:** *Se refiere al monitoreo o medición de datos e información acerca de emisiones y acciones de mitigación. El monitoreo se puede realizar a través de datos directamente medidos, recopilación de datos o estimaciones (cálculos) (WRI, 2016) Los indicadores pueden medir la **ejecución de la medida** (seguimiento del avance en su implementación) o pueden corresponder a **indicadores de sus resultados** (determinan si cumple o no los objetivos de reducción de emisiones y de otras metas definidas ex ante) (DICTUC, 2022).*
- **Proceso de reporte:** *compilación de la información monitoreada en formatos estandarizados para hacerla accesible a una variedad de usuarios y facilitar la divulgación pública de información (WRI, 2016). En el reporte se busca presentar un informe con la consolidación de los datos e información recopilada en la etapa de monitoreo de manera de realizar un seguimiento de los indicadores medidos, es decir, presentar la metodología de monitoreo, los **supuestos realizados, resultados obtenidos y conclusiones** (DICTUC, 2022).*
- **Proceso de verificación:** *someter periódicamente la información reportada a alguna forma de revisión o análisis o evaluación independiente para establecer su integridad y confiabilidad. La verificación ayuda a garantizar la precisión y el cumplimiento de los procedimientos establecidos y puede proporcionar una retroalimentación significativa para futuras mejoras (WRI, 2016). De esta forma, la etapa de verificación evalúa **el nivel de confianza de la información presentada** en la etapa de reporte, es decir, su relevancia, completitud, precisión, coherencia, transparencia y posibles errores (DICTUC, 2022).*

³⁹ El documento considera aportes de la Guía PSM (DICTUC, 2022) y la ECLP para estas definiciones.

9.1 Identificación y priorización de indicadores

Como se mencionó, la Guía para la elaboración de PSM (DICTUC, 2022), define dos tipos de indicadores de MRV de “progreso” y de “efectos o efectividad”⁴⁰. Mientras las medidas de mitigación utilizarían los dos tipos de indicadores, las medidas de medios de implementación se encuentran sólo relacionadas a indicadores de progreso. La clasificación por tipo y sub-tipo de indicadores se ha considerado relevante también para la priorización de medidas, donde **se ha optado por no considerar indicadores de efectividad que pueden tener relaciones más indirectas con el sector como son los Efectos no-GEI** como describe la tabla a continuación (DICTUC, 2022).

Tabla 46: Tipos de indicador de MRV

Fuente: (DICTUC, 2022).

Tipo Indicador	Subtipo Indicador	Definición
Indicadores de progreso de la implementación	Recursos	Indicadores destinados a hacer seguimiento del uso de recursos empleados en la implementación de una medida, tales como recursos financieros, humanos u otros recursos organizacionales.
	Actividad	Indicadores destinados a hacer seguimiento de las actividades administrativas involucradas en la implementación de una medida, tales como entrega de permisos, certificaciones, adquisiciones, fiscalizaciones, actividades sancionatorias, publicación de reglamentos, entre otras actividades administrativas.
Indicadores de efectividad	Efectos intermedios	Indicadores destinados a hacer seguimiento de cambios en conductas, tecnologías, procesos o prácticas que resulten de la implementación de una medida de mitigación.
	Efectos en GEI	Indicadores destinados a hacer el seguimiento a las variaciones de emisiones de GEI a consecuencia de la implementación de una medida de mitigación.
	Efectos no-GEI	Indicadores destinados a seguir variaciones relevantes en temáticas sociales, económicas o ambientales diferentes a las emisiones GEI.

En línea con las actividades para la definición del sistema de MRV propuesto en la Guía PSM (DICTUC, 2022), se presenta una tabla sintetizando los principales indicadores identificados de cada medida, clasificados según si son de progreso o efecto en base a los distintos insumos de la elaboración de cada medida de este informe.

Tabla 47: Indicadores de MRV de las medidas propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Medida	Indicadores	Tipo
	Cantidad de viviendas reacondicionadas por año	Progreso

⁴⁰ 1. **Indicadores de progreso:** Permiten hacer seguimiento al grado de avance en la implementación de una medida. Estos indicadores se relacionan de manera directa con la medida evaluada. Se distinguen dos tipos de indicadores en esta categoría: (a) los indicadores de recursos (input), (b) los indicadores de actividad.

2. **Indicadores de efectos:** Permiten medir el progreso de la medida en cuanto a alcanzar sus objetivos. En este caso, la relación entre la medida evaluada y los cambios en los indicadores de efecto no es una relación estrictamente directa, como ocurre en el caso de los indicadores de progreso. Esto sucede porque dependiendo de la medida que se evalúe, muchos otros factores podrían influenciar los cambios observados en los indicadores de efecto. En esta categoría se distinguen los indicadores de: (a) efectos intermedios, (b) indicadores de efectos en GEI, e (c) indicadores de efectos no-GEI.

Medida	Indicadores	Tipo
D1- Reacondicionamiento térmico en vivienda existente	Número de subsidios asignados por año	Progreso
	Montos en UF asignados por año	Progreso
	Reducción de demanda de energía anual (eficiencia)	Efecto
	Emisiones evitadas (MtCO2)	Efecto
	Ingreso disponible derivado de ahorro de energía	Efecto
	Muertes evitadas (co-beneficios)	Efecto
D2 - Actualización de reglamentación térmica (OGUC)	Nueva reglamentación térmica aprobada al año 2025.	Progreso
	Emisiones evitadas (MtCO2)	Efecto
	Reducción de demanda de energía anual (eficiencia)	Efecto
	Ingreso disponible derivado de ahorro de energía	Efecto
	Muertes evitadas (co-beneficios)	Efecto
D3- Calificación energética de viviendas (CEV)	Cantidad de viviendas certificadas al año según calificación	Progreso
	Emisiones evitadas (MtCO2)	Efecto
	Reducción de demanda de energía anual (eficiencia)	Efecto
	Ingreso disponible derivado de ahorro de energía	Efecto
	Muertes evitadas (co-beneficios)	Efecto
D4 - Instalación de sistemas solares térmicos (SST) para ACS	Montos en UF asignados por año	Progreso
	Cantidad de viviendas que implementan SST anual (implementación)	Progreso
	Reducción de demanda de energía anual (eficiencia)	Efecto
	Emisiones evitadas (MtCO2)	Efecto
	Ingreso disponible derivado de ahorro de energía	Efecto
	Muertes evitadas (co-beneficios)	Efecto

De la tabla anterior, con el objetivo de priorizar los esfuerzos y recursos necesarios para el MRV, se han considerado sólo aquellas medidas que tienen una relación directa en términos de efecto, excluyendo los indicadores asociados a co-beneficios de salud por muertes evitadas y los relacionados a aumento de ingreso disponible por ahorro de energía que se consideran de efecto indirecto o con posibles efectos rebote respectivamente. A su vez, se consideran todos los indicadores de progreso identificados ya que son indicadores vigentes y críticos a nivel sectorial.

Otras consideraciones

Para la medición de la efectividad, en específico para las reducciones de demanda de energía se sugiere monitorear el desempeño real de una muestra de viviendas considerando la zona térmica OGUC. Adicionalmente, se requiere como un indicador transversal contar con indicadores de viviendas nuevas por año.

9.2 Fichas de indicadores de MRV

9.2.1 Medida D1- Reacondicionamiento térmico en vivienda existente

Para la medida de Reacondicionamiento térmicos de vivienda existente se han definido fichas para tres indicadores de progreso: Cantidad de viviendas reacondicionadas térmicamente por año, Cantidad de subsidios de reacondicionamiento térmico entregados por año, Dinero asignado para subsidios de reacondicionamiento térmico entregados por año. Respecto a los indicadores de efectividad se describe los indicadores: Reducción en la demanda de energía por reacondicionamiento térmico de viviendas, Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por reacondicionamiento térmico de viviendas.

Tabla 48: Ficha indicador D1_MINVU_CantVivRT.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D1_MINVU_CantVivRT
	Nombre Indicador	Cantidad de viviendas reacondicionadas térmicamente por año
	Medidas asociadas (ID Medida)	D1-Reacondicionamiento térmicos de vivienda existente
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Cantidad de viviendas reacondicionadas térmicamente por año.
	Metodología de cálculo	Suma de cantidad de viviendas (por región o zona) reacondicionadas térmicamente por año, agregadas de los 12 meses del año.
	Datos requeridos	Datos anuales desagregados por región de los registros MINVU de viviendas con proceso de reacondicionamiento aprobado.
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	Datos MINVU: 17.399 viviendas al año (valor promedio 2012-2022) / Modelo LEAP escenario Base: 10.000 viviendas al año
	Valor objetivo	ECLP: 36.000 al año (Meta ECLP) / Modelo LEAP: Nivel 1: 20.000 - Nivel 2: 30.000
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 49: Ficha indicador D1_MINVU_CantSubsRT.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D1_MINVU_CantSubsRT
	Nombre Indicador	Cantidad de subsidios de reacondicionamiento térmico entregados por año
	Medidas asociadas (ID Medida)	D1-Reacondicionamiento térmicos de vivienda existente
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad

Elemento	Subelemento	Contenido
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Cantidad de subsidios para reacondicionamiento térmico por año.
	Metodología de cálculo	Suma de cantidad subsidios de viviendas (por región o zona) para reacondicionamiento térmico asignados, agregadas de los 12 meses del año.
	Datos requeridos	Datos anuales desagregados por región de los registros MINVU de viviendas con proceso de reacondicionamiento aprobado.
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	Modelo escenario Base: 10.000 al año
	Valor objetivo	Modelo LEAP: Nivel 1: 20.000 - Nivel 2: 30.000 al año
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 50: Ficha indicador D1_MINVU_DineroSubsRT.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D1_MINVU_DineroSubsRT
	Nombre Indicador	Dinero asignado para subsidios de reacondicionamiento térmico entregados por año
	Medidas asociadas (ID Medida)	D1-Reacondicionamiento térmicos de vivienda existente
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Recursos
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Unidades de Fomento al año
	Metodología de cálculo	Suma de montos de subsidios de reacondicionamiento térmico de viviendas (por región o zona) en Unidades de Fomento agregadas de los 12 meses del año.
	Datos requeridos	Datos anuales desagregados por región de los registros MINVU de viviendas con proceso de reacondicionamiento aprobado.
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	2.020.000 UF/año (Nivel 1 modelado)
	Valor objetivo	4.040.000 UF (Nivel 2 modelado, asimilable a meta de la ECLP 2030)
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 51: Ficha indicador D1_MEN_ReducDemandaEnerRT.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D1_MEN_ReducDemandaEnerRT
	Nombre Indicador	Reducción en la demanda de energía por reacondicionamiento térmico de viviendas

Elemento	Subelemento	Contenido
	Medidas asociadas (ID Medida)	D1-Reacondicionamiento térmico de viviendas existentes
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Tcal / año
	Metodología de cálculo	Demanda de energía reducida = (Demanda original - Demanda final) x Número de viviendas reacondicionada. Esto debiera realizarse por zona térmica. ⁴¹
	Datos requeridos	• Demanda de energía reducida por vivienda según zona térmica. • Número de viviendas reacondicionadas.
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Reducción de demanda Modelo LEAP 2030: Nivel 1: 49 Tcal / año. Nivel 2: 98 Tcal / año
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

⁴¹ Para la demanda original que se describe la metodología de cálculo debe contarse con las trayectorias históricas para estimar un valor promedio para cada zona térmica. También podría asimilarse valores modelados ex ante. Para ello, la demanda de energía se calcula como el producto entre el nivel de actividad y la intensidad energética. El nivel de actividad corresponde a los m² de viviendas construidas y declaradas en la base de datos del SII para cada una de las regiones. La reducción se estima como la diferencia entre la demanda de energía del escenario base menos la demanda de energía con medida implementada. Obteniendo un promedio anual hasta el año objetivo. Para eso se necesita principalmente los siguientes datos:

- Balance nacional de Energía (BNE), el cual introduce un panorama general de cuánta energía se produce y consume en nuestro territorio a lo largo de un año. Además, se considera el crecimiento demográfico y cómo los avances tecnológicos cambian cómo usamos energía en nuestros hogares.
- Trayectoria económica (PIB), donde es la suma total del valor de los bienes y servicios que producimos internamente en un periodo definido, eliminando cualquier duplicación. Este valor nos proporciona una medida cuantitativa del rendimiento económico de nuestro país.
- LEAP (Low Emissions Analysis Platform), es un software que se emplea para planificar energéticamente y para evaluar cómo nuestras decisiones en políticas energéticas y tecnológicas pueden ayudar a reducir las emisiones de gases contaminantes.
- Datos del crecimiento poblacional nacional y uso de tecnologías en los hogares actualizado.

Tabla 52: Ficha indicador D1_MMA_EmisionesRT.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D1_MMA_EmisionesRT
	Nombre Indicador	D1-Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por reacondicionamiento térmico de viviendas
	Medidas asociadas (ID Medida)	Reacondicionamiento térmico de viviendas existentes
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	TCO2 eq
	Metodología de cálculo	Reducciones esperadas = Reducciones individuales (por hogar o m2) x Número de viviendas reacondicionadas. Este indicador podría realizarse por zona.
	Datos requeridos	- Número de viviendas reacondicionada - Reducción estimada de emisiones de vivienda individual por zona térmica
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Emisiones acumuladas Modelo LEAP 2030: Modelo LEAP: Nivel 1: 14.525 tCO ₂ eq Nivel 2: 28.490 tCO ₂ eq
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

9.2.2 Medida D2 - Actualización de reglamentación térmica (OGUC)

Actualización de la Reglamentación Térmica (OGUC) se define como indicador de progreso un indicador dicotómico de “Actualización de la reglamentación térmica aprobada”. Los indicadores de efectividad propuestos son: Reducción en la demanda de energía por actualización de la reglamentación térmica; Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por Actualización de la Reglamentación Térmica.

Tabla 53: Ficha indicador D2_MINVU_ActualizaOGUC.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D2_MINVU_ActualizaOGUC
	Nombre Indicador	Actualización de la reglamentación térmica aprobada
	Medidas asociadas (ID Medida)	D2-Actualización de la Reglamentación Térmica (OGUC)
	Tipo de indicador	Indicador de progreso

Elemento	Subelemento	Contenido
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	No se requieren recursos adicionales para MRV.
	Valorización recursos [USD/año]	No aplica
Método de medición	Unidad de medición	Dicotómica (aprueba / no-aprueba)
	Metodología de cálculo	No requiere cálculo, variable dicotómica: aprueba, no-aprueba
	Datos requeridos	No requiere datos específicos, su actualización está dada por las metas propuestas en la ECLP (2025, 2035)
	Frecuencia de medición (Meses)	No aplica
Valores objetivos	Valor línea base	Actualización de la reglamentación térmica No aprobada
	Valor objetivo	Actualización de la reglamentación térmica aprobada
	Plazo valor objetivo (Año)	2025

Tabla 54: Ficha indicador D2_MEN_DemandaEnerOGUC.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D2_MEN_DemandaEnerOGUC
	Nombre Indicador	Reducción en la demanda de energía por actualización de la reglamentación térmica
	Medidas asociadas (ID Medida)	D2-Actualización de la Reglamentación Térmica
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Tcal/año
	Metodología de cálculo	$\text{Demanda de energía reducida} = (\text{Demanda promedio de vivienda pre OGUC por zona térmica} - \text{Demanda final}) \times \text{Número de viviendas nuevas post OGUC}$
	Datos requeridos	- Demanda de energía reducida por vivienda según zona térmica - Número de viviendas nuevas
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Reducción de demanda Modelo LEAP 2040: Modelo LEAP: Nivel 1: 1083 Tcal / año Nivel 2: 1089 Tcal / año
	Plazo valor objetivo (Año)	2040

Tabla 55: Ficha indicador D2_MMA_EmisionesOGUC.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D2_MMA_EmisionesOGUC
	Nombre Indicador	Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por Actualización de la Reglamentación Térmica
	Medidas asociadas (ID Medida)	D2-Actualización de la Reglamentación Térmica
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	TCO2 eq
	Metodología de cálculo	Emisiones evitadas = (Emisiones promedio de vivienda pre modificación OGUC por zona térmica - Emisiones finales) x Número de viviendas nuevas post OGUC
	Datos requeridos	• Valores emisiones por vivienda por zona térmica pre-modificación OGUC • Emisiones finales de vivienda por zona térmica • Cantidad de viviendas nuevas
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Emisiones acumuladas Modelo LEAP 2040: Modelo LEAP: 2.896.507 tCO2 eq Nivel 2: 2.927.253 tCO2 eq
	Plazo valor objetivo (Año)	2040

9.2.3 Medida D3- Calificación energética de viviendas (CEV)

Para la medida de Calificación energética voluntaria de viviendas se define como indicador de progreso la “Cantidad de viviendas con calificación energética de vivienda voluntaria al año”. Como indicadores de efectividad se presentan: Reducción en la demanda de energía por calificación energética de vivienda; Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por calificación energética voluntaria de viviendas.

Tabla 56: Ficha indicador D3_MINVU_CantVivCEVvoluntarias.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D3_MINVU_CantVivCEVvoluntarias
	Nombre Indicador	Cantidad de viviendas con calificación energética de vivienda voluntaria al año según calificación
	Medidas asociadas (ID Medida)	D3-Calificación energética voluntaria de viviendas
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Número de viviendas calificadas energéticamente de manera voluntaria al año (stock anterior al año 2023).
	Metodología de cálculo	Registros MINVU de calificaciones energéticas aprobadas. En este caso, parece necesario considerar el descriptor que diferencie aquellas que entran de manera voluntaria (viviendas existente) y aquellas que deben calificarse de forma obligatoria (viviendas nuevas un año a partir de la aprobación del reglamento de CEV obligatorio).
	Datos requeridos	Registros MINVU
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	Nivel 1: se considera que 1.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E) realizan mejoras en su vivienda y se califican voluntariamente anualmente en forma voluntaria.
	Valor objetivo	Nivel 2: 2.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E) Nivel 3: 4.000 viviendas existentes al año (con una calificación energética equivalente a E)
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 57: Ficha indicador D3_MEN_DemandaEnerCEV.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D3_MEN_DemandaEnerCEV
	Nombre Indicador	Reducción en la demanda de energía por calificación energética de vivienda
	Medidas asociadas (ID Medida)	D3-Calificación energética voluntaria de viviendas
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad

Elemento	Subelemento	Contenido
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Tcal/año
	Metodología de cálculo	Demanda de energía reducida = (Demanda original - Demanda final) x Número de viviendas certificadas
	Datos requeridos	• Demanda reducida por zona térmica • Número de viviendas certificadas por zona térmica según nivel de certificación
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Reducción de demanda Modelo LEAP 2030: Modelo Nivel 1: 8 Tcal / año Nivel 2: 27 Tcal / año
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 58: Ficha indicador D3_MMA_EmisionesCEV.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D3_MMA_EmisionesCEV
	Nombre Indicador	Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por calificación energética voluntaria de viviendas
	Medidas asociadas (ID Medida)	D3-Calificación energética voluntaria de viviendas
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	tCO2 eq
	Metodología de cálculo	Reducciones esperadas = Reducciones individuales (por hogar o m2) x Número de viviendas certificadas. Este indicador podría realizarse por zona.
	Datos requeridos	Reducciones viviendas individuales por zona térmica Número de viviendas certificadas por categoría y por zona térmica
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Emisiones acumuladas Modelo LEAP 2030: Modelo LEAP Nivel 2: 3.803 tCO2 eq Nivel 3: 12.018 tCO2 eq Meta ECLP: 14.800 tCO2 eq
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

9.2.4 Medida D4 - Instalación de sistemas solares térmicos (SST) para ACS

Para la medida de Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS) se proponen como indicadores de progreso: Cantidad de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria entregados al año; Dinero asignado para sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria al año. Como indicadores de efectividad se proponen: Reducción en la demanda de energía por fomento de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria; Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por implementación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria en viviendas.

Tabla 59: Ficha indicador D4_MINVU_CantidadSS.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D4_MINVU_CantidadSST
	Nombre Indicador	Cantidad de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria entregados al año
	Medidas asociadas (ID Medida)	D4-Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Actividad
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Número de SST para ACS al año
	Metodología de cálculo	Suma de cantidad de viviendas (por región o zona) con SST entregados para período de un año.
	Datos requeridos	Registros MINVU de entrega de subsidios para SST
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	No se considera instalación de SST
	Valor objetivo	Nivel 1: en este nivel se instalan 8.000 nuevos sistemas solares térmicos para agua caliente sanitario cada año a partir del año 2024. Nivel 2: en este nivel se instalan 12.000 nuevos sistemas solares térmicos para agua caliente sanitario cada año a partir del año 2024.
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 60: Ficha indicador D4_MINVU_MontosSST.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D4_MINVU_MontosSST
	Nombre Indicador	Dinero asignado para sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria al año
	Medidas asociadas (ID Medida)	D4-Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Elemento	Subelemento	Contenido
	Tipo de indicador	Indicador de progreso
	Subtipo de indicador	Recursos
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Unidades de fomento anuales entregadas para SST
	Metodología de cálculo	Suma de valores en Unidades de Fomento asignadas por viviendas (por región o zona) para instalación de SST anuales.
	Datos requeridos	Registros MINVU de entrega de subsidios para SST
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	
	Valor objetivo	Nivel 1: 365.301 UF año Nivel 2: 547.952 UF año
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 61: Ficha indicador D4_MEN_DemandaEnerSST.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D4_MEN_DemandaEnerSST
	Nombre Indicador	Reducción en la demanda de energía por fomento de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria
	Medidas asociadas (ID Medida)	D4-Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	Tcal/año
	Metodología de cálculo	Demanda de energía reducida = (Demanda original - Demanda final) x Número de viviendas con SST
	Datos requeridos	- Demanda de energía reducida por vivienda por zona térmica - Número de viviendas con SST
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Reducción demanda Modelo LEAP 2030: Nivel 1: -7 Tcal / año Nivel 2: -10 Tcal / año
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

Tabla 62: Ficha indicador D4_MMA_EmisionesSST.

Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Subelemento	Contenido
Identificación	ID Indicador	D4_MMA_EmisionesSST
	Nombre Indicador	Emisiones GEI directas acumuladas evitadas por implementación de sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria en viviendas
	Medidas asociadas (ID Medida)	D4-Fomento al uso de energía solar para el Agua Caliente Sanitaria (ACS)
	Tipo de indicador	Indicador de efectividad
	Subtipo de indicador	Efecto en GEI
	Recursos necesarios para MRV	Por definir
	Valorización recursos [USD/año]	Por definir
Método de medición	Unidad de medición	TCO2 eq
	Metodología de cálculo	Reducciones esperadas = Reducciones individuales (por hogar o m2) x Número de viviendas con SST instalados. Este indicador podría realizarse por zona.
	Datos requeridos	• Reducciones individuales por zona térmica • Número de viviendas con SST instalados
	Frecuencia de medición (Meses)	12
Valores objetivos	Valor línea base	0
	Valor objetivo	Emisiones acumuladas 2030 Modelo LEAP: Nivel 1: 59.073 tCO ₂ eq Nivel 2: 88.033 tCO ₂ eq Meta ECLP:107.600 tCO ₂ eq
	Plazo valor objetivo (Año)	2030

10 CONCLUSIONES

Respecto al potencial de las medidas de mitigación para las medidas de responsabilidad directa de MINVU:

Las reducciones modeladas en los escenarios son mayores a las presupuestadas para MINVU en los presupuestos oficiales. Sin embargo, es de suma importancia mencionar que esto se debe exclusivamente al hecho de considerar la Actualización de la Reglamentación Térmica al 2025 como una medida y no como parte de la línea base. Ciertamente es este cambio metodológico el único elemento que permite que se sobrepasen las reducciones directas esperadas. Las medidas restantes presentan reducciones en sus aportes esperados por retrasos en su implementación y reducciones en el nivel de ambición de las medidas.

La reducción esperada para el periodo 2020-2030 para el conjunto de medidas consideradas para el desarrollo de los presupuestos sectoriales fue de 254.000 tCO₂ eq. Alcanzar y mantener la ambición propuesta en estas metas supone al menos aumentar la velocidad de implementación de medidas, aumentar el flujo financiero y opciones de financiamiento, y mejoras en la coordinación intersectorial.

Para la medida de **reacondicionamiento térmico de viviendas existentes**, el hecho de iniciar la medida en 2026, genera reducciones acumuladas al 2030 de 14.525 tCO₂ eq en nivel 1 y de 28.460 tCO₂ eq en el nivel 2, que representan 10% y un 21% de los valores de reducción de emisiones esperados para esta medida evaluada para los presupuestos de la ECLP (se estimó una reducción de 132.000 tCO₂ iniciando en 2023).

Para la medida de la **Calificación Energética de Vivienda (CEV)**, para la asignación de presupuestos de ECLP se consideró un potencial impacto de reducción de la medida de 14.800 tCO₂ eq durante el periodo 2020-2030. Tanto para el nivel 1 como el nivel 2, la medida muestra estar por debajo de lo esperado. Para alcanzar valores similares a los considerados en la ECLP se requerirá aumentar la ambición y considerar la implementación de esta medida en al menos el nivel 3. De implementarse el nivel 3 las reducciones esperadas al 2030 serán 19% menores a las esperadas por la ECLP.

Para la medida de **sistemas solares térmicos (SST)** para agua caliente sanitaria (ACS), la asignación de presupuestos de ECLP se consideró un potencial impacto de reducción de la medida de 107.600 tCO₂ eq durante el periodo 2020-2030. En el nivel de mayor ambición la reducción esperada al 2030 llega a 84.800 tCO₂ eq, un valor 20% menor al esperado en la ECLP.

Para la medida de **actualización de la reglamentación térmica (OGUC)** la reducción acumulada al 2030 es de 457.000 tCO₂eq según las modelaciones desarrolladas para ambos niveles. Como parte del objetivo de lograr edificaciones nuevas eficientes y reacondicionar las edificaciones existentes para aumentar su eficiencia energética, la ECLP se considera como meta contar al 2025 con una nueva versión de la Reglamentación Térmica. Sin embargo, al revisar los presupuestos sectoriales de la ECLP no se cuantifican los ahorros asociados a esta medida al 2030, ya que esta medida fue considerada en el Escenario de Referencia (Línea Base).

Dado lo anterior, es importante mencionar que:

1. Aumentar el nivel de ambición de las medidas para aumentar la mitigación de cada una de estas
2. Adelantar su implementación reduciendo al menor tiempo posible
3. Incluir nuevas medidas que permitan alcanzar el presupuesto sectorial;
4. Acordar con contrapartes interministeriales una línea base de consenso.

Relación costo/beneficio de las medidas:

A excepción de la medida de SST al analizar la relación costo-beneficio (sin considerar los co-beneficios) de las medidas, estas muestran que los costos son mayores a los beneficios. Al incorporar los co-beneficios se puede observar un efecto importante haciendo costo efectivas todas las medidas a excepción de la de reacondicionamiento térmico de viviendas existentes.

- La relación costo-beneficio de la medida de reacondicionamiento térmico es de 3,76 sin co-beneficios, al incorporar esta variable en el cálculo, la relación se reduce en casi un 75% alcanzando una relación de 1,24.
- En el caso de la actualización de la reglamentación térmica (OGUC), al incluir los co-beneficios en la evaluación, hace que esta medida pase a ser costo efectivo, pasando de una relación costo beneficio de 2,09 hasta 0,76.
- La relación costo-beneficio de la CEV es de 1,56 sin co-beneficios, al incorporar esta variable al cálculo, la relación cambia a 0,57.
- La medida de SST en cualquiera de sus niveles es una medida costo efectiva, es decir, los beneficios obtenidos a través de su implementación son mayores que los costos incurridos. Lo anterior se refleja en la razón costo/beneficio menor a 1, o en el costo de abatimiento negativo. Esta medida muestra una relación costo-beneficio de 0,64 sin co-beneficios y de 0,59 al incluirlos en el cálculo.

De lo anterior se desprende la necesidad de incluir los cobeneficios en la evaluación de las medidas de mitigación del sector residencial. Si bien muchas de las medidas de mitigación del sector tienen impactos acotados en la reducción de emisiones de GEI, los efectos en la reducción de emisión de contaminantes locales es significativa. Esto tiene efectos significativos sobre la salud de las personas, valores que son capturados al incluir los cobeneficios asociados a la salud.

Sobre las acciones e instrumentos para implementar las medidas de mitigación:

- Las medidas definidas para el sector, muestran como brecha transversal **problemas de financiamiento en distintos niveles que son determinantes del nivel de ambición.**

Esto a su vez, la brecha de financiamiento pone en relieve la necesidad de alcanzar **acuerdos institucionales** y un trabajo entre con los actores sectoriales, siendo el caso más crítico el rezago en la actualización de la reglamentación térmica de la OGUC.

- A su vez, y cómo es posible notar, **la postergación del inicio de las medidas de mitigación tiene efectos significativos sobre las reducciones de emisión al 2030** y a su contribución al cumplimiento del presupuesto sectorial.
- En miras del trabajo de actualización del PSM se han propuesto en esa línea dos medidas que apuntan a abordar la brecha de financiamiento y los acuerdos multi-actor.

Otras recomendaciones para el proceso de elaboración del PSM:

Según la experiencia internacional revisada parece necesario, poder **tener una mirada integrada entre la normativa de vivienda y otras medidas como pueden ser los artefactos utilizados para calefacción, cocción, etc.** Poder tener una integración de estas variables podría, por ejemplo, ser un mecanismo para destrabar discusiones actuales como las que existen respecto a la actualización de la OGUC y el porcentaje de ventanas de la envolvente térmica entregando mayor flexibilidad a los desarrolladores al poner el acento en el resultado más que en el mecanismo. Estas barreras económicas que experimentan también los países analizados debieran también contar con un esquema de incentivos económicos que requieren de un trabajo con los actores públicos encargados de la recaudación, donde debieran analizarse en profundidad exenciones tributarias que podrían abordar incorporación de prácticas sustentables en la vivienda, acceso a materiales para mejorar la envolvente térmica, etc.

Existe también una necesidad de unificar algunos elementos dentro de los instrumentos existentes, así como en los modelos que se utilizan. Por ejemplo, se observan dichas brechas entre las metas propuestas para el sector residencial de la ECLP y la PELP, así como en las medidas que se asumen son del sector residencial en cada uno. Esto se traduce también en discrepancias respecto a los esfuerzos necesarios para alcanzar su cumplimiento en el sector residencial. Entre los desafíos de los modelos parece clave al menos contar con una definición intersectorial de las **líneas base** para tener una política de mitigación alineada en los distintos sectores.

Otros desafíos de articulación pendientes son los **supuestos en la implementación** (peso efectivo de la implementación de la ley de CC, como por ejemplo, la no obligatoriedad de metas para los privados), las metas y fechas asociadas de las medidas, o la necesaria actualización de los modelos. En la discusión se busca armonizar objetivos de eficiencia energética, el confort térmico, la calidad del aire, los co-beneficios, los objetivos de la política social y de acceso a la vivienda articulando la política intersectorial. Para el caso chileno, se vuelve clave para enfrentar estos desafíos, fortalecer la toma de decisiones basadas en ciencia, profundizando la investigación entre habitabilidad y el consumo energético de la vivienda.

En términos de las proyecciones de GEI, los resultados históricos, así como los obtenidos a partir del modelo para el periodo 2020-2030 arrojan diferencias promedio de 9% mayores a las proyecciones realizadas para la distribución de presupuestos sectoriales de la ECLP. Las diferencias se explican por diversas razones, entre las cuales destacan: (i) variaciones en las series de drivers principales afectadas (ii) cambios metodológicos en la proyección de la demanda energética del sector; (iii) cambios metodológicos en la cuantificación de la demanda energética sectorial de los balances nacionales de energía (iv) los efectos de la pandemia del COVID-19 que tuvieron efectos significativos sobre la demanda energética y las emisiones de GEI del sector. En (Rojas, y otros, 2022) se identificaron aumentos moderados en las emisiones por calefacción de entre 1-6%, mientras que las emisiones del consumo de electricidad y gas para usos distintos a la calefacción aumentaron entre un 8-23%.

Respecto a las medidas indirectas las medidas indirectas en las que MINVU participa en los presupuestos y otras medidas no modeladas:

A la fecha parte de las medidas propuestas en la PELP y que deben ser evaluadas carecen de instrumentos concretos para avanzar en el corto plazo. Entre estas se encuentra la electrificación de ACS; la calefacción geotérmica en la cual la Modificación Ley No 19.657 Sobre Concesiones de Energía Geotérmica se encuentra en proceso y la hace viable; y el estándar Net Zero Building cuyo horizonte apunta al 2041-2050 y el cual dependerá de la agilidad de los procesos de actualización de la OGUC. Se deberá evaluar en el proceso de actualización del PSM de Energía los niveles de ambición de las medidas con programas vigentes. Finalmente, se recomienda de manera preliminar avanzar en investigaciones que permitan cuantificar potenciales reducciones de GEI en infraestructura verde en específico en arbolado urbano y parques MINVU.

11 BIBLIOGRAFÍA

- affärsutveckling, I. B. (s.f.). *Management inom hållbarhet [Circular Business Development - Sustainability Management]*. Obtenido de <https://www.ihm.se/utbildningar/management/cirkular-affarsutveckling/>
- Arcipowska, A., Anagnostopoulos, F., Mariottini, F., & Kunkel, S. (2014). Energy performance certificates across the EU. *A mapping of national approaches*, 60.
- Australia., G. o. (2022). *Australia's nationally determined contribution under the Paris Agreement: June 2022 update. United Nations Framework Convention on Climate Change*. Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Australias%20NDC%20June%202022%20Update%20%283%29.pdf>
- Australia., C. o. (2015). *National Climate Resilience and Adaptation Strategy. Department of the Environment and Energy*. Obtenido de <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-climate-resilience-and-adaptation-strategy.pdf>
- Bowen, C. (2022). *\$500m to establish Powering Australia Technology Fund through the CEFC. Minister for Climate Change and Energy Efficiency*. Obtenido de <https://minister.dcceew.gov.au/bowen/media-releases/500m-establish-powering-australia-technology-fund-through-cefc>
- Braubach, M., Jacobs, D. E., & Ormandy, D. (2011). *Environmental burden of disease associated with inadequate housing: A method guide to the quantification of health effects of selected housing risks in the WHO European Region*. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- Buildings Performance Institute Europe (2010) *Energy Performance Certificates across Europe – From design to implementation*
- CA EPBD (2011) *The price of energy performance certificates*
- Canada., E. a. (s.f.). *Pan-Canadian framework on clean growth and climate change. Government of Canada*. Obtenido de <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/pan-canadian-framework.html>
- Canada., N. R. (s.f.). *Joint call for proposals. Government of Canada*. Obtenido de <https://natural-resources.canada.ca/careers/joint-call-for-proposals/23143>
- DG Energy (2014) *Financing the energy renovation of buildings with Cohesion Policy funding*

DIPRES. (2021). *Balance de Gestión Integral*. Obtenido de https://www.dipres.gob.cl/597/articles-266830_doc_pdf.pdf

Europea, U. (s.f.). *El plan de la UE para una transición verde*. Obtenido de [https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/Agency, S. E. \(2021\). Sweden's Methane Action Plan: Mapping of Sweden's methane emissions, projections, policies, and measures. Government Offices of Sweden. .](https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/Agency, S. E. (2021). Sweden's Methane Action Plan: Mapping of Sweden's methane emissions, projections, policies, and measures. Government Offices of Sweden. .) Obtenido de <https://www.government.se/contentassets/303c37911a6c4a9a895c3b4049b8ee9b/swedens-methane-action-plan---mapping-of-swedens-methane-emissions-projections-policies-and-measures.pdf>

Agency, S. E. (s.f.). *För en hållbar energiframtid [For a sustainable energy future]*. Obtenido de <https://www.energimyndigheten.se/en/>

biobiochile. (abril de 2023). *Los Ríos: crean primer Plan de Acción Comunal para mitigar y enfrentar efectos del cambio climático*. Obtenido de <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2023/04/29/los-rios-crean-primer-plan-de-accion-comunal-para-mitigar-y-enfrentar-efectos-del-cambio-climatico.shtml>

Carbono neutralidad en el sector energía: proyección de consumo energético nacional 2020. (2020). Obtenido de [energia.gob.cl: https://energia.gob.cl/sites/default/files/pagina-basica/informe_resumen_cn_2019_v07.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/pagina-basica/informe_resumen_cn_2019_v07.pdf)

CR2. (29 de Mayo de 2019). *Pobreza energética: Uno de cada tres hogares en Chile no cuenta con calefacción adecuada*. Obtenido de <https://www.cr2.cl/pobreza-energetica-uno-de-cada-tres-hogares-en-chile-no-cuenta-con-calefaccion-adecuada-la-tercera/#:~:text=As%C3%AD%2C%20este%20estudio%20descubri%C3%B3%20que,los%20servicios%20energ%C3%A9ticos%20de%20calidad.>

El Mercurio. (17 de Febrero de 2024). Créditos hipotecarios "verdes" emergen como una opción con menores tasas de interés. *Economía y Negocios*, pág. B6.

Informe Balance Nacional de Energía 2020. (2022). Obtenido de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/2022_informe_anual_bne_2020.pdf

World Health Organization. (2011). *Health in the green economy: Co-benefits to health of climate change mitigation*. World Health Organization, Geneva.

12 ANEXOS

12.1 Medidas PELP

Tabla 63: Listado de medidas Modelo PELP – Relación Directa con MINVU.

Nombre Medida
Actualización de la Reglamentación Térmica.
Aumento de consumo de biomasa con formas más eficientes.
Autoconsumo residencial.
Electrificación de calefacción.
Electrificación de cocción.
Electrificación de ACS.
Energía solar en ACS.
Reacondicionamiento Térmico de Viviendas Existentes (Subsidio).
Calefacción geotérmica, Bombas de calor, en Biobío, Temuco, Coyhaique y Valdivia.
Calificación Energética de Viviendas.
MEPS Refrigeradores.
Medidas de etiquetado de artefactos.
Reacondicionamiento Térmico de Viviendas Existentes (Créditos).
Net Zero Buildings.

12.2 Tabla de valores de los coeficientes de riesgo

Código Efecto	G. Etario	Unidad	Valor
Mortalidad	0-1	Inc por ug/m3	0
Mortalidad	1-4	Inc por ug/m3	0
Mortalidad	5-12	Inc por ug/m3	0
Mortalidad	13-17	Inc por ug/m3	0
Mortalidad	18-29	Inc por ug/m3	0
Mortalidad	30-44	Inc por ug/m3	0.0093
Mortalidad	45-64	Inc por ug/m3	0.0093
Mortalidad	65-74	Inc por ug/m3	0.0093
Mortalidad	75+	Inc por ug/m3	0.0093
Admisiones Hospitalarias Asma	0-1	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	1-4	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	5-12	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	13-17	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	18-29	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	30-44	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	45-64	Inc por ug/m3	0.003323789
Admisiones Hospitalarias Asma	65-74	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Asma	75+	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica s	0-1	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	1-4	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	5-12	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	13-17	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	18-29	Inc por ug/m3	0.0022
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	30-44	Inc por ug/m3	0.0022
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	45-64	Inc por ug/m3	0.0022
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	65-74	Inc por ug/m3	0.00151
Admisiones Hospitalarias Enfermedad Pulmonar Crónica	75+	Inc por ug/m3	0.00151
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	0-1	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	1-4	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	5-12	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	13-17	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	18-29	Inc por ug/m3	0.0014
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	30-44	Inc por ug/m3	0.0014
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	45-64	Inc por ug/m3	0.0014
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	65-74	Inc por ug/m3	0.00102
Admisiones Hospitalarias Cardiovascular	75+	Inc por ug/m3	0.00102
Admisiones Hospitalarias Neumonía	0-1	Inc por ug/m3	0

Admisiones Hospitalarias Neumonía	1-4	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	5-12	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	13-17	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	18-29	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	30-44	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	45-64	Inc por ug/m3	0
Admisiones Hospitalarias Neumonía	65-74	Inc por ug/m3	0.003978727
Admisiones Hospitalarias Neumonía	75+	Inc por ug/m3	0.003978727
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	0-1	Inc por ug/m3	0.0044
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	1-4	Inc por ug/m3	0.0044
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	5-12	Inc por ug/m3	0.0044
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	13-17	Inc por ug/m3	0.0044
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	18-29	Inc por ug/m3	0
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	30-44	Inc por ug/m3	0
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	45-64	Inc por ug/m3	0
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	65-74	Inc por ug/m3	0
Visitas a Sala de Urgencia Respiratorias	75+	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	0-1	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	1-4	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	5-12	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	13-17	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	18-29	Inc por ug/m3	0.0048
Días de Actividad Restringida	30-44	Inc por ug/m3	0.0048
Días de Actividad Restringida	45-64	Inc por ug/m3	0.0048
Días de Actividad Restringida	65-74	Inc por ug/m3	0
Días de Actividad Restringida	75+	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	0-1	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	1-4	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	5-12	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	13-17	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	18-29	Inc por ug/m3	0.0046
Días de Trabajo Perdidos	30-44	Inc por ug/m3	0.0046
Días de Trabajo Perdidos	45-64	Inc por ug/m3	0.0046
Días de Trabajo Perdidos	65-74	Inc por ug/m3	0
Días de Trabajo Perdidos	75+	Inc por ug/m3	0

12.3 Tabla de valores de Factor Emisión-Concentración (FEC) por provincia y contaminante

Provincia	Contaminante	Unidad	Valor
Aysén	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Aysén	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Aysén	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Antártica Chilena	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.051097505
Antártica Chilena	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.024572222
Antártica Chilena	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.007710948
Antofagasta	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.035189135
Antofagasta	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.002141947
Antofagasta	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.002652719
Arauco	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.004398895
Arauco	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.00211538
Arauco	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000663822
Arica	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.056013832
Arica	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.003409538
Arica	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.004222581
Biobío	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.002282624
Biobío	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Biobío	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Cachapoal	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000996751
Cachapoal	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000479326
Cachapoal	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000150416
Capitán Prat	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.054316327
Capitán Prat	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Capitán Prat	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Cardenal Caro	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.011131661
Cardenal Caro	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.005353092
Cardenal Caro	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.001679841
Cauquenes	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.009246449
Cauquenes	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.004446515
Cauquenes	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.00139535
Cautín	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.001446007
Cautín	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Cautín	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0
Chacabuco	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.002992639
Chacabuco	NOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.001439127
Chacabuco	SOx	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000451609

Chañaral	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0
Chañaral	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Chañaral	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Chiloé	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.004928895
Chiloé	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.002370251
Chiloé	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000743803
Choapa	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.069316527
Choapa	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.008155883
Choapa	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.023646276
Coyhaique	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0
Coyhaique	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Coyhaique	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Colchagua	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.003386912
Colchagua	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001628728
Colchagua	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000511107
Concepción	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.000766666
Concepción	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000368681
Concepción	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000115695
Copiapó	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.046192747
Copiapó	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.005435106
Copiapó	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.015757951
Cordillera	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002162975
Cordillera	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001040151
Cordillera	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000326407
Curicó	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002380505
Curicó	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001144758
Curicó	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000359234
Diguillín	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002177712
Diguillín	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Diguillín	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
El Loa	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.059576461
El Loa	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.007009853
El Loa	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.020323601
Elqui	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.018952513
Elqui	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001153631
Elqui	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001428728
General Carrera	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.054316327
General Carrera	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
General Carrera	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Huasco	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.112614513

Huasco	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.013250387
Huasco	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.038416724
Iquique	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.053203453
Iquique	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.003238471
Iquique	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.004010722
Isla de Pascua	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.01608104
Isla de Pascua	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.007733193
Isla de Pascua	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.002426734
Itata	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.011407806
Itata	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.005485887
Itata	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001721513
Limarí	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.057887078
Limarí	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.006811077
Limarí	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.019747294
Linares	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002891401
Linares	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001390443
Linares	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000436331
Llanquihue	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.001930795
Llanquihue	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000928498
Llanquihue	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.00029137
Los Andes	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.007309802
Los Andes	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.003515203
Los Andes	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001103097
Magallanes	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.005433727
Magallanes	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.002613019
Magallanes	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000819985
Maipo	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002038937
Maipo	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000980502
Maipo	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000307689
Malleco	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.004031062
Malleco	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Malleco	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Marga Marga	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002053833
Marga Marga	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000987665
Marga Marga	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000309937
Melipilla	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.00590492
Melipilla	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.00283961
Melipilla	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000891091
Osorno	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.004354659
Osorno	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0

Osorno	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Palena	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.026688324
Palena	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.012834118
Palena	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.004027443
Parinacota	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.546465696
Parinacota	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.064297945
Parinacota	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.18641844
Petorca	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.005457699
Petorca	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.002624547
Petorca	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000823603
Punilla	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.010658614
Punilla	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Punilla	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Quillota	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.00356347
Quillota	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001713633
Quillota	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000537751
Ranco	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.008987363
Ranco	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Ranco	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
San Antonio	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002125545
San Antonio	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001022151
San Antonio	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000320759
San Felipe de Aconcagua	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.004369589
San Felipe de Aconcagua	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.002101287
San Felipe de Aconcagua	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.0006594
Santiago	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.003327056
Santiago	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000391466
Santiago	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001134974
Talagante	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.003363505
Talagante	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.001617472
Talagante	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000507575
Talca	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.002034939
Talca	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.00097858
Talca	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.000307086
Del Tamarugal	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0
Del Tamarugal	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Del Tamarugal	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0
Tierra del Fuego	MP25	[(ug MP25/m3)/t]	0.050025655
Tierra del Fuego	NOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.024056782
Tierra del Fuego	SOx	[(ug MP25/m3)/t]	0.007549199

Tocopilla	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.019761158
Tocopilla	NO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000179138
Tocopilla	SO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	5.7487E-05
Ultima Esperanza	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.031693087
Ultima Esperanza	NO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.015240853
Ultima Esperanza	SO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.004782695
Valdivia	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.00247876
Valdivia	NO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.001192008
Valdivia	SO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000374061
Valparaíso	MP25	[(ug MP25/m ³)/t]	0.00076537
Valparaíso	NO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000368058
Valparaíso	SO _x	[(ug MP25/m ³)/t]	0.000115499