



Tesis para optar al grado de
Magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética

Estimación de perfiles para modelamiento energético de sistemas de calefacción en viviendas sociales del centro sur de Chile en base a registros de monitoreo ambiental.

Nombre tesista:

Marzo, 2022

Jorge Muñoz Fierro

Prof Guía: Dr. Alexis Pérez Fargallo

Prof Co-Guía: Dr. Ariel Bobadilla Moreno



MAGÍSTER EN
HÁBITAT SUSTENTABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

5 Años

Qualitas
PROGRAMA ACREDITADO

Desde el 07 de diciembre de 2017
Hasta el 07 de diciembre de 2022

SEDE Concepción MODALIDAD Presencial

Resumen

Los procesos de simulación energética son parte de las herramientas más utilizadas en la actualidad para establecer el desempeño de las viviendas. Para conseguirlo requieren incorporar información referente a múltiples aspectos, entre ellos se encuentran los perfiles asociados a la calefacción. Por lo general, su uso se basa en guías y otras herramientas que incorporan información asociada a ellos, no obstante, muchas veces no reflejan la realidad de ciertos grupos de la población, lo que deja vacíos que es necesario atender. Esta investigación pretende establecer perfiles de calefacción en base a la evaluación de los registros de contaminación atmosférica en la zona centro sur de Chile, para ello, recoge información histórica recolectada por el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. Los perfiles se construyen analizando los cambios en las concentraciones de MP_{2.5} contenidas en el ambiente, se tomaron de referencia los diferentes meses del año y horas del día. Los resultados mensuales sugieren que el periodo de calefacción se extiende entre los 6 y 8 meses dependiendo de la zona evaluada, por otro lado, los resultados horarios muestran dos periodos de calefacción en el día, cuya extensión es variable en función del mes y momento de la semana considerado. El estudio se valida utilizando datos de ocupación en viviendas sociales, posteriormente sus resultados son contrastados con los criterios de simulación de dos herramientas utilizadas en el país, encontrándose desde 11 hasta 16 horas de diferencia entre los perfiles propuestos y los empleados actualmente, razón por la cual se plantea la necesidad de revisar y/o actualizar los criterios utilizados para así evitar una sobrestimación de los ahorros planteados en las etapas de diseño.

Palabras claves: *Perfiles de calefacción, Viviendas sociales, Emisiones, Simulación energética, Monitoreo ambiental.*

Abstract

Energy simulation processes are part of the most used tools today to establish the performance of homes. To achieve this, they need to incorporate information regarding multiple aspects, among them are the profiles associated with heating. In general, their use is based on guides and other tools that incorporate information associated with them, however, they often do not reflect the reality of certain population groups, which leaves gaps that need to be addressed. This research aims to establish heating profiles based on the evaluation of air pollution records in the south central zone of Chile, for this, it collects historical information collected by the National Air Quality Information System. The profiles are built by analyzing the changes in the concentrations of PM2.5 contained in the environment, the different months of the year and hours of the day were taken as reference. The monthly results suggest that the heating period extends between 6 and 8 months depending on the area evaluated, on the other hand, the hourly results show two heating periods per day, the length of which varies depending on the month and time of heating. the week considered. The study is validated using occupancy data in social housing, later its results are contrasted with the simulation criteria of two tools used in the country, finding from 11 to 16 hours of difference between the proposed profiles and those currently employed, which is why which raises the need to review and/or update the criteria used in order to avoid an overestimation of the savings proposed in the design stages.

Keywords: *Heating profiles, Social housing, Emissions, Energy simulation, Environmental monitoring.*

Índice general

Resumen	i
Abstract.....	ii
Índice general.....	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	ix
Estructura de la tesis	xi
Capítulo 1. Introducción.....	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Problema de investigación.....	14
1.3. Preguntas e hipótesis de investigación	15
1.4. Hipótesis	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1. Objetivo general	15
1.5.2. Objetivos específicos.....	16
1.6. Síntesis de la metodología de investigación.....	16
Capítulo 2. Marco teórico	17
2.1. Consumo de energía para calefacción.....	17
2.1.1. Consumo de energía para calefacción en Chile	18
2.2. Información en Chile para simulación de sistemas de calefacción.	20
2.2.1. Calificación Energética de Viviendas	20
2.2.2. Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas	23
2.3. Brechas en la determinación del consumo de energía para calefacción en simulación.	24
2.3.1. Efecto Rebote	24

Índice

2.3.2. Efecto Pre Rebote	25
2.4. Contaminación atmosférica centro sur de Chile.....	25
2.5. Aspectos normativos	27
2.5.1. Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA)	27
2.6. Condiciones climáticas y ambientales.....	33
Capítulo 3. Metodología	36
3.1. Registros de monitoreo ambiental.....	36
3.2. Descripción de la población estudiada	38
3.3. Criterios de agrupamiento de datos	38
3.4. Identificación de la contaminación de fondo	38
3.5. Distribuciones horarias y mensuales	39
3.6. Variaciones horarias y generación de perfiles	40
3.7. Validación	41
3.8. Revisión de perfiles	41
Capítulo 4. Resultados	43
4.1. Levantamiento puntos de monitoreo ambiental	43
4.2. Emisiones	45
4.3. Contaminación de fondo.....	50
4.4. Distribución de emisiones	53
4.5. Perfiles.....	65
4.5.1. Mensuales.....	65
4.5.2. Horarios.....	65
4.6. Validación	71
4.7. Revisión de perfiles	73
4.8. Discusión.....	74

Índice

Capítulo 5. Conclusiones	77
Referencias bibliográficas	80

Índice de tablas

Tabla 2.1. Resumen parámetros asociados al tipo de energético utilizados en viviendas	20
Tabla 2.2. Antecedentes Planes de Descontaminación Atmosférica.....	27
Tabla 2.3. Listado de medidas exigidas en Planes de Descontaminación Atmosférica	27
Tabla 2.4. Características Zonificación climática.....	33
Tabla 4.1. Clasificación de información asociada a puntos de monitoreo seleccionados para evaluación.....	43
Tabla 4.2. Resumen características de comunas y puntos de monitoreo evaluados	44
Tabla 4.3. Valores del límite superior del primer cuartil para emisiones horarias días de semana según PDA [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	51
Tabla 4.4. Valores del límite superior del primer cuartil para emisiones horarias fines de semana según PDA [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	52
Tabla 4.5. Mediana de emisiones para datos PDA días de semana.....	53
Tabla 4.6. Mediana de emisiones para datos PDA fines de semana.....	54
Tabla 4.7. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle Central de la región de O'Higgins respecto a máxima anual fines de semana.....	55
Tabla 4.8. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle Central de la región de O'Higgins respecto a máxima anual días semana	55
Tabla 4.9. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle central Provincia de Curicó respecto a máxima anual fines de semana.	56
Tabla 4.10. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle central Provincia de Curicó respecto a máxima anual días semana.....	56
Tabla 4.11. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Talca y Maule respecto a máxima anual fines de semana.....	57
Tabla 4.12. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Talca y Maule respecto a máxima anual días semana	57

Índice

Tabla 4.13. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Chillán y Chillán Viejo respecto a máxima anual fines de semana.	58
Tabla 4.14. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Chillán y Chillán Viejo respecto a máxima anual días semana.....	58
Tabla 4.15. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Concepción Metropolitano respecto a máxima anual fines de semana.	59
Tabla 4.16. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Concepción Metropolitano respecto a máxima anual días semana.....	59
Tabla 4.17. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Los Ángeles respecto a máxima anual fines de semana.	60
Tabla 4.18. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Los Ángeles respecto a máxima anual días semana.	60
Tabla 4.19. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Temuco y Padre Las Casas respecto a máxima anual fines de semana.	61
Tabla 4.20. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Temuco y Padre Las Casas respecto a máxima anual días semana.....	61
Tabla 4.21. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Valdivia respecto a máxima anual fines de semana.	62
Tabla 4.22. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Valdivia respecto a máxima anual días semana.....	62
Tabla 4.23. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Osorno respecto a máxima anual fines de semana.	63
Tabla 4.24. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Osorno respecto a máxima anual días semana.....	63
Tabla 4.25. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA ciudad de Coyhaique respecto a máxima anual fines de semana.	64
Tabla 4.26. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA ciudad de Coyhaique respecto a máxima anual días semana	64

Índice

Tabla 4.27. Perfiles mensuales de calefacción según Plan de Descontaminación Atmosférica	65
Tabla 4.28. Perfiles sobre la moda horaria de calefacción en zonas con PDA del centro sur de Chile	70

Índice de figuras

Figura 1.1. Esquema sintetizado de metodología propuesta.....	16
Figura 2.1. Tecnologías de calefacción vendidas a nivel mundial para edificios residenciales y de servicios en el escenario Net Zero, 2010-2030.....	17
Figura 2.2. Consumo de todos los energéticos según uso.....	18
Figura 2.3. Consumo de energía por combustible total país (%)	19
Figura 2.4. Energéticos utilizados según localidad, segmento socioeconómico y zonificación térmica	20
Figura 2.5. Flujo de sistema web CEV	21
Figura 2.6. Perfil de ocupación horaria CEV.....	22
Figura 2.7. Requerimientos Desempeño Energitérmico ECS	23
Figura 2.8. Ciudades más contaminadas del mundo en 2020 (PM2,5).....	25
Figura 2.9. Ciudades más contaminadas de Sudamérica.....	26
Figura 2.10. Índice de calidad del aire de Estados Unidos (AQI de EE. UU.).....	26
Figura 2.11. Mapa Plan para el Valle Central de la Región de O'Higgins	28
Figura 2.12. Mapa Plan para el Valle Central de la Provincia de Curicó	28
Figura 2.13. Mapa Plan para las comunas de Talca y Maule.....	29
Figura 2.14. Mapa Plan para las comunas Chillán y Chillán Viejo.....	29
Figura 2.15. Mapa Plan para la comuna de Los Ángeles	30
Figura 2.16. Mapa Plan para las comunas de Concepción Metropolitano.....	30
Figura 2.17. Mapa Plan para las comunas de Temuco y Padre las Casas	31
Figura 2.18. Mapa Plan para la comuna Valdivia	31
Figura 2.19. Mapa Plan para la comuna de Osorno	32
Figura 2.20. Mapa Plan para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante	32
Figura 2.21. Mapa Zonificación climática.....	35

Estructura de la tesis

Figura 3.1. Mapa puntos de Monitorización Ambiental.	36
Figura 3.2. Antecedentes presentados en ficha Estación Ñielol	37
Figura 4.1. Distribución de emisiones medias mensuales días de semana.....	45
Figura 4.2. Distribución de emisiones medias mensuales días fines de semana	46
Figura 4.3. Distribución de emisiones medias horarias días de semana.....	48
Figura 4.4. Distribución de emisiones medias horarias días fines de semana	49
Figura 4.5. Diagrama para perfiles horarios de calefacción días de semana meses fríos.	66
Figura 4.6. Diagrama para perfiles horarios de calefacción fines de semana meses fríos	67
Figura 4.7. Diagrama para perfiles horarios de calefacción días de semana meses muy fríos.	68
Figura 4.8. Diagrama para perfiles horarios de calefacción fines de semana meses muy fríos.	69
Figura 4.9. Diagrama sobre la moda horaria de perfiles de calefacción en zonas con PDA del centro sur de Chile.	71
Figura 4.10. Perfiles de calefacción propuestos vs ocupación muestra de 41 viviendas.	72
Figura 4.11. Perfiles propuestos vs criterio ECSV-CEV.....	73

Estructura de la tesis

El presente documento se encuentra estructurado en 5 capítulos principales, Introducción, Marco teórico, Metodología, Resultados y Conclusiones, bajo ellos se desprenden los aspectos más detallados de cada uno, en donde es posible abordar los puntos más específicos del proceso desarrollado. En términos generales los capítulos incluyen los elementos mencionados a continuación:

Introducción: En primer lugar, presenta los antecedentes previos que es necesario reconocer y también el problema identificado. Posteriormente se mencionan las preguntas de investigación, objetivos e hipótesis planteada.

Marco teórico: En este apartado se detallan seis temas principales que presentan cierta relevancia para la investigación por lo que es necesario conocer más en profundidad. Los temas abordados son el Consumo de energía para calefacción, Información en Chile para simulación de sistemas de calefacción, Brechas en la determinación del consumo de energía para calefacción en simulación, Contaminación atmosférica centro sur de Chile, Condiciones climáticas y ambientales, Aspectos normativos.

Metodología: Este capítulo incluye todo lo referente a las características de las fuentes de información empleadas, la población sujeta de estudio, los criterios para el agrupamiento de datos, además de los procedimientos considerados para establecer los perfiles de calefacción, sus procesos de validación y revisión final.

Resultados: Este capítulo comprende la presentación de todos los resultados obtenidos de acuerdo al orden planteado en la metodología, una pequeña descripción de cada apartado es introducida en cada uno de los puntos correspondientes. La parte final incluye la discusión asociada a los principales resultados obtenidos, proceso en el que comparan estos, con otras investigaciones finalmente se analizan posibles limitaciones del estudio.

Conclusiones: Este capítulo aborda la revisión del cumplimiento de los objetivos y la validez de la hipótesis propuesta, junto a ello se detallan las conclusiones más trascendentes del estudio, se entrega además la visión respecto al aporte de la investigación y se vincula con futuras líneas de investigación.

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

La aparición de la pandemia del COVID-19 en el mundo ha afectado las proyecciones asociadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, al punto que se ha planteado que varios de ellos se ven difíciles de alcanzar para 2030 (Fulzele et al., 2021). De acuerdo a estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2021a), la disminución de la intensidad energética se ha visto reducida en los últimos 5 años, promediando solo un 1,3% de reducción anual, valor inferior al periodo 2011-2016 donde se alcanzó el 2,3%, y aún más lejano del escenario Net Zero 2050 que proyecta un 4% para el periodo 2020-2030; en este escenario el impulso de las economías a causa de políticas gubernamentales de eficiencia energética, ha sido destacado por entregar señales alentadoras y oportunidades para revertir las consecuencias de la pandemia (Karakosta et al., 2021).

En 2017 Chile ratificó el Acuerdo de París, con ello se comprometió a generar políticas que ayuden a combatir el cambio climático por medio de la reducción de sus emisiones para así avanzar a un desarrollo económico más sostenible. La firma del acuerdo es solo uno de los aspectos que marcan la preocupación por mejorar la sostenibilidad y la eficiencia energética.

En los últimos años el país entro en un proceso de actualización de su marco normativo. Entre las metas impuestas se encuentra el ser carbono neutral al año 2050. En este contexto se han elevado los requerimientos normativos; destaca entre ellos la promulgación reciente de la ley N°21.305 sobre eficiencia energética (Ministerio de Energía, 2021). Uno de los aspectos que aborda esta ley es el etiquetado energético de las edificaciones, proceso donde se vuelve fundamental la determinación de la demanda energética. En la actualidad, este proceso es realizado mediante diferentes herramientas de simulación, no obstante, se han planteado variados desafíos para mejorar la precisión de los modelos y sus resultados (Tianzhen et al., 2018). Algunos de ellos, hacen referencia a la influencia de las entradas asociadas al clima, geometría del edificio, sistemas de climatización, cronogramas operativos entre otras (Chong et al., 2021).

En el último tiempo varias investigaciones han debatido sobre los horarios de ocupación y calefacción; entre ellas, se ha revisado la incertidumbre en la calidad de los datos usando modelos probabilísticos (Ekström et al., 2021). Otros han sacado ventaja del uso de internet para obtener datos de fuentes reales. El uso de Wi-Fi que incorpora algún proxy de ocupación ha sido planteado como alternativa para proponer esquemas de calibración a los modelos (Chong et al., 2021). También, hay

Capítulo 1. Introducción

quienes han abordado la creación de horarios más representativos de cada población, analizando los datos de termostatos conectados (Ueno & Meier, 2020). Los ajustes a los horarios requieren contar con información de edificios monitoreados, lo que es difícil de obtener y consume bastante tiempo (Guyot et al., 2020). Por otro lado, para conseguir predicciones de ocupación más precisas, no basta solo con datos de ocupación reales, es necesario tener en cuenta el contexto en donde han sido obtenidos (Kleiminger et al., 2014). Ante la falta de información, es usual utilizar enfoques basados en supuestos normativos, no obstante, esto puede conducir a incrementar las brechas entre el rendimiento previsto entre las etapas de diseño y operación. Estas situaciones en algunos casos pueden disminuir la credibilidad y aumentar el escepticismo sobre los edificios con altos desempeños (De Wilde, 2014).

Estudios en Holanda y otros países de Europa han cuestionado las estimaciones de ahorros en renovaciones energéticas, sobre todo después de contrastar con datos reales, sus resultados plantean que los modelos pueden desviarse de la realidad sobrestimando los ahorros (Galvin & Sunikka-Blank, 2016; Huo et al., 2021). Uno de los criterios que se suele usar es estimar la demanda energética durante el año, en función de rangos de confort y ocupación recomendados por organismos como Ashrae. Su uso, si bien es una alternativa válida, puede conducir a sobrestimar los ahorros, sobre todo cuando los habitantes no poseen los recursos para calentar permanentemente sus viviendas mientras hacen uso de ellas (Galvin & Sunikka-Blank, 2016). Por lo mismo, se ha descrito que el nivel de ingresos es un factor determinante en el consumo energético de los edificios (R. Duarte et al., 2021; Galvin & Sunikka-Blank, 2018; Huo et al., 2021).

En Chile, la Calificación Energética de Viviendas (CEV) emplea ciertos criterios para la simulación, estos están basados en parámetros de ocupación derivados del apéndice C del capítulo residencial de Ashrae (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019). Los valores fueron levemente modificados para adaptarlos a la realidad nacional, adelantando la salida en las mañanas y retrasando la llegada en las tardes. Por otro lado, los Estándares de Construcción para Viviendas Sustentables (ECVS), plantean herramientas para la realización de los cálculos, tal es el caso del mismo CEV, Designbuilder o el IES Virtual Environment entre otras, sin embargo, no entregan perfiles que consideren diferentes intensidades de usos para la calefacción en las viviendas, al contrario, limitan el análisis solicitando que la evaluación de la demanda sea calculada en todo momento del año independiente del tipo de ocupación real en las viviendas.

Capítulo 1. Introducción

Otro problema que afronta el país tiene relación con las fuentes de calefacción. En el sector residencial la leña representa el 39,1% de la energía utilizada a nivel nacional (In-Data SpA & CDT, 2019b). Esto ha generado diversos problemas de contaminación ambiental, principalmente en ciudades del centro sur del país donde su uso representa en promedio alrededor de un 74%. Si bien se ha promovido el uso de otras fuentes menos contaminantes, ya sea por temas culturales, económicos o de disponibilidad, su uso sigue siendo el más frecuente. Como respuesta para reducir los efectos negativos en la calidad del aire, el gobierno ha establecido normativas más estrictas para ciudades con altos niveles de contaminación, estas reciben el nombre de Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA). En este contexto se han dispuesto numerosos puntos de monitoreo ambiental para identificar episodios críticos en la concentración de contaminantes.

1.2. Problema de investigación

Una de las preocupaciones más importantes en la actualidad tiene relación con los elevados niveles de consumo energético a nivel mundial y el impacto que esto tiene en el calentamiento global. En este contexto han surgido diferentes objetivos para hacer frente al problema tales como el Net Zero 2050 y la Carbono Neutralidad.

En virtud de cumplir con los compromisos medioambientales suscritos para hacer frente al cambio climático, el país se encuentra en un proceso de actualización de su marco normativo que ha conducido al levantamiento de herramientas e información de base para soportar decisiones de diseño e incluso en muchos casos, servir de apoyo para la creación de políticas públicas, algunos ejemplos de ello son publicaciones como el Manual de Hermeticidad al Aire de Edificaciones (CITEC-UBB & DECON-UC, 2014), los TDRé (CITEC-UBB; DECON-UC; MOP, 2016), los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas (MINVU, 2018) y el Manual para el Control de la Condensación del Gran Concepción (CITEC-UBB, 2018), entre otros. En este contexto, es cada vez más común el desarrollo de nuevos métodos para levantar información de base real (Chong et al., 2021; Jin & Zhao, 2021; Ueno & Meier, 2020; Wu et al., 2020). La simulación energética es parte de los procesos que requiere gran cantidad información, la que en su mayoría proviene de normas, software o el propio criterio del profesional encargado. En este sentido, muchas veces son seleccionados patrones de carga y otras entradas que no reflejan la realidad de la población evaluada, lo que puede generar brechas en los procesos de simulación (Cuerda et al., 2020). Los horarios utilizados para la construcción de perfiles de calefacción resultan fundamentales y por lo mismo han sido ampliamente estudiados (Bianchi et al., 2020; Dorokhova et al., 2020; Pallikere et al., 2020). Pese a ello, se suele

Capítulo 1. Introducción

asociar la ocupación directamente con el uso de calefacción, si las condiciones de temperatura así lo requieren. En países desarrollados o zonas cuya población mantiene un alto nivel de ingresos, esto puede ser un reflejo de la realidad (Huo et al., 2021), no obstante, en países en vías de desarrollo como Chile, la situación se convierte en una idealización de la realidad. Esto supone un gran problema pues puede incrementar las brechas entre los consumos reales y los calculados en etapas de diseño.

Por otro lado, la contaminación derivada del uso de leña para calefacción, es otro de los problemas que están siendo enfrentados y regulados constantemente. El alto grado de uso en la población presenta problemas de distinta índole, pero también puede ser utilizado como una oportunidad de mejora. En particular, los diferentes puntos de monitoreo ambiental son una fuente de información valiosa que puede ser explotada para establecer patrones del comportamiento de la población nacional, sobre todo, en lo que respecta a la distribución de las emisiones durante los diferentes periodos del año y momentos del día.

1.3. Preguntas e hipótesis de investigación

¿Es posible generar perfiles de calefacción a partir de los registros de monitoreo ambiental disponibles en Chile?

¿Los perfiles de calefacción generados a partir de concentraciones de Material Particulado son válidos para viviendas sociales?

¿Cuál es la diferencia entre los perfiles de calefacción habitualmente empleados en Chile en la actualidad respecto a los obtenidos mediante las emisiones de MP?

1.4. Hipótesis

Los registros de emisiones asociados a los puntos de monitoreo ambiental son una fuente de información válida para construir perfiles de calefacción que puedan ser empleados en viviendas sociales en el centro-sur de Chile.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Desarrollar perfiles de calefacción para viviendas sociales en el Centro-Sur de Chile a partir de registros de emisiones de Material Particulado en los Planes de Descontaminación Ambiental que permitan mejorar la precisión de las actuales fuentes de información empleadas en procesos de simulación energética.

Capítulo 1. Introducción

1.5.2. Objetivos específicos

- Examinar los registros de contaminación exterior de ciudades con PDA, en la zona centro sur de Chile, para conocer y clasificar la información disponible para la realización del estudio.
- Analizar la distribución de emisiones horarias y mensuales de cada zona y a partir de ellas determinar la contaminación de fondo característica de cada PDA revisado.
- Evaluar los registros mensuales de emisiones, sus variaciones horarias y la contaminación de fondo en cada zona para construir perfiles de calefacción mediante la identificación de patrones que tengan en cuenta las condiciones de cada localidad.
- Validar la representatividad de los perfiles propuestos mediante el análisis de datos horarios de ocupación en viviendas pertenecientes a algunas de las comunas analizadas con PDA.
- Determinar las principales diferencias entre los perfiles de calefacción habitualmente empleados en Chile en la actualidad respecto a los obtenidos mediante las emisiones de MP.

1.6. Síntesis de la metodología de investigación

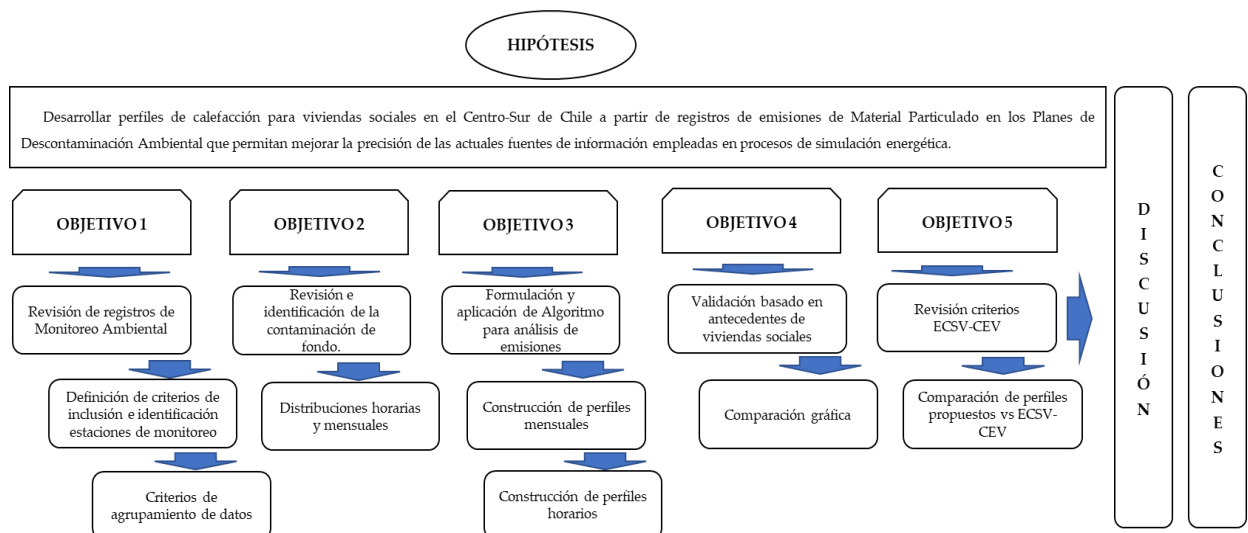


Figura 1.1. Esquema sintetizado de metodología propuesta

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2. Marco teórico

2.1. Consumo de energía para calefacción

De acuerdo a información de la Agencia Internacional de Energía (IEA), la generación de calor es el uso de energía final más grande en el mundo, con una equivalencia de casi el 50% del total, superando considerablemente al 20% de la electricidad y el 30% del transporte (IEA, 2021b).

Parte importante de los requerimientos de energía derivan del sector residencial, para suplir esta necesidad se han desarrollado equipos basados en diferentes tecnologías. La IEA sostiene que el predominio en la actualidad viene dado por el uso de equipos en base a combustibles fósiles, seguido por equipos eléctricos convencionales, sin embargo, en los últimos años, tal como indica la Figura 2.1 el mercado muestra una disminución en las ventas de equipos a combustión (carbón, petróleo, gas); según las proyecciones del escenario Net Zero, al año 2030 las ventas serían reemplazadas en su mayoría por bombas de calor eléctricas y otras energías renovables.

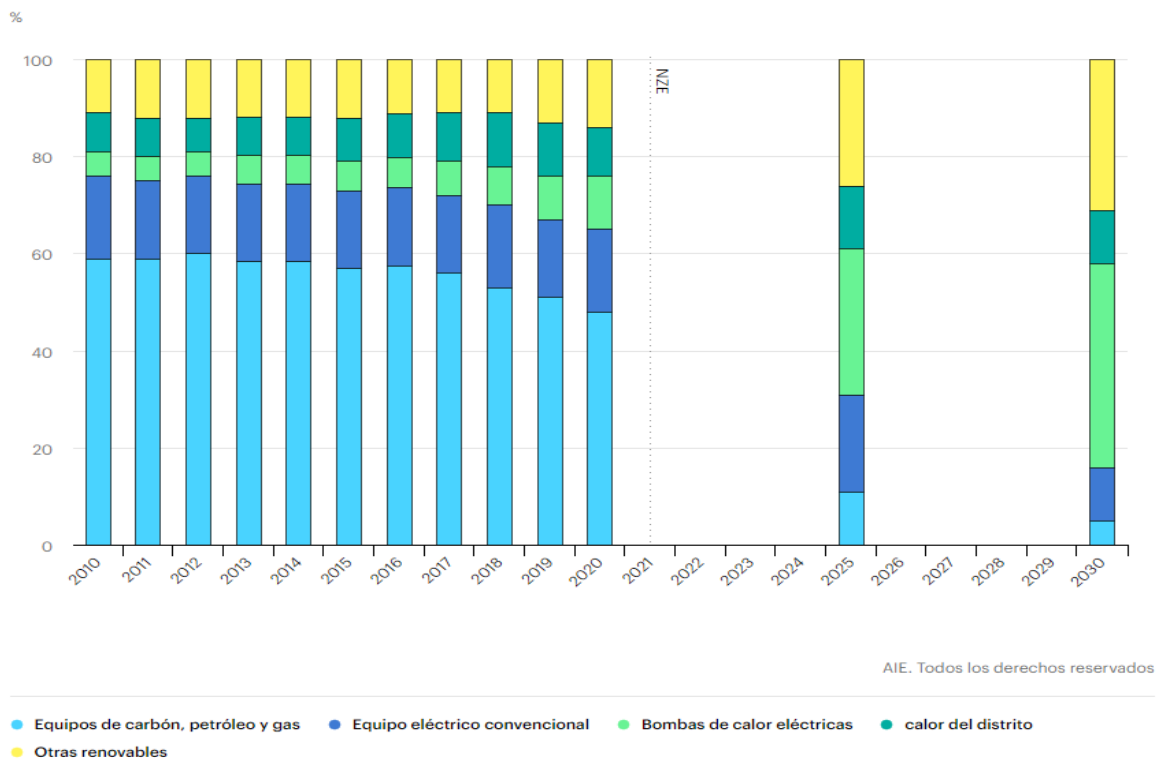


Figura 2.1. Tecnologías de calefacción vendidas a nivel mundial para edificios residenciales y de servicios en el escenario Net Zero, 2010-2030.

Fuente: (IEA, 2021b)

2.1.1. Consumo de energía para calefacción en Chile

De acuerdo con datos del Ministerio de Energía (2019), en su conjunto el sector comercial, público y residencial representan el 22% de la energía consumida en el país.

Respecto al sector residencial, estudios indican que en el año 2018 fue responsable de consumir 50.763 GWh, mientras que el promedio de energía final por vivienda se ha estimado en 8.083 kWh/año (In-Data SpA & CDT, 2019b).

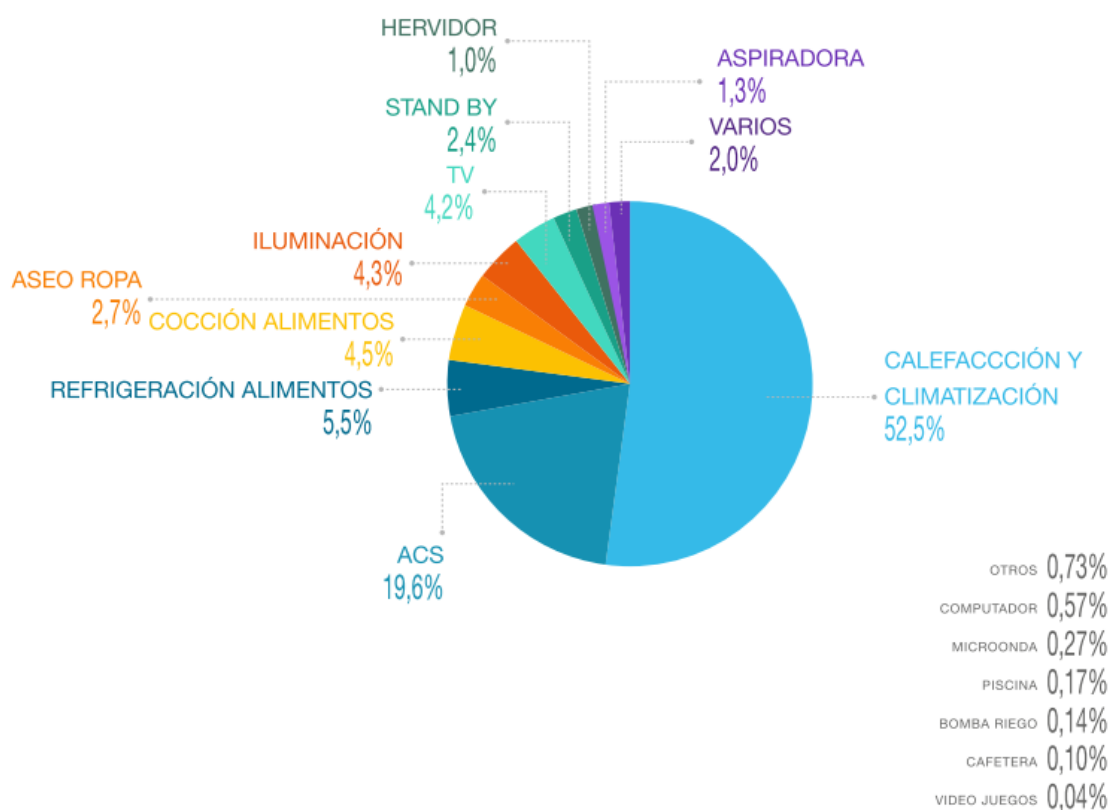


Figura 2.2. Consumo de todos los energéticos según uso

Fuente: (In-Data SpA & CDT, 2019b)

Tal como se aprecia en la Figura 2.2, según el estudio publicado por In-Data SpA & CDT en el año 2019, entre las diversas fuentes consumidoras de energía, la calefacción y climatización de las viviendas son por lejos las variables más influyentes con un 52,5% del total, en segundo lugar, se ubica la producción de ACS con un 19,6% y en tercero la refrigeración de alimentos con un 5,5%. Las demás fuentes son variadas, no obstante, presentan individualmente una representación bastante menor.

Capítulo 2. Marco teórico

Por otra parte, al revisar los consumos energéticos residenciales por tipo de combustibles, los resultados a nivel país indican que el energético más utilizado es la leña, con una estimación del 39,6%, la sigue el gas licuado con 31,4% y la electricidad con el 25,7%.

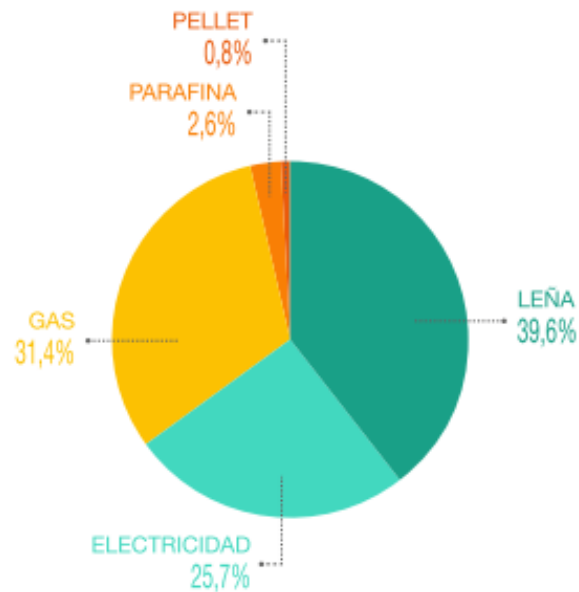


Figura 2.3. Consumo de energía por combustible total país (%)

Fuente: (In-Data SpA & CDT, 2019b)

Los datos del informe final de usos de la energía entregan también información respecto a otros parámetros relevantes para analizar los tipos de energéticos usados en el país, la Tabla 2.1 resume algunos de esos antecedentes. Entre ellos, es posible apreciar que el uso de leña es mucho más intensivo en las zonas rurales. En cuanto al segmento socioeconómico, los datos muestran que la leña es energético más utilizado en los segmentos C3 y D-E, mientras que los segmentos C1 y C2 muestran preferencia por el uso de parafina y gas licuado. Respecto a la zonificación térmica de la población, se observa que el uso de leña se presenta mayormente entre las zonas térmicas 4 y 7, mientras que entre las zonas 1 y 3 las preferencias de la población se asocian al uso de electricidad y gas licuado principalmente.

Capítulo 2. Marco teórico

Tabla 2.1. Resumen parámetros asociados al tipo de energético utilizados en viviendas

Energético	Nacional	Localidad		Segmento socioeconómico				Zonificación térmica						
		Urbana	Rural	C1	C2	C3	D-E	ZT1	ZT2	ZT3	ZT4	ZT5	ZT6	ZT7
Gas natural	1,1%	1,3%	0,4%	1,6%	1,9%	0,9%	0,8%	0,0%	1,4%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	47,0%
Gas licuado con balones	21,1%	23,5%	8,2%	29,8%	15,7%	22,2%	19,1%	16,8%	33,8%	28,3%	16,7%	1,0%	2,1%	2,4%
Gas licuado granel	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%
Gas licuado medidor	6,0%	7,1%	0,1%	11,7%	4,9%	10,0%	0,8%	2,6%	1,7%	12,0%	0,8%	0,0%	0,7%	0,1%
Electricidad	11,7%	13,4%	2,4%	13,3%	17,1%	12,4%	8,3%	63,8%	27,2%	11,4%	5,6%	2,0%	1,3%	0,1%
Parafina	19,8%	22,6%	4,2%	29,0%	35,8%	15,6%	13,1%	0,8%	7,0%	35,7%	8,5%	6,0%	1,4%	2,4%
Leña	39,1%	31,1%	83,4%	12,5%	23,5%	38,1%	57,2%	13,9%	26,1%	12,2%	67,7%	87,9%	92,7%	46,7%
Pellet	0,8%	0,8%	0,8%	2,1%	1,0%	1,0%	0,1%	2,1%	1,5%	0,2%	0,2%	3,1%	1,8%	0,9%
Otro	0,2%	0,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	1,3%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Figura 2.4. Energéticos utilizados según localidad, segmento socioeconómico y zonificación térmica

Fuente: (In-Data SpA & CDT, 2019b)

2.2. Información en Chile para simulación de sistemas de calefacción.

La preocupación por lograr viviendas más eficientes ha impulsado la creación de diversas herramientas y guías para evaluar el desempeño de estas. En este sentido la simulación de los sistemas de calefacción requiere ciertos lineamientos, los siguientes son dos de las alternativas disponibles en la actualidad.

2.2.1. Calificación Energética de Viviendas

Una de ellas es la Calificación Energética de Viviendas (CEV), que permite mediante un proceso voluntario proyectar el rendimiento energético de la vivienda en su etapa de uso, para entregar información objetiva a los futuros propietarios o compradores.

Según lo informado en el “Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile”(Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019), la evaluación utiliza tres planillas Excel, denominadas Planillas de balance térmico dinámico o PBTD. Mediante la primera de ellas, denominada “PBTD 1 Datos de Arquitectura” se recopila información sobre datos generales del proyecto y el diseño de la vivienda, se incluye en esta planilla información relativa a la arquitectura y datos de materiales y otros componentes de la envolvente.

La segunda planilla denominada “PBTD 2 Motor de Cálculo Demanda de Energía” se encarga de ejecutar un balance térmico cada 60 segundos, teniendo en cuenta diferentes entradas que permiten establecer la temperatura de los recintos mediante un proceso de iteración dinámica.

Capítulo 2. Marco teórico

Finalmente, en la “PBTD 3 Datos de Equipos y Resultados” se presentan datos generales y detallados respecto a la demanda energética obtenida mediante el motor de cálculo. Habiendo obtenido esa información la planilla permite ingresar datos asociados a los equipos que suministrarán la energía, a través de ellos se entrega una estimación del consumo asociado a los datos ingresados.

El proceso de evaluación puede ser realizado en dos etapas; en la primera de ellas lo que se realiza es una precalificación y requiere contar con el permiso de edificación respectivo, los resultados son transitorios y deben ser corroborados una vez el proyecto se haya construido.

La segunda etapa consiste en la calificación y se aplica cuando el proyecto ya se ha ejecutado y cuenta con la recepción municipal por parte de la DOM, son considerados para su evaluación las especificaciones técnicas y planos finales del proyecto.

El sistema cuenta también con una aplicación web destinada a ordenar el ingreso de la información requerida para la evaluación. Para ello, divide el proceso en dos etapas, la primera está asociada a la evaluación de la vivienda y termina una vez se obtiene el certificado de acreditación CEV. La segunda por otro lado, corresponde a la acreditación documental, etapa tras la que se entregan la etiqueta de calificación energética, un informe, un sello de calificación para la vivienda y otro para el conjunto habitacional (MINVU, 2019). La Figura 2.5 resume el flujo del proceso.

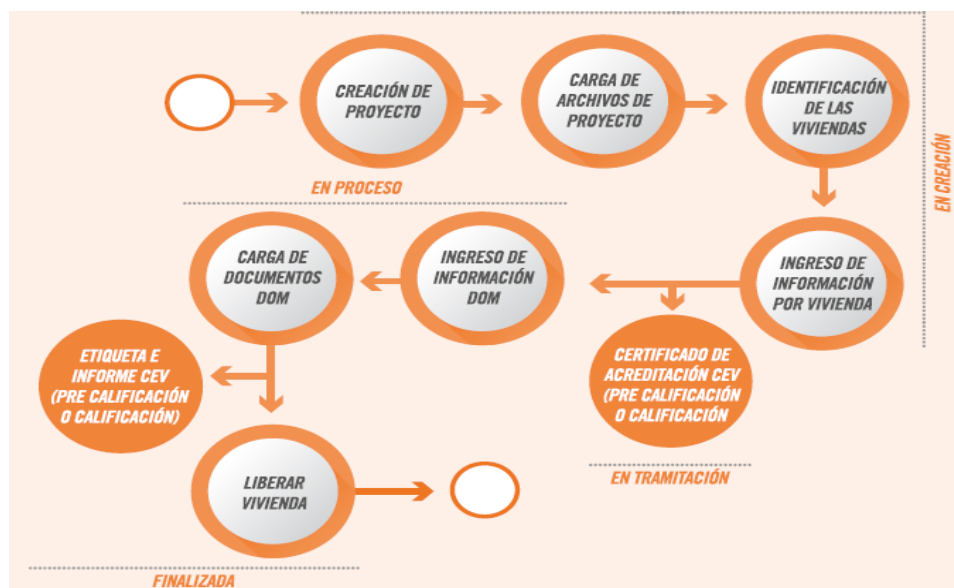


Figura 2.5. Flujo de sistema web CEV

Fuente: Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019)

Capítulo 2. Marco teórico

Uno de los aspectos más importantes a destacar respecto a la CEV, es que tal como explica su manual de procedimientos, los análisis se realizan mediante un modelo basado en determinar la demanda de energía requerida, para mantener las viviendas en todo momento del año, dentro de los rangos de confort definidos. Esto conlleva que sus principales condiciones de borde sean:

- Uso de confort adaptativo para la definición de los rangos de temperatura.
- Cálculo de la demanda para 24 horas del día los 12 meses del año
- Perfiles de ocupación para las 24 horas del día.

En relación a los perfiles de ocupación la CEV estableció un solo perfil de ocupación diario basado en el apéndice C del capítulo residencial de Ashrae. Este según se declara fue modificado para adaptarlo a la realidad nacional, adelantando la salida en las mañanas y retrasando las llegadas en las tardes, el detalle puede ser revisado en la Figura 2.6. En ella el perfil muestra una ocupación completa desde las 22:00 hasta las 06:00 horas, posteriormente la ocupación decae hasta el mínimo a las 10:00 de la mañana y se mantiene así hasta las 17:00 horas donde comienza a incrementarse para llegar al 100% a las 22:00 horas.

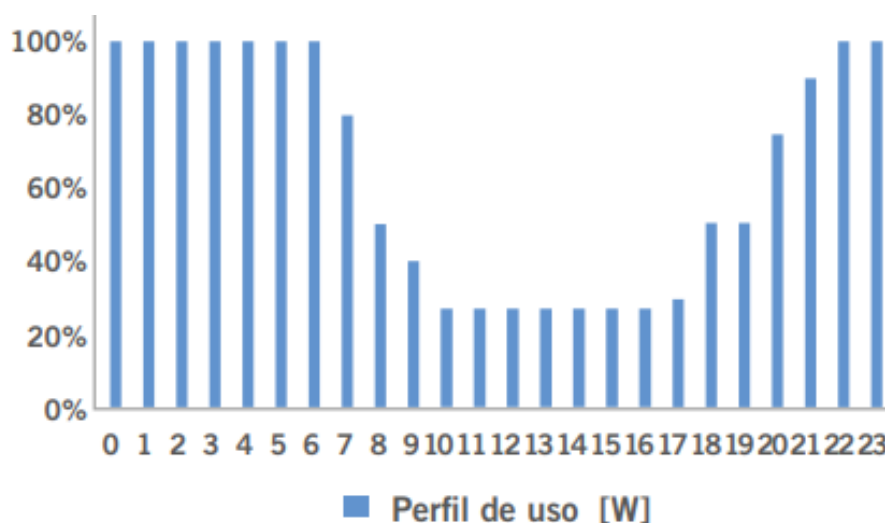


Figura 2.6. Perfil de ocupación horaria CEV

Fuente: Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019)

2.2.2. Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas

Los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas (ECSV) son otro de los mecanismos que se han establecido para mejorar la eficiencia energética de las viviendas. El tomo II aborda aspectos asociados a la Energía y su principal objetivo declarado es “establecer estándares y buenas prácticas de diseño, construcción y operación de las viviendas, nuevas o usadas, con el fin de mejorar su desempeño ambiental, económico y social, mediante la definición e incorporación de criterios de sustentabilidad, basándose en parámetros objetivos y verificables” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

En este contexto, el apartado 2.1 aborda el Desempeño Energético, en él se plantean aspectos relacionados a los procesos de simulación y la obtención de la demanda energética de las viviendas.

La Figura 2.7 resume los requerimientos planteados para las diferentes etapas.

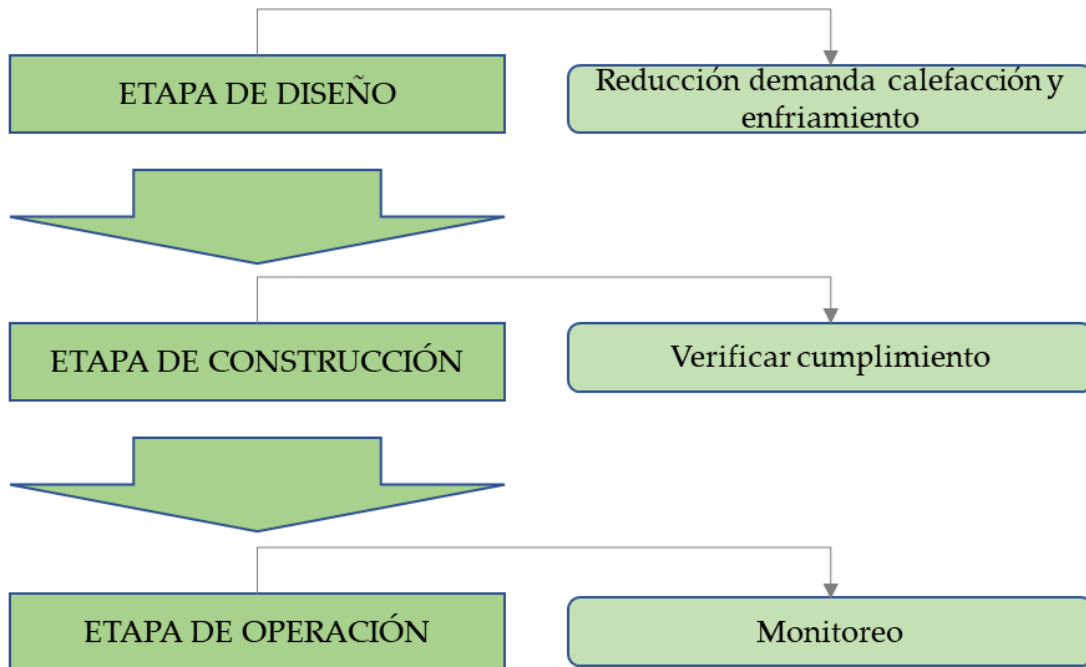


Figura 2.7. Requerimientos Desempeño Energético ECS

Fuente: Elaboración propia.

En la etapa de diseño se solicita una reducción de la demanda energética de calefacción y enfriamiento, para ello, el cumplimiento debe ser demostrado mediante simulaciones dinámicas a través de alguna herramienta computacional. Por otra parte, en la etapa de construcción se busca una verificación en obra de los parámetros sensibles declarados en la etapa de diseño como la envolvente térmica y detalles constructivos. Finalmente, para etapa de operación se plantea una monitorización

del desempeño proyectado en la etapa de diseño lo que debe ser corroborado mediante los consumos de energía.

El cálculo de demanda energética para enfriamiento y calefacción, según ECSV, deberá realizarse considerando los límites de temperatura mensuales determinados en base al método de confort adaptativo de Dear & Brager (1998), señalado en ASHRAE Fundamentals, capítulo "Thermal Comfort", aplicando una banda de +2,5 °C a -2,5 °C, con respecto de la temperatura media de confort. La demanda térmica será calculada para alcanzar los niveles de confort de manera permanente, independiente del horario real de uso la vivienda, por tanto, el perfil de uso de los sistemas de calefacción es 24h durante todos los días del año, independientemente de la estación u horario.

2.3. Brechas en la determinación del consumo de energía para calefacción en simulación.

Existen numerosos aspectos que determinan o influyen en la estimación correcta de los consumos proyectados en las etapas de diseño y de operación de las viviendas. Al respecto, el problema ha sido documentado y analizado en diferentes entornos a nivel mundial. La vivienda social es uno de los sectores revisados principalmente en países de Europa donde presenta un alto grado de representación en el parque residencial (Escandón et al., 2017).

Entre todas las variables, existen dos conceptos que destacan y forman parte de las brechas que pueden generarse en los procesos destinados a la obtención del consumo de energía, a continuación, se detallan sus características:

2.3.1. Efecto Rebote

El efecto rebote es un concepto utilizado para explicar situaciones en que donde a consecuencia de mejoras en la eficiencia energética se producen disminuciones en las cuentas de servicios asociados, esto a su vez provoca que el costo por unidad de energía sea más bajo, lo que a su vez posibilita que los residentes puedan y quieran gastar más (Scheer et al., 2013), además los efectos rebote tienen el potencial de cancelar algunos de los ahorros generados en los procesos de modernización (Rau et al., 2020), teniendo en cuenta sus efectos hay quienes han estudiado métodos para estimar los efectos del rebote en la economía (Adha et al., 2021).

Capítulo 2. Marco teórico

2.3.2. Efecto Pre Rebote

Por otro lado, surge también el concepto de efecto Pre rebote, caracterizado cuando los ocupantes consumen menos de la energía que se ha proyectado inicialmente por medio de patrones estandarizados, esto conlleva que beneficios como la mejora en la eficiencia energética y las reducciones de CO₂ se vean anulados (Desvallées, 2022). Se han revisado viviendas alemanas en las que se han practicado renovaciones energéticas bajo altos estándares, los resultados indican que sobre una muestra de 3400 hogares, en promedio los ocupantes consumen un 30% menos de la energía calculada para calefacción (Sunikka-Blank & Galvin, 2012). El efecto pre rebote está ligado a hogares de bajos ingresos y de acuerdo con lo planteado por Galvin & Sunikka-Blank (2016) una combinación de alto efecto pre rebote sumado a bajos ingresos sugiere pobreza energética.

2.4. Contaminación atmosférica centro sur de Chile

Las principales ciudades de la zona centro sur del país presentan elevadas concentraciones de material particulado MP₁₀ y MP_{2,5} como consecuencia de la quema de leña para calefacción (Schueftan & González, 2015). Estos contaminantes han sido descritos como dañinos para la salud, en especial de niños recién nacidos (Barría et al., 2016; Ubilla & Yohannessen, 2017), además la OMS (2016) estima que en Chile 3400 muertes al año son atribuibles a la contaminación del aire.

Legenda PM2.5		Objetivo OMS	Buena	Moderada	Perjudicial para grupos sensibles	Perjudicial	Muy perjudicial	Peligroso	Unidad: µg/m³								
Puesto	Ciudad	MED. 2020	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED. 2019	MED. 2018	MED. 2017
1	Hotan, China	110.2	93.7	124.7	294.4	178.4	101.9	113.7	85.2	84	100.7	104.2	56.7	51.9	110.1	118	91.9
2	Ghaziabad, India	106.6	148.3	111.8	78.9	88	84.1	99	82.7	58.5	84.7	157.3	161	178.9	110.2	135.2	144.6
3	Bulandshahr, India	98.4	110.9	97.8	71.7	85.4	85.3	85	53.6	57.4	82.2	145	150	107.1	89.4	-	-
4	Bisrakh Jalalpur, India	99	130	99	70.2	82.4	69.1	82	57	54.5	78.3	139.5	133.7	170.2	-	-	-
5	Bhivadi, India	95.6	100.7	102.3	81.4	66	83.5	66	61.3	57	96.7	157.8	126.5	138.3	83.4	125.4	-
6	Noida, India	94.3	131.6	99.2	65.5	76.6	69.7	62.5	57.3	46.1	74.9	146.1	138.2	160.1	97.7	123.6	134
7	Greater Noida, India	89.5	110.7	90.4	55	68.6	68.8	54.1	55.6	47.1	62.6	134.4	136.6	177.9	91.3	-	-
8	Kanpur, India	89.1	130.7	83.9	71.6	73.3	69.5	54.6	53.2	52.4	71.2	114.4	130.4	158.7	48.5	88.2	119.2
9	Lucknow, India	89.2	109.8	85.1	75	71.3	74.6	57.3	55.8	52.2	76.9	114.5	117.1	146.8	90.3	115.7	119.2
10	Delhi, India	84.1	128.1	96.8	54.8	53.6	55.2	52.5	42	35.5	58.9	128	143.6	167.3	88.6	113.5	108.2
11	Faridabad, India	83.3	119.2	81.2	84.8	63.6	63.7	61.1	59.8	54.6	76.4	133.6	111.7	110.8	85	129.1	123
12	Meerut, India	82.3	90.7	85.8	61.3	74.8	73.9	46.8	44.2	47	69.5	127.4	115.8	141.4	-	-	-
13	Jind, India	81.6	80.2	77.7	61.7	64.2	64	69.5	50	49.9	76.8	141.3	122.6	110.9	85.4	91.6	126.5
14	Hisar, India	81.1	78.6	75.3	57.4	63.9	67	66.1	53.8	49.8	76.2	134	133.2	114.7	81	-	-
15	Kashgar, China	81	101.9	109.8	197.8	120	53.6	58.5	35.7	46.6	84.4	80.7	64.2	70.5	87.1	95.7	97.5

Figura 2.8. Ciudades más contaminadas del mundo en 2020 (PM2,5)

Fuente: www.iqair.com(Ciudades más contaminadas del mundo en 2020: Ranking PM2.5 | AirVisual, s. f.)

Capítulo 2. Marco teórico

A escala global tal como se aprecia en la Figura 2.8 las ciudades de China e India son las que lideran los índices de mala calidad del aire, no obstante, respecto a los demás países de Sudamérica Chile mantiene 12 de sus ciudades dentro de los primeros 15 lugares (IQAir, 2020).

Leyenda PM2.5															Unidad: $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Objetivo OMS																	
Buena																	
Moderado																	
Perjudicial para grupos sensibles																	
Perjudicial																	
Muy perjudicial																	
Peligroso																	
Puesto	Ciudad	MED. 2020	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED. 2019	MED. 2018	MED. 2017
1	Coyhaique, Chile	33.3	6.5	11.3	14.7	30.3	80.8	74.3	93.6	40.9	32.2	17.5	8.3	6.4	41.5	34.2	39.3
2	Padre las Casas, C...	28.6	5.9	6.5	9.9	33.8	80	47.1	57.8	51.9	37.5	23.3	10.5	6.4	32.5	43.3	38.8
3	Nacimiento, Chile	27.3	9.7	11.3	11.7	26.1	51.1	68	62.7	33.8	37	18.6	9.4	7.2	-	-	-
4	Rancagua, Chile	23.8	12.3	17.9	14.1	20.3	37.3	44.2	49.2	32.3	20.9	13.9	12.5	10.9	26.9	22.9	23.3
5	Santiago, Chile	23.6	15.8	17	17.1	24.6	37.5	37.8	42.3	30.2	22	14.7	12.6	11.2	27.7	29.4	23.1
6	Los Cerrillos, Chile	23.1	15.1	16.6	17.3	-	34.7	37.4	41.8	28	19	15.6	12.4	13.3	26.2	-	-
7	San Juan de Luriga...	22.4	-	3	13.4	11.7	17.1	22.1	30.3	30.2	31.6	27.9	24.6	25.4	-	-	-
8	Quilicura, Chile	22.3	14.4	10.6	15.1	22.2	34.1	33.3	40.7	28.6	20.3	15.6	13.5	11.9	25.3	-	-
9	Coronel, Chile	20.7	18.8	14.2	14.2	23.1	25.6	21.6	34.5	27.5	24.9	17.6	14.8	12.6	11.8	19	22.9
10	Temuco, Chile	20.6	4.6	5.7	7.2	22.7	42	37.8	37.2	28.1	29.7	20.8	9.2	5.4	20.2	30.4	28.7
11	Puente Alto, Chile	20.6	15.3	17.2	14.7	21.5	29.9	28.7	33.3	26.4	20.3	15.2	12.9	11.8	23.5	-	-
12	Caldas, Colombia	20.3	19.2	31.9	45.6	15.7	14	15.8	14.2	17.7	16.7	17.3	14.5	20.3	18.8	-	-
13	Itagüe, Colombia	20.1	18.9	27.9	43	19	13.9	15.1	13.9	16.4	18.2	18	17	19.9	21.6	-	-
14	Girardota, Colombia	20	17.6	25.7	45.4	17.6	14.3	16.6	14.9	17.5	16.4	19.1	18.1	12.3	17.1	-	-
15	Osorno, Chile	19.2	5	6.1	8.8	25.7	33.3	30.9	39.6	29.5	28.3	18	10.4	6.5	32.8	38.2	30.8

Figura 2.9. Ciudades más contaminadas de Sudamérica

Fuente: www.iqair.com (Ciudades más contaminadas del mundo en 2020: Ranking PM2.5 | AirVisual, s. f.)

US AQI Level		PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Recomendación de Salud (para exposición de 24 horas)
	BUENO	0-50	0-12.0	La calidad del aire es satisfactoria y plantea poco o ningún riesgo
	Moderado	51-100	12.1-35.4	Las personas sensibles deben evitar la actividad al aire libre, ya que pueden experimentar síntomas respiratorios.
	Perjudicial para grupos sensibles	101-150	35.5-55.4	El público en general y las personas sensibles en particular corren el riesgo de experimentar irritación y problemas respiratorios.
	Perjudicial	151-200	55.5-150.4	Mayor probabilidad de efectos adversos y agravamiento del corazón y los pulmones entre el público en general.
	Muy perjudicial	201-300	150.5-250.4	El público en general se verá notablemente afectado. Los grupos sensibles deben restringir las actividades al aire libre.
	Peligroso	301+	250.5+	El público en general tiene un alto riesgo de experimentar fuertes irritaciones y efectos adversos para la salud. Todos deben evitar las actividades al aire libre.

Figura 2.10. Índice de calidad del aire de Estados Unidos (AQI de EE. UU.)

Fuente: (IQAir, 2020)

Es importante revisar los indicadores de las ciudades chilenas respecto al resto del mundo, puesto que, si bien a nivel mundial se ubica en el lugar 42, este tiene en cuenta el promedio ponderado anualmente. A diferencia de otras ciudades, las chilenas presentan índices muy elevados solo en

Capítulo 2. Marco teórico

algunos meses (invierno) lo que disminuye el promedio anual. En pocas palabras en los meses de invierno las ciudades más contaminadas de Chile se asemejan bastante con las más contaminadas del mundo.

2.5. Aspectos normativos

2.5.1. Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA)

De acuerdo a lo señalado por el Ministerio de Medio Ambiente, los Planes de Descontaminación Atmosférica son instrumentos de gestión ambiental elaborados por el Ministerio del Medio Ambiente para resguardar la salud de la población de zonas saturadas mediante la implementación de ciertas medidas y acciones destinadas a reducir los niveles de contaminación del aire. En la actualidad se contabilizan 15 PDA funcionando a lo largo y ancho del territorio nacional. Cada uno de ellos comprende a una población diferente y presenta requerimientos específicos, a continuación, se describen algunas características de cada uno de ellos:

Tabla 2.2. Antecedentes Planes de Descontaminación Atmosférica

Descripción	Decreto que lo Rige	Población Beneficiada
Plan para el Valle Central de la Región de O'Higgins	D.S. N°15/2013	705.576
Plan para el Valle Central de la Provincia de Curicó	D.S. N°44/2017	268.248
Plan para las comunas de Talca y Maule	D.S. N°49/2016	270.078
Plan para las comunas Chillán y Chillán Viejo	D.S. N°48/2016	215.646
Plan para la comuna de Los Ángeles	D.S. N°4/2017	202.331
Plan para las comunas de Concepción Metropolitano	D.S. N°6/2018	971.285
Plan para las comunas de Temuco y Padre las Casas	D.S. N°8/2015	358.541
Plan para la comuna Valdivia	D.S. N°25/2017	166.08
Plan para la comuna de Osorno	D.S. N°47/2015	161.46
Plan para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante	D.S. N°7/2018	57.818

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3. Listado de medidas exigidas en Planes de Descontaminación Atmosférica

Medidas	Aplicable en:
Uso y mejoramiento de calidad de la leña.	Todas
Control de emisiones asociadas a quemas agrícolas y domiciliarias.	Todas
Compensación de emisiones.	Todas
Uso y mejoramiento de artefactos.	Todas
Control de emisiones de fuentes fijas.	Todas
Educación y difusión ambiental.	Todas
Mejoramiento de la eficiencia térmica de las viviendas.	Todas
Control de emisiones asociadas a fuentes móviles.	Todas
Gestión de episodios críticos de contaminación.	Todas
Generación de áreas verdes y ciclovías.	Solo Concepción

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2. Marco teórico

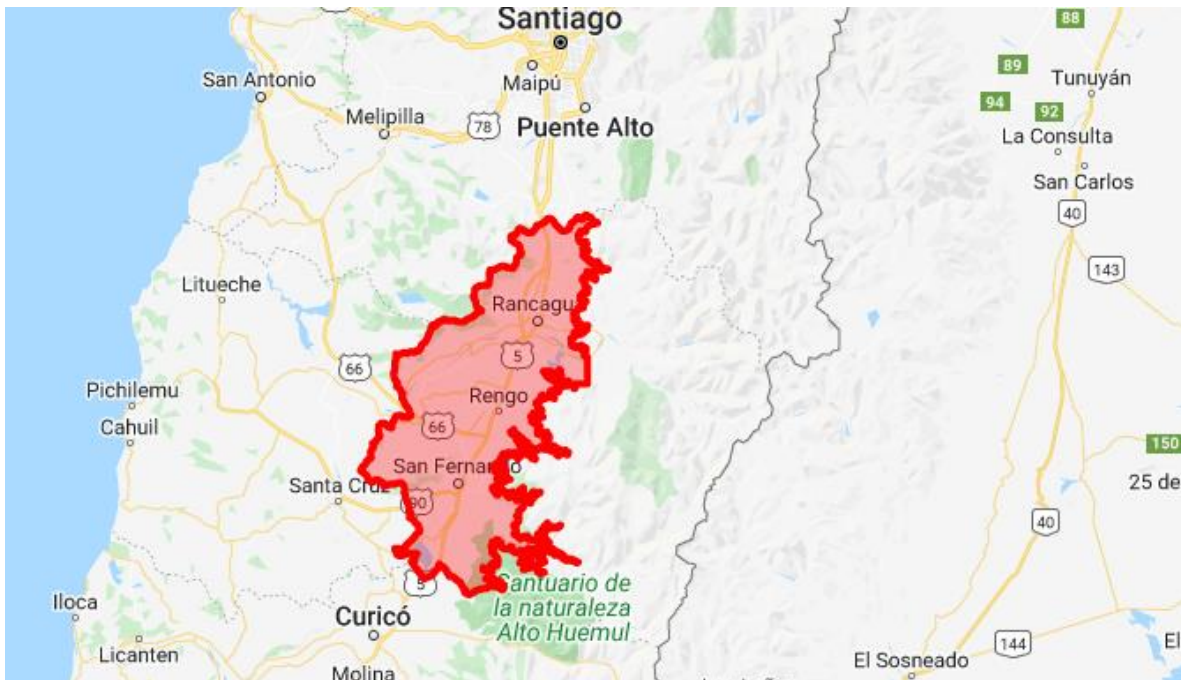


Figura 2.11. Mapa Plan para el Valle Central de la Región de O'Higgins

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>



Figura 2.12. Mapa Plan para el Valle Central de la Provincia de Curicó

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

Capítulo 2. Marco teórico



Figura 2.13. Mapa Plan para las comunas de Talca y Maule

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

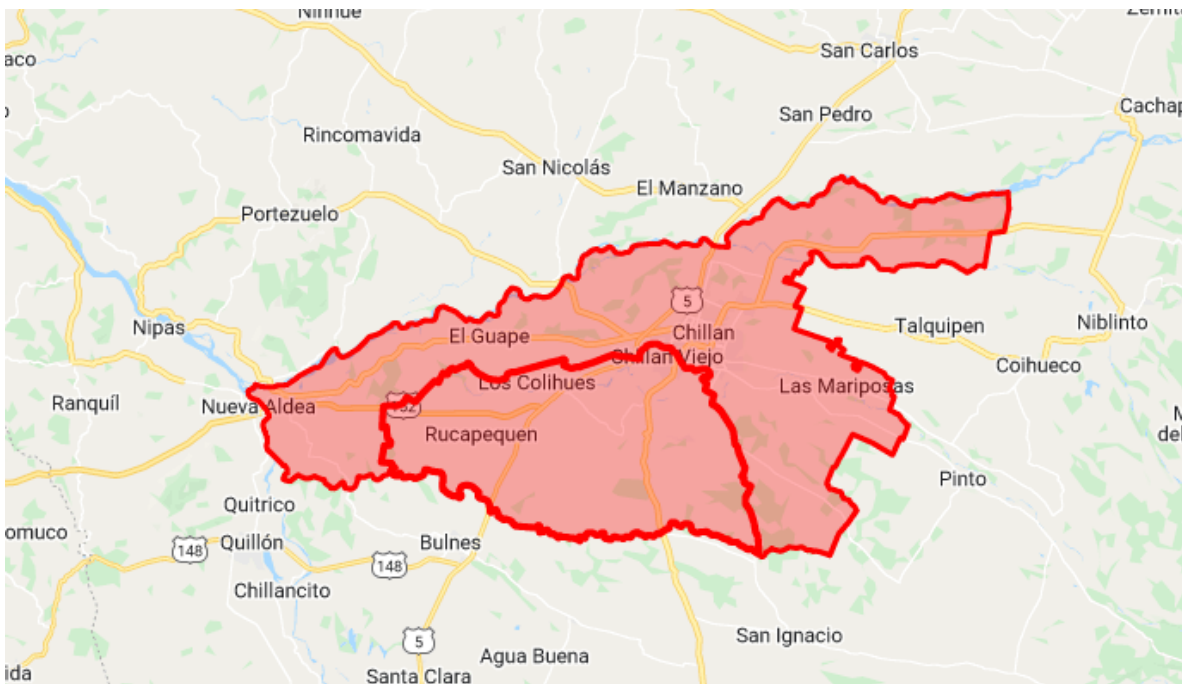


Figura 2.14. Mapa Plan para las comunas Chillán y Chillán Viejo

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

Capítulo 2. Marco teórico



Figura 2.15. Mapa Plan para la comuna de Los Ángeles

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>



Figura 2.16. Mapa Plan para las comunas de Concepción Metropolitana

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

Capítulo 2. Marco teórico

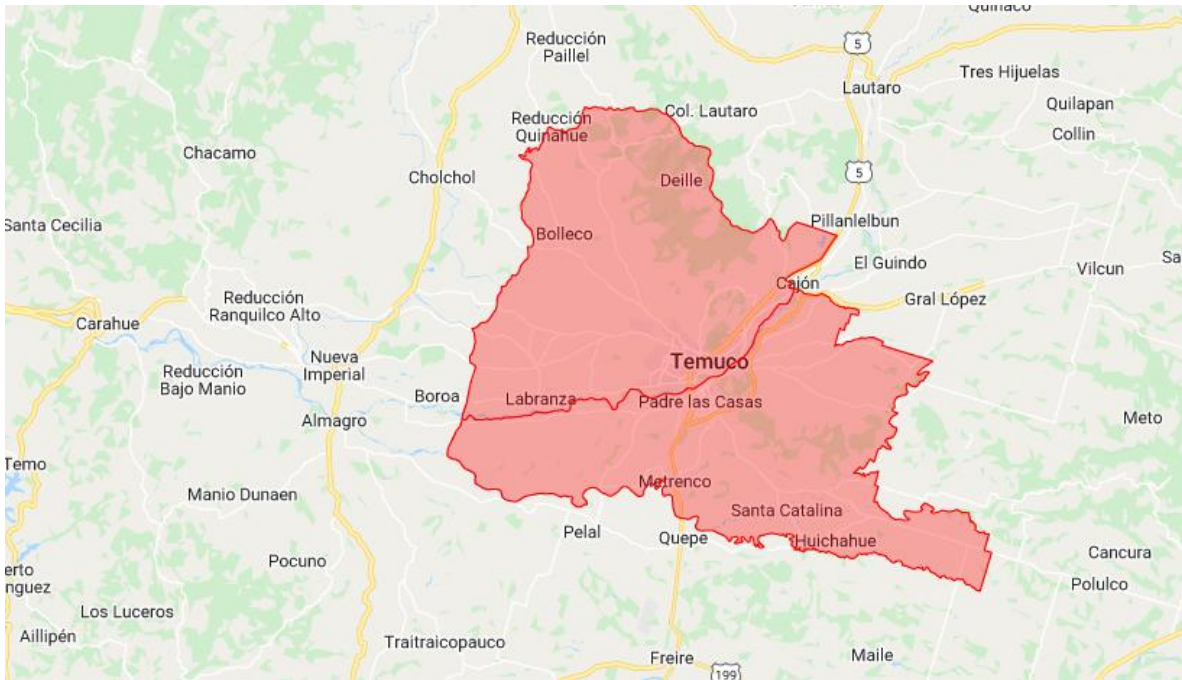


Figura 2.17. Mapa Plan para las comunas de Temuco y Padre las Casas

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

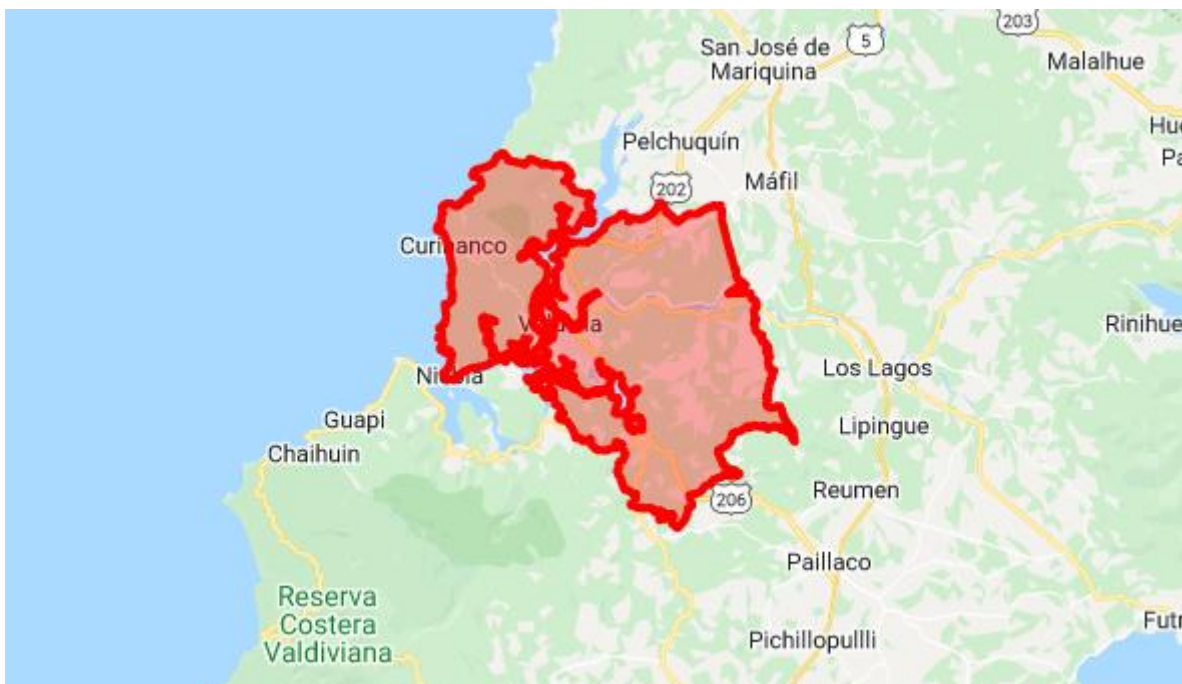


Figura 2.18. Mapa Plan para la comuna Valdivia

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

Capítulo 2. Marco teórico



Figura 2.19. Mapa Plan para la comuna de Osorno

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>



Figura 2.20. Mapa Plan para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante

Fuente: <https://ppda.mma.gob.cl/>

2.6. Condiciones climáticas y ambientales

Las principales características del clima de Chile se encuentran contenidas en la norma NCh 1079 anexada el año 2008. En ella se define una zonificación climático habitacional que define el territorio en 9 zonas. Adicionalmente la norma igual entrega recomendaciones para el diseño arquitectónico de cada una de las zonas. La Tabla 2.4 se describe las características de cada zona mientras que la Figura 2.21 muestra en detalle la ubicación de cada zona en el territorio nacional.

Tabla 2.4. Características Zonificación climática

Zona	Localización	Características generales
NL	Norte litoral: Se extiende desde el límite con el Perú hasta el río Aconcagua, ocupando la faja costera al lado occidental de la Cordillera de la Costa, hasta donde se deja sentir directamente la influencia del mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. Ancho variable llegando hasta 50 km aproximadamente.	Zona desértica con clima dominante marítimo. Poca oscilación diaria de temperatura. Nubosidad y humedad que disipa al medio día. Soleamiento fuerte en las tardes. Lluvias nulas en el norte y débiles en el Sur. Vientos de componente W. Atmósfera y suelo salinos. Vegetación nula o escasa.
ND	Norte desértica: ocupa la planicie comprendida entre ambas cordilleras (de la Costa y de los Andes). Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos, Pueblos ND Hundido y Chañaral excluidos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3 000 m aproximadamente.	Zona desértica, sin lluvias, calurosa. Atmósfera limpia con fuerte radiación solar. Noches frías. Fuerte oscilación diaria de temperaturas. Ambiente seco. Vegetación nula. La cruza el río Loa, formando una angosta subzona de microclima particular. Vientos fuertes.
NVT	Norte valles transversales: ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL excluida la Cordillera de los Andes por sobre 400 m y desde Pueblo Hundido hasta el valle del río Aconcagua, excluido.	Zona semidesértica. Veranos largos y calurosos. Microclimas en los valles. Lluvias escasas aumentando hacia el sur. Fuerte radiación solar y oscilación diaria de temperaturas. Escasas nubosidad. Vegetación en aumento. Vientos irregulares. Atmósfera relativamente seca.
CL	Central litoral: cordón costero continuación zona NL desde el Aconcagua hasta el valle del Bío-Bío excluido. Penetra ampliamente en los anchos valles que abren las desembocaduras de los ríos.	Zona con clima marítimo. Inviernos cortos de 4 a 6 meses. Temperatura templada. Nubosidad en verano disipa a mediodía. Lluvias importantes. Vientos de componente W. Suelo y ambiente salinos y relativamente húmedos. Vegetación normal.
CI	Central interior: valle central comprendido entre la zona NL y la precordillera de los Andes por bajo los 1 000 m. Por el N comienza con el valle del Aconcagua o por el S llega hasta el valle del Bío-Bío excluido.	Zona de clima mediterráneo. Temperaturas templadas. Inviernos de 4 a 5 meses. Vegetación normal. Lluvias y heladas en aumento hacia el S. Insolación intensa en verano especialmente hacia el NE. Oscilación diaria de temperatura moderada, aumentando hacia el E. Viento del SW.
SL	Sur litoral: Continuación de zona CL desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.	Zona de clima marítimo, lluvioso. Inviernos largos. Suelo y ambiente salinos y húmedos. Vientos fuertes de componente W. Vegetación robusta. Temperatura templada a fría.
SI	Sur interior: continuación de zona CI desde el Bío-Bío incluido, hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el E, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m aproximadamente.	Zona lluviosa y fría con heladas frecuentemente. Veranos cortos de 4 a 5 meses con insolación moderada. Lagos y ríos numerosos, con microclimas. Vegetación robusta. Ambiente y suelo húmedo. Vientos S y SW.

Capítulo 2. Marco teórico

SE	Sur extremo*: La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el E.	Zona fría y muy lluviosa, disminuyendo de W a E. Clima especialmente marítimo en zonas bajas. Fuertes vientos. Nubosidad casi permanente. Veranos muy cortos. Suelo y ambiente muy húmedo. Vegetación muy robusta. Heladas y nieve en zonas altas como asimismo radiación solar moderada en verano. Microclimas importantes en el interior.
An	Andina*: comprende la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3 000 m de altitud en el Norte (Zona Altiplánica) que bajando paulatinamente hacia el Sur se pierde al Sur de Puerto Montt. > 900 m de altitud.	Zona de atmósfera seca, grandes oscilaciones de temperatura entre día y noche. Tormentas de verano en el altiplano (norte). Ventiscas y nieve en invierno. Vegetación de altura. Gran contenido de ultravioleta en la radiación solar. Dado que presenta grandes diferencias en latitud y altura, presenta características muy particulares a lo largo de ella, siendo en general de condiciones muy severas.

*** La componen varias subzonas actualmente poco estudiadas debido a su baja densidad poblacional.**

Fuente: NCh1079, of. 2008

Capítulo 2. Marco teórico

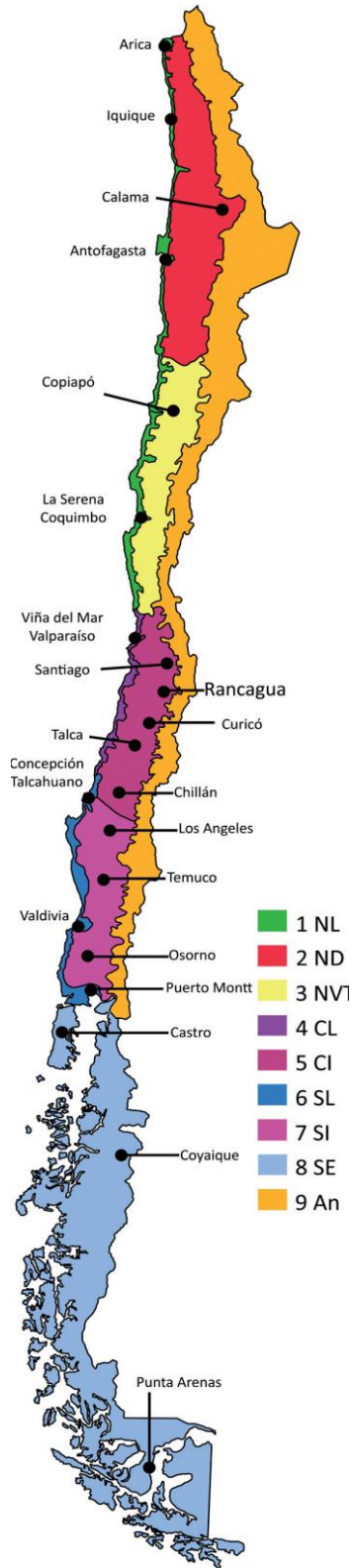


Figura 2.21. Mapa Zonificación climática

Fuente: NCh1079, of. 2008

Capítulo 3. Metodología

3.1. Registros de monitoreo ambiental

La evaluación abordó un enfoque cuantitativo en el que se recopiló, clasificó y analizó información publicada por el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA). Para ello, se revisó la información disponible sobre todos los centros de medición pertenecientes a comunas regidas por los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) de la zona centro sur de Chile.

La información fue extraída de la página web del SINCA, en esta es posible revisar datos en tiempo real e información histórica de los diferentes puntos de monitorización en el país. La Figura 3.1 muestra el esquema presentado en página web de la Institución, cada uno de los centros de recopilación pueden ser seleccionados para obtener información más detallada sobre los indicadores levantados.

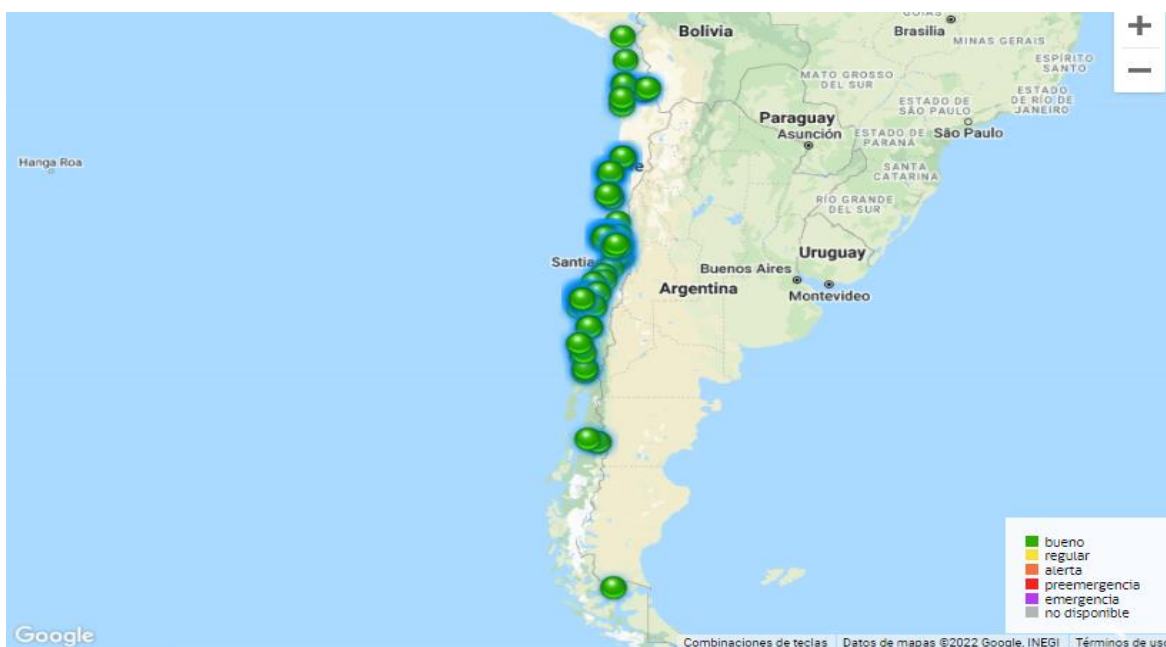



Figura 3.1. Mapa puntos de Monitorización Ambiental.

Fuente: Página web, <https://sinca.mma.gob.cl/>

En la Figura 3.2 se muestra una de las estaciones de monitoreo a modo de ejemplo. Los antecedentes presentados, incluyen información general asociada a la ubicación del centro, su representatividad poblacional y diferentes parámetros de contaminantes. Algunas estaciones incluyen más antecedentes que otras, pudiéndose obtener incluso información de parámetros meteorológicos en algunos casos.

Capítulo 3. Metodología



Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile


SINCA

Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire

SINCA
DOCUMENTACIÓN
PREGUNTAS FRECUENTES
EN LÍNEA
INFORMACIÓN HISTÓRICA

SINCA » Región de La Araucanía »

Estación Ñielol



Información general

Propietario	Ministerio del Medio Ambiente
Operador	Sub Secretaría del Medio Ambiente
Región	de La Araucanía
Provincia	Cautín
Comuna	Temuco
Coordenadas UTM	710378 E 5710745 N
Huso horario	18
Recepción de datos	en línea
Inicio de operación reportada	2017-05-10

Representatividad

	Fecha de inicio	Fecha de término	Archivo de respaldo
MP10	22-02-2019	N/D	descargar
MP 2.5	22-02-2019	N/D	descargar

Total 2 representatividades

Parámetros contaminantes

Parámetro	Fecha primer registro	Fecha último registro	Técnica de medición	Gráficos
Material particulado MP 10 (MP 10 - $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11-05-2017	2022-02-23	ATENUACION BETA- MET ONE 1020	Gráfico
Material particulado MP 2.5 (MP 2.5 - $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11-05-2017	2022-02-23	ATENUACION BETA- MET ONE 1020	Gráfico

Total 2 parámetros contaminantes

Parámetros meteorológicos

Parámetro	Frecuencia	Altura de medición	Fecha primer registro	Fecha último registro	Técnica de medición	Gráficos
Radiación global (Rad. Global - W/m^2)	horario	3 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - LSI LASTEM DPA568	Gráfico
Presión atmosférica (Presión - mbar)	horario	3 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - LSI LASTEM DQA202	Gráfico
Precipitaciones (Precipitaciones - mm)	horario	4 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - LSI LASTEM DQA130C	Gráfico
Humedad relativa del aire (Humedad relativa - %)	horario	3 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - LSI LASTEM DMA675	Gráfico
Temperatura ambiente (Temperatura - $^{\circ}\text{C}$)	horario	10 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - LSI LASTEM DMA675	Gráfico
Dirección del viento (Dir. viento - $^{\circ}$)	horario	10 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - RM YOUNG 5103	Gráfico
Velocidad del viento (Vel. viento - m/s)	horario	10 m	01-01-2017	22-02-2022	SENSOR - RM YOUNG 5103	Gráfico

Total 7 parámetros meteorológicos

Figura 3.2. Antecedentes presentados en ficha Estación Ñielol

Fuente: Página web, <https://sinca.mma.gob.cl/>

3.2. Descripción de la población estudiada

La población analizada forma parte de 8 regiones y está compuesta por 42 comunas en la que se identificaron registros de 38 puntos de monitoreo (más detalles ver Tabla 4.1). Como criterios de inclusión, se consideraron aquellos puntos que tuvieran registros completos de a lo menos los últimos 3 años (2018-2019-2020) y en cuyos datos se informara sobre los índices de MP_{2,5}. Respecto a los registros, se utilizaron mediciones actualizadas cada 1 hora durante todo el año. De la revisión se obtuvieron 28 puntos de monitoreo en 17 comunas que cumplían los requerimientos de inclusión antes mencionados. La información recogida contempla datos pertenecientes al 75% de la población total que conforman los PDA evaluados (INE, 2017), la Tabla 4.2 resume algunas características de las comunas y puntos de monitoreo utilizados para la evaluación.

3.3. Criterios de agrupamiento de datos

El estudio contempla 10 zonas con PDA, las que se extienden desde el centro al sur del país. Las condiciones climáticas se ven influenciadas según latitud y longitud de cada zona. Algunos PDA están conformados por varias comunas y puntos de medición, no obstante, sus condiciones climáticas son representativas de la zona en la que están ubicados, presentando en su mayoría características muy similares. En función de ello, los resultados son analizados a nivel de valores medios entre los registros de las comunas que conforman cada PDA.

Para los registros de cada punto de monitoreo se agruparon los valores medios de cada hora del día y mes del año al que pertenecía. Adicionalmente, se dividieron los datos entre aquellos correspondientes a días de semana (lunes a viernes) y fines de semana (sábado y domingo). Esta información se utilizó para establecer un perfil de la generación de emisiones en cada zona evaluada.

3.4. Identificación de la contaminación de fondo

Los datos de emisiones levantados incorporan información de las diferentes fuentes emisoras de material particulado en cada ciudad. Parte importante de estas fuentes mantienen niveles relativamente constantes a lo largo del año, pues no dependen necesariamente de la rigurosidad climática sino más bien del funcionamiento laboral y productivo de cada ciudad. Se pueden mencionar entre las principales, las cargas asociadas al transporte y la industria. Teniendo en cuenta que estos registros pueden influir en la interpretación de los resultados, el presente estudio estableció un criterio para conseguir una aproximación a dichos valores. Para ello, el primer paso consistió en utilizar la información ya definida para realizar un análisis mediante diagramas de caja y bigotes.

Capítulo 3. Metodología

Posteriormente, se revisaron las gráficas para establecer patrones asociados a la distribución de las emisiones horarias. Esto permitió identificar que, en todos los diagramas, las diferencias entre el límite superior del primer cuartil de los datos, resultaban casi imperceptibles, caso contrario a lo observado respecto a la mediana y los demás cuartiles (ver Figura 4.3 y Figura 4.4). Por otro lado, los valores del límite superior resultaban muy similares también a los registros de emisiones horarias en los meses de verano, donde prácticamente no existe influencia de parte de los sistemas a calefacción en los registros de emisiones. En base a estos aspectos, el criterio establecido para identificar la contaminación de fondo fue el límite superior del primer cuartil (ver Tabla 4.3 y Tabla 4.4).

3.5. Distribuciones horarias y mensuales

Para determinar el comportamiento de la población respecto al uso de calefacción, se procedió a establecer la distribución de emisiones según hora y mes del año para cada PDA. El proceso se desarrolló determinando la relación entre el valor de emisiones promedio de cada hora y la máxima de emisiones en el año, expresado en porcentaje. Los registros utilizados fueron sometidos a un proceso de ajuste que consistió en descontar los valores correspondientes a las emisiones de fondo expresadas en Tabla 4.3 y Tabla 4.4 .

Los resultados se calcularon tanto para los periodos de semana como fines de semana, además se estableció el valor promedio mensual en cada caso. Las emisiones de fondo fueron descontadas con el objetivo de disminuir la influencia de fuentes externas dentro de los registros, no obstante, algunas zonas mantuvieron presencia de emisiones en meses de verano. Teniendo en cuenta estas pequeñas concentraciones, la definición de los meses con uso de calefacción se estableció a partir de aquellos donde el promedio de emisiones mensuales (sobre la máxima anual), estuviese sobre el 2% tanto en días de semana como fines de semana; esto siempre y cuando la mediana de las emisiones para esa zona en los meses de invierno (mayo-agosto), se ubicase sobre los $30[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ (ver Tabla 4.5 y Tabla 4.6). En caso de estar por debajo de este valor el requerimiento se incrementó a un 5%, ya que, ante una menor concentración de contaminantes, las fuentes externas (posibles incendios u otras) son porcentualmente más influyentes.

En general los valores promedio de emisiones pueden variar desde un 2% hasta más de un 50% según la zona y mes estudiado. Esto resulta un rango bastante amplio, por lo que se procedió a clasificar los valores mensuales en dos grupos. El primero considera aquellos con promedios

Capítulo 3. Metodología

mensuales desde un 2% o 5% según sea el caso hasta un 20%. Por otro lado, el segundo grupo toma en cuenta los meses donde el promedio mensual supera el 20%.

Los datos de ambos grupos fueron contrastados con las temperaturas promedio horarias, estableciéndose una relación directa entre la cantidad de emisiones y la temperatura media horaria mensual. En función de lo anterior, el primer grupo fue designado como registro para “meses fríos” y el segundo registro para “meses muy fríos”.

3.6. Variaciones horarias y generación de perfiles

El proceso se desarrolló en dos etapas, la primera de ellas consistió en analizar las distribuciones horarias de cada zona de forma independiente. Para este proceso se formuló un algoritmo que permitió definir los periodos donde los incrementos en las emisiones daban cuenta de un mayor uso en la calefacción. Este algoritmo consideró la presencia de calefacción cuando las emisiones de alguna hora fuesen superiores a un 60% del valor máximo anual, o bien cuando la hora estudiada presentase un incremento en la concentración de emisiones respecto a la hora que la precedía. El detalle de la fórmula se presenta a continuación.

Calefacciones Encendidas (On): $E_{ph-1} \leq E_{ph}$ o $E_{ph} \geq 60\%$ del registro máximo anual

Calefacciones Apagadas (Off): $E_{ph-1} > E_{ph}$ Si $E_{ph} < 60\%$ del registro máximo anual.

Donde:

E_{ph} : Porcentaje de emisiones promedio de zonas con PDA para la hora evaluada.

E_{ph-1} : Porcentaje de emisiones promedio de zonas con PDA para la hora previa.

Tal como se ha mencionado antes, el análisis buscó generar un patrón característico y representativo de la población nacional, en este contexto generar perfiles diferentes en cada zona puede crear dificultades para la interpretación y aplicación de los mismos, en función de ello, la segunda etapa se desarrolló unificando el conocimiento levantado en cada zona. Para esto, el indicador estadístico seleccionado como fuente de análisis fue la moda de los datos horarios. A partir de ella se construyeron los cuatro perfiles horarios descritos en la Tabla 4.28 y representados en la Figura 4.9.

Capítulo 3. Metodología

Los resultados para cada zona pueden ser revisados con mayor detalle desde la Figura 4.5. Diagrama para perfiles horarios de calefacción días de semana meses fríos. hasta la Figura 4.8.

3.7. Validación

Para la validación se procedió a contrastar los perfiles propuestos con información asociada a la población en estudio.

Existe una multitud de parámetros que influyen y se relacionan con el uso de la calefacción en viviendas, no obstante, uno de los más estudiados y que por lo general se suele relacionar en forma directa es la ocupación.

La datos utilizados para la validación forman parte de una investigación cuyo objetivo fue, desarrollar modelos de confort adaptativos para viviendas de interés social en la zona centro-sur de Chile (Pérez-Fargallo et al., 2018).

En el estudio se levantaron datos mediante encuestas a una muestra compuesta por 40 viviendas, cuya principal característica fue haber sido beneficiadas de algún tipo de subsidio estatal. Entre las tipologías se consideraron 6 viviendas unifamiliares y 6 adosadas, además de otras 25 viviendas unifamiliares y 3 departamentos ubicados en condominios.

La ocupación fue establecida en base a encuestas, en ellas se les consultaba a los residentes información asociada al uso que ellos hacían de estas. La consulta fue separada entre días de semana y fines de semana, en ambos casos se levantaron los datos para las 24 horas del día. Un total de 121 personas fueron las encuestadas, de ellas 57 eran hombres y 64 mujeres cuyas edades fluctuaban entre los 14 y 84 años.

Los datos fueron levantados mediante valores "0" que representaba ausencia de la persona en la hora consultada, o bien, valores "1" que indicaban una ocupación en la vivienda. Finalmente, los datos fueron tabulados para cada hora y periodo de la semana con lo que se establecieron los perfiles de ocupación característicos.

3.8. Revisión de perfiles

En este apartado se contrastan los perfiles obtenidos a través de las diferentes etapas de la investigación, con los criterios que habitualmente se utilizan en los procesos de simulación energética en Chile. Para ello, se revisan los procedimientos descritos en los apartados de simulación energética,

Capítulo 3. Metodología

de dos métodos y/o estándares utilizados para evaluar el desempeño de las viviendas en el país. El primero corresponde a los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas (ECSV) y el segundo a la Calificación Energética de Viviendas (CEV).

Una vez identificados los criterios de evaluación, se realiza una comparación gráfica de estos y los perfiles propuestos para posteriormente discutir las diferencias encontradas.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Levantamiento puntos de monitoreo ambiental

Tabla 4.1. Clasificación de información asociada a puntos de monitoreo seleccionados para evaluación.

Región	Comunas (Punto monitoreo)	Desde	Hasta	Información 3 años	Observaciones	Cumple
O'Higgins	Graneiros	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Rancagua	04-07-2008	14-10-2021	Sí		Sí
O'Higgins	Doñihue	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Olivar	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Coltauco	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Coinco	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Quinta de Tilcoco	-	-	Sin información		No
O'Higgins	San Vicente de Tagua Tagua	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Placilla	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Mostazal	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Codegua,	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Machalí	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Malloa	-	-	Sin información		No
O'Higgins	Rengo	22-11-2016	14-10-2021	Sí		Sí
O'Higgins	Requínoa	-	-	Sin información		No
O'Higgins	San Fernando	16-03-2016	14-10-2021	Sí		Sí
O'Higgins	Chimbarongo	-	-	Sin información		No
Maule	Talca (La Florida)	02-01-2004	14-10-2021	Sí	Información incompleta	No
Maule	Talca (UC. Maule)	22-03-2013	14-10-2021	Sí		Sí
Maule	Talca (Universidad de Talca)	21-03-2013	14-10-2021	Sí		Sí
Maule	Maule	-	-	Sin información		No
Maule	Curico	08-07-2012	14-10-2021	Sí		Sí
Maule	Teno	-	-	Sin información		No
Maule	Rauco	-	-	Sin información		No
Maule	Romeral	-	-	Sin información		No
Maule	Sagrada familia	-	-	Sin información		No
Maule	Molina	-	-	Sin información		No
Nuble	Chillán (INIA)	13-09-2008	15-10-2021	Sí		Sí
Nuble	Chillán (Purén)	16-03-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Nuble	Chillán viejo	-	-	Sin información		No
Bío-Bío	Los Angeles (Oriente)	25-05-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Los Angeles (21 mayo)	14-04-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Lota (rural)	04-08-2015	15-10-2021	Sí	Información incompleta	No
Bío-Bío	Lota (urbano)	04-08-2015	15-10-2021	Sí	Información incompleta	No
Bío-Bío	Coronel (Cerro Merquín)	07-10-2009	15-10-2021	Sí	Información incompleta	No
Bío-Bío	Coronel (Coronel Norte)	25-12-2021	13-10-2021	No		No
Bío-Bío	Coronel (Coronel Sur)	-	-	No	Sin registro MP 2,5	No
Bío-Bío	Coronel (Calabozo)	-	-	No	Sin registro MP 2,5	No
Bío-Bío	Coronel (Lagunillas ENEL)	25-12-2020	13-10-2021	No		No
Bío-Bío	Coronel (Escuadrón ENEL)	25-12-2020	13-10-2021	No		No
Bío-Bío	Coronel (Escuadrón ENESA)	28-12-2020	15-10-2021	No		No
Bío-Bío	San Pedro de la paz	-	-	Sin información		No
Bío-Bío	Penco	-	-	Sin información		No
Bío-Bío	Talcahuano (Consultorio San Vicente)	12-09-2009	15-10-2021	Sí	Datos solo desde 2015	Sí
Bío-Bío	Talcahuano (INPESCA)	01-07-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Talcahuano (Nueva Libertad)	23-10-2009	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Hualpén (Bocatoma)	06-05-2016	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Hualpén (ENAP Price)	01-12-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Hualpén (JUNJI)	29-12-2011	15-10-2021	Sí	Sin datos entre 2012-201	No
Bío-Bío	Hualpén (Indura)	15-02-2017	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Tomé	-	-	Sin información		No
Bío-Bío	Chiguayante (Punteras)	06-10-2009	15-10-2021	Sí	Datos solo desde 2015	Sí
Bío-Bío	Hualqui	26-11-2016	15-10-2021	Sí		Sí
Bío-Bío	Concepción	11-08-2009	14-10-2021	Sí		Sí
Araucanía	Temuco (Nielol)	11-05-2017	15-10-2021	Sí		Sí
Araucanía	Temuco (Las Encinas)	01-01-2009	15-10-2021	Sí		Sí
Araucanía	Padre las Casas	22-03-2012	15-10-2021	Sí		Sí
Los Ríos	Valdivia	09-08-2008	15-10-2021	Sí		Sí
Los Ríos	Valdivia (II)	01-09-2018	15-10-2021	Sí		Sí
Los Lagos	Osorno	25-07-2008	15-10-2021	Sí		Sí
Aysén	Coyhaique	01-03-2013	15-10-2021	Sí		Sí
Aysén	Coyhaique (II)	01-09-2013	15-10-2021	Sí		Sí

Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de SINCA.

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.2. Resumen características de comunas y puntos de monitoreo evaluados

Zona	Punto PDA	Comuna	Latitud/Longitud		Temperatura			
			Comuna	Pto. Monitoreo	Min.	Max.		
Zona 1	Plan para el Valle Central de la Región de O'Higgins	Graneros	-34.0646	-70.7261	-34.1623	-70.7139	4.5	29.6
		Rancagua	-34.1701	-70.7407	-34.1439	-70.7371	4.5	29.6
		Doñihue	-34.1896	-70.8903			4.7	30.0
		Olivar	-34.2093	-70.8171			4.5	30.0
		Coltauco	-34.2931	-71.0809			4.8	29.9
		Coinco	-34.2702	-70.9517			4.6	30.0
		Quinta de Tilcoco	-34.2701	-70.9517			4.5	29.8
		San Vicente de Tagua	-34.4393	-71.0770			4.7	30.1
		Placilla	-34.6386	-71.1175			4.5	30.0
		Mostazal	-33.9799	-70.7121			3.2	26.6
		Codegua	-34.0390	-70.6678			2.9	26.2
		Machalí	-34.1825	-70.6511			1.1	22.8
		Malloa	-34.4465	-70.9464			3.2	27.6
		Rengo	-34.4090	-70.8614	-34.3945	-70.8530	2.3	25.8
Requinoa	-34.2848	-70.8174			3.3	27.1		
San Fernando	-34.5839	-70.9892	-34.5799	-70.9897	1.9	25.1		
Chimbarongo	-34.7088	-71.0404			3.4	28.2		
Zona 2	Plan para el Valle Central de la Provincia de Curicó	Curico	-34.9857	-71.2391	-34.9749	-71.2340	2.3	26.1
		Teno	-34.8667	-71.1609			3.4	28.0
		Rauco	-34.9264	-71.3189			5.1	30.2
		Romeral	-34.9602	-71.1251			2.2	26.1
		Sagrada familia	-34.9988	-71.3817			4.9	30.0
		Molina	-35.1140	-71.2800			2.5	26.3
Zona 3	Plan para las comunas de Talca y Maule	Talca	-35.4264	-71.6660	-35.4066	-71.6333	4.8	29.6
		Maule	-35.5236	-71.6923	-35.4358	-71.6195	4.3	28.8
Zona 4	Plan para las comunas Chillán y Chillán Viejo	Chillán	-36.6066	-72.1034	-36.5948	-72.0893	3.8	27.8
		Chillán Viejo	-36.6229	-72.1318	-36.6162	-72.0931	3.9	27.7
Zona 5	Plan para las comunas de Concepción Metropolitano	Lota	-37.0944	-73.1563	-36.7237	-73.1237	5.9	20.8
		Coronel	-37.0292	-73.1453	-36.7362	-73.1189	5.7	21.7
		San Pedro de la paz	-36.8413	-73.1037	-36.7373	-73.1044	5.8	21.3
		Penco	-36.7386	-72.9938	-36.7700	-73.1138	5.8	21.4
		Talcahuano	-36.7144	-73.1142	-36.7807	-73.1156	5.7	20.3
		Hualpén	-36.7879	-73.0878	-36.7914	-73.1191	5.6	20.1
		Tomé	-36.6169	-72.9575	-36.8031	-73.1204	5.9	21.8
		Chiguayante	-36.9073	-73.0292	-36.9233	-73.0361	5.6	22.8
		Hualqui	-36.9759	-72.9383	-36.9775	-72.9319	5.3	24.7
		Concepción	-36.8272	-73.0502	-36.7846	-73.0521	5.6	22.4
Zona 6	Plan para la comuna de Los Ángeles	Los Ángeles	-37.4706	-72.3517	-37.4631	-72.3246	3.6	26.5
Zona 7	Plan para las comunas de Temuco y Padre las Casas	Temuco	-38.7400	-72.5901	-37.4712	-72.3615	4.3	25.1
		Padre las Casas	-38.7731	-72.5971	-38.7269	-72.5799	3.9	24.5
Zona 8	Plan para la comuna Valdivia	Valdivia	-39.8141	-73.2459	-38.7487	-72.6207	4.6	22.3
Zona 9	Plan para la comuna de Osorno	Osorno	-40.5738	-73.1358	-39.8055	-73.2587	4.6	21.3
Zona 10	Plan para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante	Coyhaique	-45.5711	-72.0685	-45.5790	-72.0500	-2.9	14.8
					-45.5799	-72.0611		

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.1 da cuenta del levantamiento de información realizado sobre las diferentes estaciones de monitoreo que conforman los PDA de la zona centro sur del país. En ella se resume y clasifica la información que cumple con los criterios de evaluación definidos en el apartado metodológico. Por otro lado, la Tabla 4.2 entrega información complementaria (ubicación y temperaturas) sobre las zonas donde se ubican las estaciones de monitoreo seleccionadas para la evaluación.

4.2. Emisiones

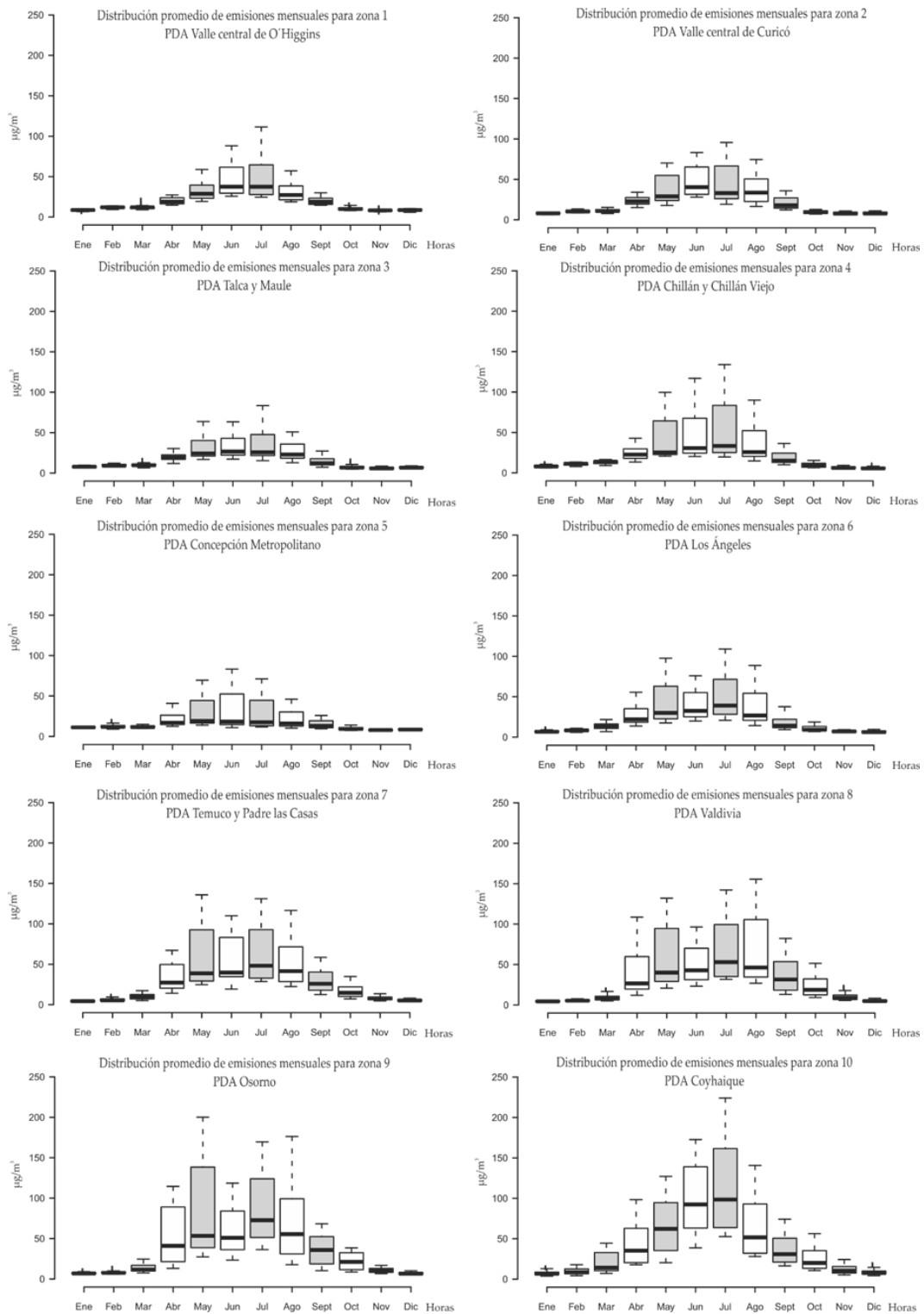


Figura 4.1. Distribución de emisiones medias mensuales días de semana

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

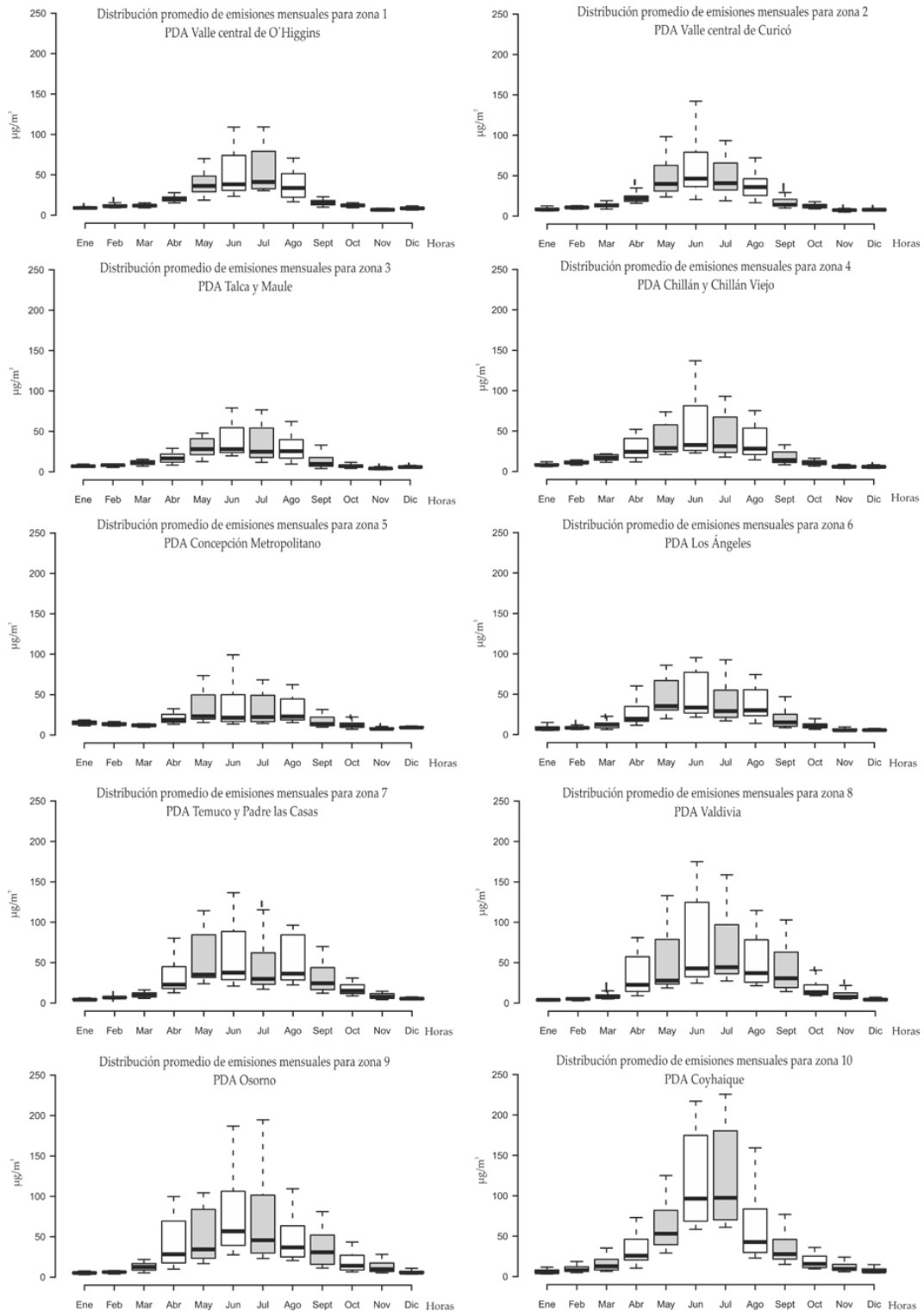


Figura 4.2. Distribución de emisiones medias mensuales días fines de semana

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

La distribución de las emisiones para las comunas pertenecientes a los diez PDA revisados permite identificar diferentes situaciones. En primer lugar se aprecia que los valores tienden a incrementarse con mayor claridad a partir del mes de marzo en las zonas nueve (Osorno) y diez (Coyhaique), periodos donde se observa un aumento en la amplitud de la caja respecto a los meses de diciembre-enero-febrero. Otros muestran cambios mayormente en los límites superiores e inferiores, como es el caso de las zonas, dos (Valle de Curicó), seis (Los Ángeles) y siete (Temuco y Padre las Casas) y en menor medida las zonas tres (Talca y Maule) y cuatro (Chillán). En las zonas uno (Valle O'Higgins), cinco (Concepción) y ocho (Valdivia) el incremento se hace evidente recién a partir del mes de abril. Tanto la amplitud de la caja como los límites superiores e inferiores dan cuenta de una variabilidad en los datos mensuales que pueden ser adjudicados al incremento de los niveles de calefacción, producto de las temperaturas más bajas de los meses de invierno. Respecto a la extensión de los meses con emisiones altas, se aprecia que guardan bastante relación con la ubicación geográfica de la zona, puesto que, desde la zona 1 hasta la seis, tanto la amplitud como la dispersión de los datos mantienen sus niveles más elevados hasta el mes de septiembre mientras que a partir de la zona 7 el periodo se extiende hasta el mes de octubre.

Por otro lado, todas las zonas estudiadas muestran que la mayor concentración de emisiones se produce en el periodo que abarca los meses de mayo hasta agosto. En estos meses, la mayor amplitud y dispersión de los valores de material particulado se producen entre la zonas siete y diez, siendo esta última la que presenta los valores más elevados. En cuanto a las zonas de concentraciones más bajas corresponden a las zonas tres y cinco. Si bien las cantidades identificadas en el ambiente son importantes de analizar, es necesario tener en cuenta que los datos no son necesariamente extrapolables entre sí, puesto que, cada zona presenta condiciones climáticas y de ventilación propias que influyen en la dilución del material particulado dentro del ambiente.

Los valores podrían ser agrupados en tres grupos; el primero involucra aquellas zonas donde el tercer cuartil (75% de los registros) bordea los 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] y el límite superior ronda los 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] en los meses más altos, se incluyen en este grupo las zonas 1-2-3-5-6, el segundo grupo considera aquellos donde el tercer cuartil está cercano a los 100 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], mientras que sus límites superiores borden las 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], entre ellos se cuentan las zonas 4-7-8. Finalmente, el tercer grupo considera las zonas con el tercer cuartil en torno a los 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] y límites superiores por encima de los 200 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], en este grupo se encuentran las zonas 9-10. Finalmente, en relación con los datos de

Capítulo 4. Resultados

emisiones por día, se observa mayoritariamente concentraciones más elevadas durante los fines de semana, lo que puede estar condicionado por una mayor presencia de los ocupantes en las viviendas.

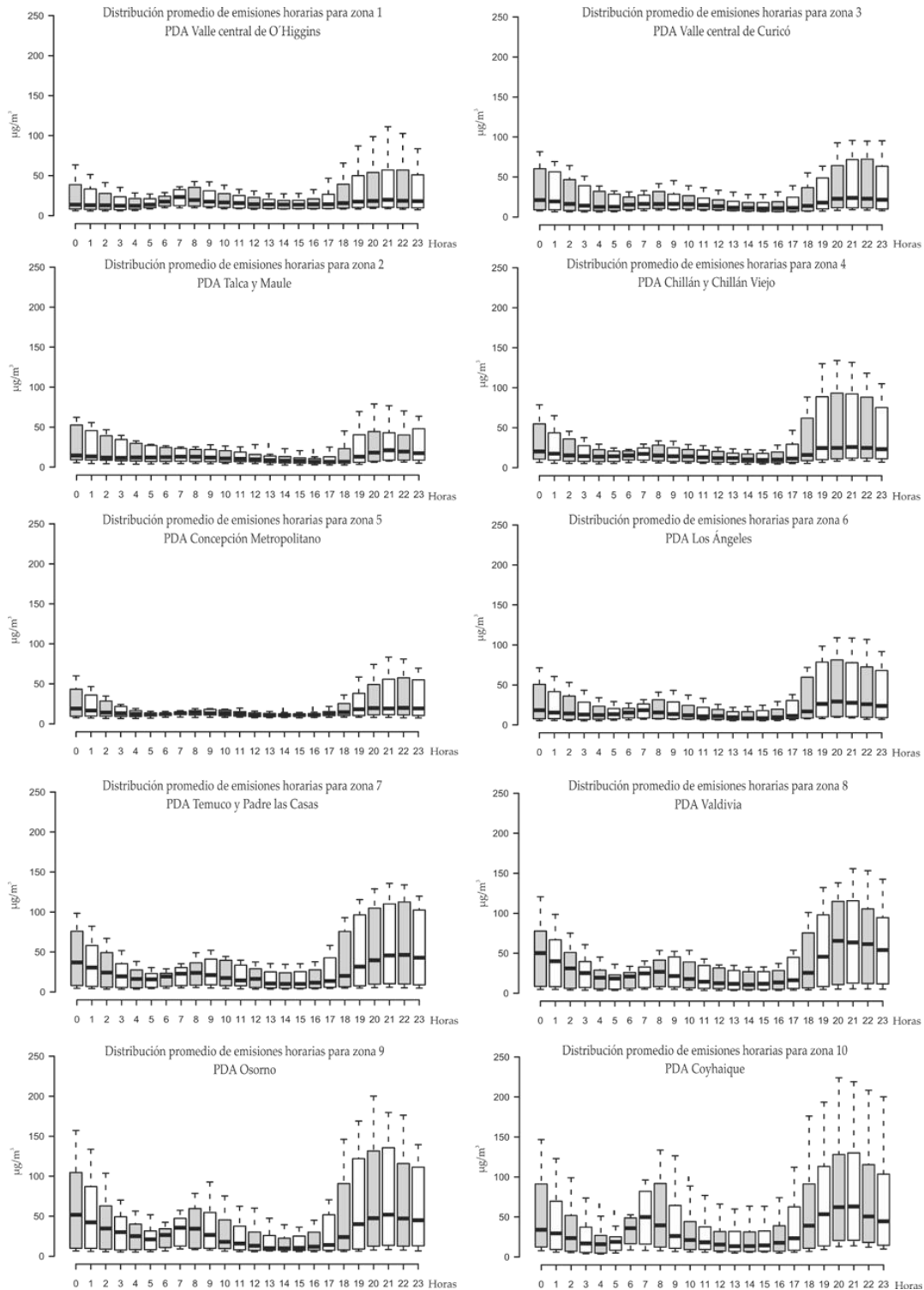


Figura 4.3. Distribución de emisiones medias horarias días de semana

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

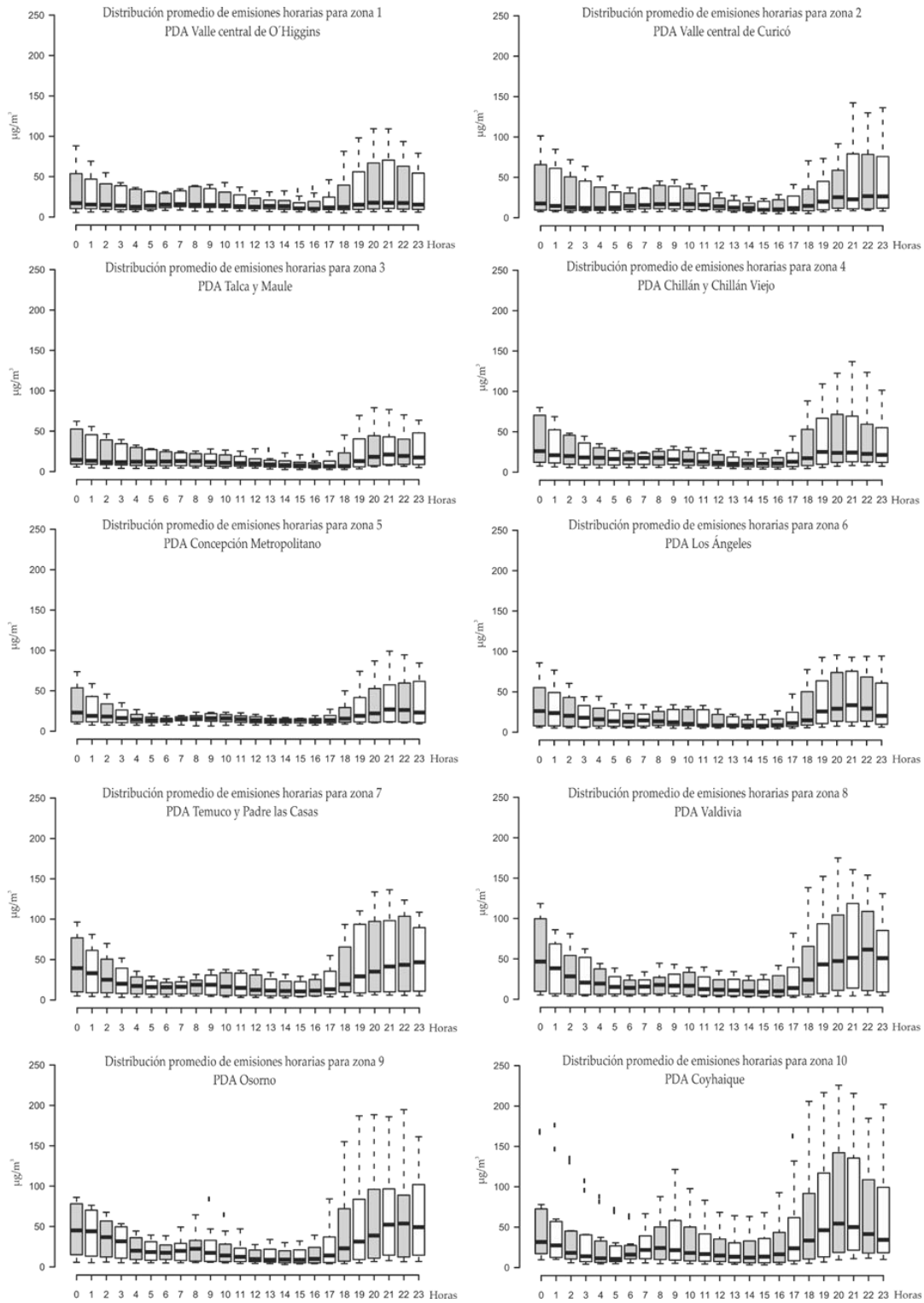


Figura 4.4. Distribución de emisiones medias horarias días fines de semana

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Respecto a las distribuciones horarias en cada zona evaluada, los registros indican un patrón característico que consiste en dos periodos del día con incrementos en los valores de emisiones. El primero se da mayoritariamente entre las 06:00 y 09:00 horas de la mañana. Posterior a esto se da una disminución paulatina hasta aproximadamente las 15:00 a 16:00 horas, horario tras el que se observa un incremento leve de las concentraciones hasta eso de las 18:00 horas. A partir de ahí, el incremento es mucho más evidente, alcanzando los índices más altos del día entre las 20:00 y 21:00 horas. Los registros se mantienen particularmente altos hasta las 23:00 horas, posterior a ello, los índices se reducen considerablemente hasta la mañana del día siguiente.

Entre las zonas uno y cinco se observa que la mediana de los datos (50% de los registros) se encuentra en un rango muy similar durante todo el día, a partir de la zona seis y hasta la diez, la mediana fluctúa en función de la hora, tal como sucede con los datos del tercer cuartil y el límite superior. El incremento se hace evidente en las zonas más al sur del país, donde los registros de concentraciones horarias son los más altos y con mayor dispersión. Las zonas nueve y diez son las únicas donde se observan valores atípicos dentro de los registros, concentrándose estos entre las 00:00 y 10:00 horas de la mañana. La zona 5 es la que muestra menores concentraciones fuera de los periodos punta (mañana y la tarde) y también aquella con la amplitud y dispersión de los datos horarios más bajos.

En general, es posible indicar que los registros fluctúan a lo largo del día en los periodos previos a las jornadas laborales y/o educativas en el caso de los menores de edad (06:00-08:00) y en las horas de retorno a las viviendas a partir de las 15:00 a 16:00 horas. Si bien, el periodo nocturno es donde se producen las temperaturas más bajas, los registros muestran que esa disminución no viene necesariamente acompañada con un uso más intensivo de la calefacción.

En relación a los registros según periodo, los fines de semana presentan concentraciones un poco más elevadas, además es posible identificar que el aumento en las emisiones producidas en las mañanas se ve retrasado en una hora respecto a los días laborables.

4.3. Contaminación de fondo

Los resultados muestran que en los meses con temperaturas más favorables (noviembre a febrero) los índices de contaminación se ven reducidos considerablemente. De aquí se desprende que los niveles más altos de contaminación pueden depender principalmente de la quema de leña para calefacción en los meses de otoño, invierno y parte de primavera. La contaminación que se encuentra

Capítulo 4. Resultados

presente en el ambiente durante todo el año será catalogada como contaminación de fondo y la identificación de sus valores queda descrita a continuación mediante la revisión del primer cuartil de las emisiones horarias.

Tabla 4.3. Valores del límite superior del primer cuartil para emisiones horarias días de semana según PDA [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Hora	Valle Central O'Higgins	Valle Central Curicó	Talca y Maule	Chillán y Chillán Viejo	Concepción Metropolitano	Los Ángeles	Temuco y Padre las Casas	Valdivia	Osorno	Coyhaique
0:00	8.2	9.5	8.0	10.8	9.4	7.6	8.0	8.5	9.8	12.5
1:00	7.8	9.2	7.5	9.5	9.7	7.9	7.0	8.1	9.7	9.3
2:00	7.8	8.8	6.9	8.2	9.5	6.7	6.0	6.1	8.8	7.2
3:00	7.5	8.9	6.6	8.0	9.3	6.8	5.6	7.1	7.7	5.6
4:00	7.9	9.2	6.3	7.6	9.2	7.1	5.3	5.4	8.2	4.8
5:00	9.7	9.3	6.4	7.8	9.6	7.5	5.8	5.1	8.1	8.4
6:00	12.0	10.1	7.8	9.8	10.6	8.6	7.2	6.2	10.8	16.7
7:00	12.6	11.1	9.0	9.6	11.6	8.6	8.0	7.1	12.6	16.1
8:00	11.9	11.2	8.0	8.7	11.0	8.0	8.7	8.3	10.0	12.3
9:00	11.3	10.8	8.1	8.0	11.0	7.6	9.0	7.9	9.8	10.8
10:00	10.2	10.1	8.1	7.8	10.0	7.3	7.9	6.6	9.5	9.2
11:00	9.5	10.3	8.2	7.2	9.5	7.3	7.8	6.0	7.9	9.3
12:00	9.3	9.9	7.5	7.1	9.1	7.0	5.5	5.6	7.1	7.6
13:00	9.1	8.8	6.7	6.8	9.1	6.3	5.1	4.5	7.5	7.0
14:00	8.6	8.5	6.4	6.8	9.3	6.3	4.7	4.6	7.5	6.9
15:00	8.8	8.3	6.5	6.4	9.4	6.3	4.8	4.7	7.1	7.3
16:00	8.9	8.0	6.2	6.4	9.5	6.8	5.1	4.9	7.5	7.1
17:00	8.9	9.0	6.0	6.9	10.3	7.9	5.9	5.9	7.6	8.5
18:00	9.4	8.7	6.2	8.8	10.5	8.5	6.5	6.6	7.8	10.9
19:00	10.2	9.8	8.0	10.0	10.3	10.0	7.8	8.3	9.0	13.8
20:00	10.5	11.8	8.8	11.2	11.2	10.6	9.7	10.8	12.4	20.5
21:00	10.4	11.0	10.0	12.1	11.4	10.3	10.4	12.4	13.4	20.8
22:00	9.9	11.0	10.0	12.0	11.1	9.5	10.0	12.1	12.5	18.2
23:00	9.6	11.8	9.4	11.3	10.4	9.0	9.0	11.7	12.9	14.5

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.4. Valores del límite superior del primer cuartil para emisiones horarias fines de semana según PDA [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Hora	Valle Central O'Higgins	Valle Central Curicó	Talca y Maule	Chillán y Chillán Viejo	Concepción Metropolitano	Los Ángeles	Temuco y Padre las Casas	Valdivia	Osorno	Coyhaique
0:00	10.4	9.5	9.2	12.2	11.3	7.9	9.9	9.9	15.1	17.1
1:00	10.3	9.2	8.9	11.3	11.4	7.8	8.8	6.9	13.4	12.4
2:00	9.6	8.8	8.4	9.8	10.8	7.1	8.8	6.3	12.3	10.5
3:00	9.0	8.9	8.0	9.0	10.6	6.6	8.0	5.9	10.9	7.2
4:00	9.1	9.2	7.5	9.2	10.4	7.6	7.5	6.1	9.1	6.4
5:00	9.7	9.3	7.0	8.7	10.6	7.3	7.0	6.4	8.3	7.2
6:00	11.4	10.1	7.1	9.7	11.2	6.8	6.9	6.0	9.1	10.7
7:00	12.7	11.1	7.5	9.5	12.9	7.6	7.5	6.7	7.9	10.9
8:00	11.8	11.2	6.8	8.8	13.3	8.3	7.7	6.8	7.1	9.9
9:00	11.7	10.8	6.8	9.7	12.2	8.2	6.5	7.1	6.9	9.2
10:00	11.5	10.1	6.4	8.4	11.6	8.0	5.5	5.3	6.4	8.2
11:00	10.6	10.3	6.8	8.4	10.8	7.5	5.5	5.0	6.6	7.8
12:00	10.2	9.9	6.7	7.9	10.3	6.9	5.8	4.8	6.4	7.4
13:00	10.0	8.8	5.6	7.1	9.9	6.7	5.2	4.5	5.9	6.3
14:00	9.5	8.5	5.3	6.7	10.1	6.1	5.0	4.3	5.2	5.8
15:00	9.4	8.3	5.0	6.5	10.2	6.2	4.5	3.9	5.0	5.9
16:00	9.1	8.0	4.7	6.3	9.8	6.6	5.1	4.4	4.9	6.5
17:00	9.1	9.0	4.7	6.9	10.3	7.2	7.3	4.6	5.4	8.3
18:00	8.9	8.7	5.3	8.1	11.0	8.6	9.6	6.0	7.1	10.5
19:00	9.5	9.8	6.0	9.8	11.3	10.7	8.5	7.1	9.0	13.2
20:00	9.9	11.8	7.4	12.0	11.1	13.5	10.0	11.0	10.9	18.6
21:00	10.6	11.0	8.7	12.8	11.7	12.6	9.9	13.8	14.6	21.4
22:00	9.7	11.0	8.9	12.5	11.3	13.6	10.8	10.7	12.3	17.9
23:00	9.5	11.8	8.7	12.0	10.7	9.7	10.8	8.8	14.5	18.4

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4.3 y la Tabla 4.4 se muestran los valores correspondientes al límite superior del primer cuartil (25% de los registros). En ellos se aprecian diferencias entre los valores horarios, no obstante, la magnitud de estas diferencias, resulta casi imperceptible respecto a los datos de emisiones, las variaciones de la mediana y el tercer cuartil; esto puede apreciarse de mejor manera al revisar la Figura 4.3 y la Figura 4.4.

De acuerdo a los registros, tanto el límite superior del primer cuartil como la contaminación de fondo comparten la cualidad de no verse mayormente influenciados por la rigurosidad climática, manteniéndose en rangos estables a lo largo del año. Por otra parte, los valores del primer cuartil son muy similares a los registros de los meses de verano donde no existen necesidades de calefacción.

Capítulo 4. Resultados

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se procedió a asociar la contaminación de fondo con aquellos registros del límite superior del primer cuartil de los datos estudiados.

4.4. Distribución de emisiones

El primer aspecto revisado entre los resultados de emisiones fue la magnitud y distribución de los promedios mensuales. En base a ello, los datos muestran que, pese a descontar la contaminación de fondo, algunas zonas mantienen pequeñas concentraciones en ciertas horas de los meses de verano. En general estos registros se presentan en las horas con mayores temperaturas del día, por lo que su origen derivaría de otras causas. Una de las más probables es la presencia de incendios forestales en los meses de verano. En todo caso los registros resultan bastante bajos respecto a otros meses.

Las concentraciones más altas en verano (enero-febrero) se producen en Concepción. Los datos difieren bastante de lo observado en el resto del año, donde la zona presenta el promedio anual más bajo de todos los PDA. Esto también se aprecia claramente en los meses más fríos (mayo-agosto) donde, por ejemplo, para los días de semana, la mediana de los datos fluctúa entre los 16,2 y 19[$\mu\text{g}/\text{m}^3$], muy por debajo de las demás zonas que tienen valores por sobre los 25 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] e incluso superiores a los 90[$\mu\text{g}/\text{m}^3$] en algunos casos (ver Tabla 4.5 y Tabla 4.6). Adicionalmente a los incendios, una variable que puede explicar este fenómeno, es la influencia que tiene la industria en la zona.

El PDA de Concepción involucra las comunas de Talcahuano y Hualpén, reconocidos focos industriales que además contribuyen con varias estaciones de medición. Por todo esto, se deduce que en la zona de Concepción la contaminación de fondo en los meses de verano presenta una mayor influencia dentro de los registros en comparación con las demás zonas evaluadas.

Tabla 4.5. Mediana de emisiones para datos PDA días de semana

SEM	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
1.Valle Central O'Higgins	8.9	11.2	11.8	19.9	36.3	38.2	41.1	33.7	15.1	12.2	6.7	8.5
2.Valle Central Curicó	8.1	10.3	10.8	23.0	29.0	40.3	33.1	33.5	18.0	9.6	7.6	7.9
3.Talca y Maule	8.7	11.9	11.9	19.0	28.7	37.5	37.5	27.3	18.7	9.9	8.2	8.7
4.Chillán y Chillán Viejo	8.0	11.4	14.0	22.7	25.3	30.8	33.4	25.7	15.1	8.8	6.1	5.6
5.Concepción Metropolitano	11.2	11.9	11.5	16.8	19.0	18.3	17.6	16.2	13.0	9.4	7.9	8.5
6.Los Ángeles	6.6	8.3	13.4	22.1	30.1	32.5	39.1	26.8	14.2	9.1	7.1	6.3
7.Temuco y Padre las Casas	4.4	5.4	9.7	27.3	38.8	39.7	48.2	41.6	25.8	14.6	7.5	5.1
8.Valdivia	4.4	5.2	8.6	26.5	40.0	42.9	52.9	46.2	31.4	18.6	8.4	4.8
9.Osorno	6.8	7.5	11.5	40.9	53.3	50.9	72.7	55.4	35.9	21.1	10.2	6.5

Capítulo 4. Resultados

10.Coyhaique	6.6	8.5	14.1	35.3	62.2	92.4	98.4	51.6	30.9	20.0	10.4	7.6
--------------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6. Mediana de emisiones para datos PDA fines de semana

FDS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
1.Valle Central O'Higgins	8.7	11.9	11.9	19.0	28.7	37.5	37.5	27.3	18.7	9.9	8.2	8.7
2.Valle Central Curicó	8.2	10.7	13.1	21.6	39.9	46.4	40.6	35.9	14.0	12.2	7.4	7.8
3.Talca y Maule	8.9	11.2	11.8	19.9	36.3	38.2	41.1	33.7	15.1	12.2	6.7	8.5
4.Chillán y Chillán Viejo	9.4	12.6	20.7	40.9	57.6	81.2	67.3	53.6	24.1	13.2	6.8	6.2
5.Concepción Metropolitano	15.6	13.2	11.8	18.7	23.3	21.3	22.1	22.9	13.5	11.5	7.5	9.1
6.Los Ángeles	7.0	8.5	12.4	19.5	35.3	33.5	29.2	30.0	15.2	10.5	5.4	5.6
7.Temuco y Padre las Casas	4.0	6.7	10.6	22.6	35.0	37.6	29.8	36.3	24.4	15.0	7.8	5.4
8.Valdivia	4.0	5.2	7.5	22.6	27.8	43.0	44.4	37.1	30.6	13.4	7.7	4.3
9.Osorno	5.2	6.3	12.6	28.3	34.3	56.7	45.7	36.7	30.8	14.0	9.8	5.4
10.Coyhaique	5.3	8.1	12.8	25.8	53.2	96.6	97.6	42.7	27.9	15.8	9.7	6.2

Fuente: Elaboración propia

La información recopilada se utilizó para definir y clasificar los meses donde se incrementan los niveles de contaminación. Los datos obtenidos muestran que las emisiones aumentan a medida que se acerca el invierno y disminuyen cuando se avanza hacia la primavera. En general, los valores promedio de emisiones pueden variar desde un 2% hasta más de un 50% según la zona y mes estudiado. Esto resulta un rango bastante amplio, por lo que se procedió a clasificar los valores mensuales en dos grupos. El primero consideró aquellos con promedios mensuales desde un 2% o 5% según fuese el caso hasta un 20%. Por otro lado, el segundo grupo tomó en cuenta los meses donde el promedio mensual supera el 20%.

A partir de la Tabla 4.7 y hasta la Tabla 4.26 se describen todos los resultados obtenidos mediante los criterios antes mencionados. Se resaltan los meses donde los promedios cumplen con los criterios indicados.

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.7. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle Central de la región de O'Higgins respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	2%	12%	41%	62%	78%	46%	12%	1%	0%	0%
1:00	0%	1%	1%	11%	36%	54%	59%	38%	8%	2%	0%	0%
2:00	0%	1%	3%	9%	32%	45%	45%	31%	8%	2%	0%	0%
3:00	0%	1%	4%	10%	32%	34%	33%	28%	6%	2%	0%	0%
4:00	0%	2%	1%	9%	26%	27%	26%	25%	5%	2%	0%	0%
5:00	0%	3%	1%	7%	22%	22%	22%	22%	6%	2%	0%	0%
6:00	0%	1%	1%	6%	19%	17%	19%	20%	4%	4%	0%	0%
7:00	0%	1%	2%	10%	22%	19%	20%	21%	4%	2%	0%	0%
8:00	0%	1%	3%	13%	27%	27%	27%	25%	3%	2%	0%	0%
9:00	0%	1%	3%	11%	26%	26%	28%	21%	3%	1%	0%	0%
10:00	0%	0%	2%	10%	24%	24%	31%	15%	4%	2%	0%	0%
11:00	0%	1%	3%	10%	21%	21%	27%	13%	2%	2%	0%	0%
12:00	0%	2%	3%	9%	17%	16%	22%	11%	2%	1%	0%	0%
13:00	0%	6%	2%	9%	15%	13%	21%	8%	2%	1%	0%	0%
14:00	0%	10%	1%	6%	12%	14%	23%	8%	2%	1%	0%	0%
15:00	0%	1%	0%	6%	9%	16%	24%	7%	1%	0%	0%	0%
16:00	0%	1%	0%	6%	12%	21%	27%	8%	1%	0%	0%	0%
17:00	0%	0%	0%	6%	19%	37%	36%	12%	2%	4%	0%	0%
18:00	0%	0%	1%	10%	34%	67%	73%	28%	5%	2%	0%	0%
19:00	0%	1%	2%	12%	46%	89%	88%	47%	9%	3%	0%	0%
20:00	0%	1%	2%	17%	54%	100%	100%	61%	12%	4%	0%	0%
21:00	0%	0%	2%	17%	60%	91%	99%	60%	12%	2%	0%	1%
22:00	0%	0%	1%	14%	53%	84%	81%	54%	13%	2%	0%	0%
23:00	0%	1%	2%	13%	45%	70%	68%	46%	10%	2%	0%	0%
Promedio	0.0%	1.6%	1.6%	10.1%	28.4%	40.7%	43.4%	26.5%	5.3%	2.0%	0.0%	0.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle Central de la región de O'Higgins respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	2%	1%	9%	28%	50%	55%	32%	12%	2%	0%	0%
1:00	0%	1%	1%	9%	25%	39%	43%	26%	11%	1%	0%	0%
2:00	0%	2%	1%	8%	19%	29%	33%	20%	9%	1%	0%	0%
3:00	0%	2%	2%	8%	16%	25%	28%	16%	7%	1%	0%	0%
4:00	0%	2%	2%	8%	13%	19%	20%	13%	7%	1%	0%	0%
5:00	0%	2%	2%	7%	12%	16%	17%	11%	6%	1%	0%	0%
6:00	0%	1%	4%	8%	12%	16%	17%	13%	10%	2%	0%	0%
7:00	0%	1%	8%	13%	19%	22%	23%	21%	13%	2%	0%	0%
8:00	0%	1%	5%	14%	24%	31%	30%	23%	10%	2%	0%	0%
9:00	0%	2%	3%	13%	21%	31%	27%	19%	10%	1%	0%	0%
10:00	0%	3%	4%	12%	18%	28%	25%	16%	8%	1%	0%	0%
11:00	0%	3%	3%	12%	16%	23%	21%	15%	9%	0%	0%	0%
12:00	0%	3%	3%	9%	15%	21%	17%	12%	7%	0%	0%	0%
13:00	0%	4%	3%	8%	12%	18%	16%	10%	6%	0%	0%	0%
14:00	0%	4%	3%	7%	10%	19%	16%	10%	6%	0%	0%	0%
15:00	0%	4%	2%	6%	10%	19%	16%	10%	6%	0%	0%	0%
16:00	0%	4%	1%	7%	14%	24%	18%	11%	7%	0%	0%	0%
17:00	0%	3%	2%	8%	20%	37%	30%	16%	8%	0%	0%	0%
18:00	0%	2%	2%	11%	32%	55%	56%	27%	11%	1%	0%	0%
19:00	0%	1%	2%	12%	41%	66%	76%	38%	15%	1%	0%	0%
20:00	0%	1%	1%	14%	44%	77%	87%	42%	18%	1%	0%	0%
21:00	0%	1%	2%	17%	48%	73%	100%	45%	19%	1%	0%	0%
22:00	0%	1%	2%	15%	47%	72%	92%	47%	18%	1%	0%	0%
23:00	0%	2%	2%	14%	39%	61%	73%	43%	14%	2%	0%	0%
Promedio	0.0%	2.2%	2.5%	10.3%	23.1%	36.2%	39.1%	22.3%	10.2%	0.9%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.9. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle central Provincia de Curicó respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	3%	15%	49%	70%	60%	37%	10%	2%	0%	0%
1:00	0%	1%	3%	12%	47%	58%	46%	33%	6%	1%	0%	0%
2:00	0%	1%	2%	10%	35%	48%	40%	29%	4%	1%	0%	0%
3:00	0%	1%	1%	9%	31%	42%	35%	25%	3%	1%	0%	0%
4:00	0%	0%	2%	7%	24%	30%	32%	20%	2%	0%	0%	0%
5:00	0%	1%	3%	7%	18%	24%	18%	16%	2%	1%	0%	0%
6:00	0%	1%	4%	7%	17%	21%	17%	14%	3%	2%	0%	0%
7:00	0%	1%	4%	9%	19%	19%	19%	20%	3%	3%	0%	0%
8:00	0%	1%	5%	10%	25%	26%	22%	22%	3%	2%	0%	0%
9:00	0%	1%	6%	10%	23%	28%	24%	20%	3%	3%	0%	0%
10:00	0%	1%	7%	10%	22%	24%	22%	18%	2%	3%	0%	0%
11:00	0%	1%	6%	8%	15%	20%	22%	15%	2%	2%	0%	0%
12:00	0%	1%	4%	6%	13%	14%	16%	9%	2%	2%	0%	0%
13:00	0%	1%	3%	9%	14%	10%	12%	8%	2%	1%	0%	0%
14:00	0%	1%	3%	7%	13%	9%	8%	6%	2%	1%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	8%	12%	11%	11%	7%	1%	1%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	7%	14%	16%	14%	8%	3%	1%	0%	0%
17:00	0%	0%	0%	5%	17%	24%	20%	10%	3%	0%	0%	1%
18:00	0%	1%	1%	8%	23%	47%	37%	18%	8%	1%	0%	0%
19:00	0%	1%	3%	11%	32%	48%	38%	22%	12%	4%	0%	0%
20:00	0%	0%	2%	17%	45%	61%	48%	26%	16%	5%	0%	0%
21:00	0%	0%	2%	24%	67%	100%	60%	44%	14%	4%	0%	0%
22:00	0%	1%	2%	23%	63%	91%	56%	47%	20%	4%	0%	0%
23:00	1%	0%	1%	23%	60%	95%	62%	37%	20%	2%	0%	0%
Promedio	0.0%	0.7%	2.8%	10.9%	29.2%	39.0%	30.8%	21.2%	6.1%	2.0%	0.0%	0.1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA Valle central Provincia de Curicó respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	2%	28%	68%	78%	85%	53%	26%	3%	0%	0%
1:00	0%	1%	1%	23%	60%	68%	71%	51%	24%	1%	0%	0%
2:00	0%	2%	2%	20%	49%	57%	66%	42%	17%	0%	0%	0%
3:00	0%	2%	2%	17%	38%	48%	50%	34%	12%	1%	0%	0%
4:00	0%	2%	2%	15%	26%	36%	36%	31%	9%	0%	0%	0%
5:00	0%	1%	3%	13%	22%	27%	29%	26%	8%	1%	0%	0%
6:00	0%	1%	4%	14%	17%	26%	19%	22%	10%	1%	0%	0%
7:00	0%	1%	4%	16%	21%	25%	19%	26%	10%	2%	0%	0%
8:00	0%	2%	4%	17%	25%	36%	25%	30%	9%	1%	0%	0%
9:00	0%	2%	6%	17%	22%	42%	28%	22%	9%	0%	0%	0%
10:00	0%	2%	6%	16%	20%	34%	25%	18%	7%	0%	0%	0%
11:00	0%	3%	6%	15%	17%	32%	21%	16%	7%	0%	0%	0%
12:00	0%	3%	4%	15%	14%	28%	17%	14%	6%	0%	0%	0%
13:00	0%	3%	3%	14%	12%	27%	16%	14%	5%	0%	0%	0%
14:00	0%	3%	3%	11%	12%	24%	15%	13%	6%	0%	0%	0%
15:00	0%	2%	2%	10%	14%	25%	14%	12%	6%	0%	0%	0%
16:00	0%	3%	1%	10%	17%	29%	17%	11%	7%	0%	0%	0%
17:00	0%	2%	1%	9%	24%	37%	27%	17%	7%	0%	0%	0%
18:00	0%	2%	1%	14%	37%	56%	45%	31%	12%	0%	0%	0%
19:00	0%	1%	1%	19%	46%	63%	63%	45%	17%	1%	0%	0%
20:00	0%	0%	1%	25%	65%	80%	95%	59%	26%	2%	0%	0%
21:00	0%	2%	1%	27%	69%	76%	99%	72%	29%	1%	0%	0%
22:00	0%	0%	1%	26%	69%	75%	98%	74%	26%	2%	0%	0%
23:00	0%	1%	2%	27%	63%	86%	100%	63%	26%	1%	0%	0%
Promedio	0,0%	1,7%	2,7%	17,3%	34,4%	46,5%	45,0%	33,2%	13,4%	0,7%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.11. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Talca y Maule respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	1%	0%	0%	22%	53%	74%	68%	74%	14%	0%	0%	0%
1:00	0%	1%	1%	19%	45%	59%	65%	58%	11%	0%	0%	0%
2:00	1%	1%	3%	18%	40%	46%	53%	46%	6%	0%	0%	0%
3:00	2%	1%	5%	16%	36%	39%	44%	38%	5%	0%	0%	0%
4:00	1%	1%	9%	14%	32%	35%	35%	30%	3%	0%	0%	0%
5:00	0%	1%	11%	13%	30%	29%	28%	28%	3%	0%	0%	0%
6:00	0%	2%	12%	12%	27%	23%	26%	26%	3%	0%	0%	0%
7:00	0%	2%	11%	11%	24%	22%	23%	25%	4%	0%	0%	0%
8:00	0%	2%	12%	14%	26%	23%	22%	21%	5%	0%	0%	0%
9:00	0%	2%	10%	13%	30%	27%	23%	19%	4%	0%	0%	0%
10:00	0%	3%	9%	15%	28%	24%	22%	18%	2%	0%	0%	0%
11:00	1%	2%	8%	12%	23%	26%	18%	15%	1%	0%	0%	0%
12:00	0%	2%	7%	8%	18%	30%	13%	13%	1%	0%	0%	0%
13:00	0%	2%	7%	8%	14%	30%	12%	11%	1%	0%	0%	0%
14:00	0%	2%	5%	6%	12%	25%	11%	12%	0%	0%	0%	0%
15:00	1%	3%	5%	5%	11%	22%	10%	8%	0%	0%	0%	1%
16:00	1%	2%	4%	5%	12%	21%	10%	7%	0%	0%	0%	0%
17:00	1%	1%	4%	5%	16%	28%	14%	9%	0%	0%	0%	1%
18:00	1%	0%	2%	8%	32%	56%	27%	23%	2%	0%	0%	0%
19:00	0%	0%	3%	17%	58%	89%	66%	39%	18%	1%	0%	0%
20:00	0%	1%	7%	23%	57%	100%	79%	47%	25%	3%	0%	0%
21:00	0%	1%	6%	28%	49%	88%	95%	47%	34%	3%	0%	0%
22:00	0%	0%	4%	25%	45%	86%	78%	42%	28%	4%	0%	0%
23:00	0%	0%	2%	23%	45%	69%	77%	65%	23%	0%	0%	0%
Promedio	0,4%	1,3%	6,1%	14,2%	31,7%	44,6%	38,3%	29,9%	8,1%	0,5%	0,0%	0,1%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Talca y Maule respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	2%	20%	47%	51%	58%	39%	15%	0%	0%	0%
1:00	0%	1%	3%	19%	38%	43%	49%	37%	12%	0%	0%	0%
2:00	0%	2%	3%	18%	30%	37%	42%	31%	10%	0%	0%	0%
3:00	0%	2%	3%	18%	25%	34%	35%	25%	8%	0%	0%	0%
4:00	0%	2%	3%	16%	22%	28%	27%	20%	6%	0%	0%	0%
5:00	0%	3%	4%	16%	20%	21%	21%	18%	6%	0%	0%	0%
6:00	0%	3%	6%	14%	17%	17%	16%	15%	5%	0%	0%	0%
7:00	0%	4%	9%	14%	16%	17%	15%	18%	7%	0%	0%	0%
8:00	0%	5%	6%	19%	21%	24%	18%	23%	7%	0%	0%	0%
9:00	0%	4%	3%	16%	20%	24%	21%	21%	6%	0%	1%	0%
10:00	0%	5%	4%	15%	23%	27%	21%	18%	5%	0%	0%	0%
11:00	1%	4%	4%	14%	24%	24%	23%	15%	3%	0%	0%	0%
12:00	1%	4%	3%	12%	21%	20%	25%	13%	3%	0%	0%	0%
13:00	1%	4%	3%	11%	19%	20%	21%	13%	3%	0%	0%	0%
14:00	0%	3%	2%	8%	16%	16%	16%	10%	2%	0%	0%	0%
15:00	0%	2%	0%	7%	14%	14%	12%	8%	1%	0%	0%	3%
16:00	0%	2%	0%	8%	16%	15%	13%	9%	2%	0%	0%	0%
17:00	1%	2%	1%	9%	24%	22%	21%	12%	4%	0%	0%	0%
18:00	1%	2%	1%	15%	42%	45%	41%	23%	7%	0%	0%	0%
19:00	0%	1%	2%	22%	61%	65%	83%	42%	15%	0%	0%	0%
20:00	0%	1%	4%	27%	74%	72%	100%	55%	21%	2%	0%	0%
21:00	0%	1%	3%	27%	71%	72%	93%	55%	23%	7%	0%	0%
22:00	0%	1%	1%	25%	64%	68%	86%	46%	17%	4%	0%	0%
23:00	0%	1%	2%	25%	59%	62%	75%	45%	16%	2%	0%	0%
Promedio	0,3%	2,5%	3,0%	16,5%	32,6%	34,9%	38,9%	25,5%	8,5%	0,6%	0,0%	0,1%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.13. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Chillán y Chillán Viejo respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	5%	27%	47%	50%	54%	46%	17%	3%	0%	0%
1:00	0%	1%	8%	22%	37%	34%	46%	32%	8%	2%	0%	0%
2:00	0%	1%	10%	19%	28%	29%	31%	30%	7%	2%	0%	0%
3:00	0%	1%	10%	15%	20%	28%	26%	23%	5%	2%	0%	0%
4:00	0%	1%	10%	12%	16%	21%	20%	18%	4%	1%	0%	0%
5:00	0%	2%	10%	12%	14%	17%	16%	15%	3%	1%	0%	0%
6:00	0%	2%	8%	13%	11%	11%	11%	13%	2%	1%	0%	0%
7:00	0%	3%	10%	11%	12%	11%	10%	12%	4%	1%	0%	0%
8:00	0%	3%	10%	12%	16%	13%	14%	16%	4%	1%	0%	0%
9:00	0%	2%	7%	11%	15%	16%	18%	13%	2%	2%	0%	0%
10:00	0%	2%	7%	11%	16%	18%	18%	12%	3%	1%	0%	0%
11:00	0%	2%	5%	8%	14%	17%	17%	11%	1%	1%	0%	0%
12:00	0%	1%	4%	6%	12%	15%	13%	10%	1%	0%	0%	0%
13:00	0%	1%	4%	5%	11%	15%	10%	8%	1%	0%	0%	0%
14:00	0%	1%	4%	5%	12%	15%	9%	6%	2%	0%	0%	0%
15:00	0%	1%	4%	4%	12%	14%	9%	6%	3%	0%	0%	0%
16:00	0%	1%	4%	6%	13%	16%	11%	7%	3%	0%	0%	0%
17:00	0%	1%	5%	7%	22%	30%	17%	11%	5%	0%	0%	0%
18:00	0%	1%	5%	15%	41%	64%	36%	36%	9%	1%	0%	0%
19:00	0%	1%	6%	27%	42%	80%	49%	53%	19%	3%	0%	0%
20:00	0%	0%	4%	32%	50%	89%	65%	46%	14%	3%	0%	0%
21:00	0%	1%	3%	31%	48%	100%	61%	43%	15%	2%	0%	0%
22:00	0%	1%	4%	31%	41%	89%	57%	35%	13%	1%	0%	0%
23:00	0%	1%	3%	30%	36%	72%	43%	34%	12%	1%	0%	0%
Promedio	0,0%	1,4%	6,2%	15,6%	24,5%	36,0%	27,6%	22,4%	6,5%	1,2%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Chillán y Chillán Viejo respecto a máxima anual días semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	2%	17%	37%	43%	55%	35%	13%	1%	0%	0%
1:00	0%	2%	3%	15%	28%	33%	45%	28%	10%	1%	0%	0%
2:00	0%	3%	4%	13%	24%	24%	30%	21%	8%	1%	0%	0%
3:00	0%	3%	5%	12%	17%	19%	24%	15%	6%	1%	0%	0%
4:00	0%	3%	5%	11%	13%	15%	18%	12%	5%	0%	0%	0%
5:00	0%	3%	5%	10%	11%	13%	14%	10%	5%	0%	0%	0%
6:00	0%	3%	4%	10%	9%	9%	11%	9%	5%	1%	0%	0%
7:00	0%	3%	6%	12%	11%	13%	13%	16%	7%	1%	0%	0%
8:00	0%	3%	5%	12%	14%	18%	20%	18%	6%	0%	0%	0%
9:00	0%	3%	5%	11%	13%	19%	21%	14%	5%	0%	0%	0%
10:00	0%	3%	6%	10%	12%	17%	17%	12%	5%	0%	0%	0%
11:00	0%	3%	6%	9%	13%	16%	17%	11%	4%	0%	0%	0%
12:00	0%	2%	4%	8%	13%	13%	15%	9%	4%	0%	0%	0%
13:00	0%	2%	4%	6%	12%	14%	14%	7%	5%	0%	0%	0%
14:00	0%	1%	3%	5%	11%	13%	11%	6%	3%	0%	0%	0%
15:00	0%	1%	2%	6%	12%	13%	12%	7%	3%	0%	0%	0%
16:00	0%	1%	2%	7%	14%	18%	13%	8%	4%	0%	0%	0%
17:00	0%	2%	2%	9%	25%	32%	23%	13%	5%	0%	0%	0%
18:00	0%	1%	2%	15%	52%	58%	65%	35%	10%	1%	0%	0%
19:00	0%	1%	4%	22%	70%	78%	98%	58%	20%	3%	0%	0%
20:00	0%	1%	3%	23%	72%	86%	100%	61%	19%	3%	0%	0%
21:00	0%	0%	2%	24%	67%	75%	98%	63%	20%	2%	0%	0%
22:00	0%	0%	2%	25%	68%	63%	86%	61%	19%	1%	0%	0%
23:00	0%	0%	2%	22%	56%	49%	76%	55%	17%	1%	0%	0%
Promedio	0,0%	1,8%	3,7%	13,1%	28,1%	31,2%	37,3%	24,4%	8,6%	0,7%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.15. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Concepción Metropolitano respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	2%	3%	2%	31%	77%	47%	62%	51%	16%	4%	0%	0%
1:00	2%	3%	1%	25%	54%	32%	47%	41%	10%	2%	0%	0%
2:00	1%	6%	1%	19%	39%	22%	37%	28%	7%	0%	0%	0%
3:00	1%	7%	0%	12%	25%	14%	24%	20%	4%	0%	0%	0%
4:00	2%	6%	0%	8%	16%	8%	12%	14%	2%	0%	0%	0%
5:00	3%	7%	0%	6%	11%	4%	7%	8%	1%	0%	0%	0%
6:00	5%	7%	0%	4%	7%	1%	3%	5%	0%	0%	0%	0%
7:00	5%	4%	0%	4%	4%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%
8:00	5%	1%	0%	6%	7%	3%	3%	9%	0%	0%	0%	0%
9:00	7%	2%	2%	8%	12%	8%	8%	9%	0%	0%	0%	0%
10:00	6%	2%	2%	9%	13%	9%	10%	7%	0%	0%	0%	0%
11:00	4%	2%	2%	8%	14%	7%	10%	7%	0%	0%	0%	0%
12:00	2%	2%	2%	7%	12%	7%	7%	7%	0%	0%	0%	0%
13:00	2%	1%	2%	5%	10%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
14:00	2%	2%	2%	4%	7%	4%	3%	3%	0%	0%	0%	0%
15:00	3%	2%	2%	3%	5%	4%	2%	2%	0%	0%	0%	0%
16:00	5%	2%	2%	3%	5%	7%	3%	3%	0%	0%	0%	0%
17:00	6%	1%	1%	3%	9%	14%	7%	5%	0%	0%	0%	0%
18:00	5%	0%	0%	6%	29%	35%	16%	12%	0%	0%	0%	0%
19:00	4%	0%	0%	15%	48%	64%	25%	26%	5%	0%	0%	0%
20:00	2%	0%	0%	27%	63%	83%	41%	38%	11%	3%	0%	0%
21:00	4%	0%	1%	30%	74%	100%	51%	41%	15%	5%	0%	0%
22:00	7%	0%	1%	33%	69%	98%	60%	51%	15%	6%	0%	0%
23:00	7%	0%	2%	32%	70%	87%	65%	55%	14%	6%	0%	0%
Promedio	3,9%	2,5%	1,1%	12,9%	28,3%	27,6%	21,2%	18,8%	4,2%	1,1%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Concepción Metropolitano respecto a máxima anual días semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	1%	0%	4%	33%	54%	70%	62%	40%	23%	4%	0%	0%
1:00	1%	0%	3%	25%	43%	51%	46%	30%	16%	2%	0%	0%
2:00	1%	0%	2%	18%	31%	35%	31%	22%	11%	0%	0%	0%
3:00	2%	0%	1%	12%	21%	21%	20%	15%	9%	0%	0%	0%
4:00	2%	1%	1%	10%	14%	10%	12%	9%	6%	0%	0%	0%
5:00	2%	2%	1%	8%	8%	4%	6%	5%	4%	0%	0%	0%
6:00	2%	3%	1%	7%	5%	0%	2%	3%	2%	0%	0%	0%
7:00	1%	4%	4%	7%	4%	1%	1%	5%	4%	0%	0%	0%
8:00	1%	3%	6%	11%	9%	7%	6%	9%	4%	0%	0%	0%
9:00	1%	2%	3%	11%	11%	10%	9%	8%	2%	0%	0%	0%
10:00	3%	5%	4%	10%	12%	11%	10%	7%	2%	0%	0%	0%
11:00	3%	5%	4%	8%	14%	10%	7%	6%	2%	0%	0%	0%
12:00	3%	4%	3%	7%	9%	8%	6%	4%	1%	0%	0%	0%
13:00	3%	3%	3%	6%	9%	8%	4%	3%	1%	0%	0%	0%
14:00	3%	3%	2%	5%	11%	7%	4%	2%	0%	0%	0%	0%
15:00	3%	2%	2%	5%	7%	6%	3%	1%	0%	0%	0%	0%
16:00	3%	3%	2%	4%	13%	7%	5%	2%	0%	0%	0%	0%
17:00	3%	3%	1%	4%	12%	16%	10%	3%	0%	0%	0%	0%
18:00	2%	8%	1%	9%	31%	35%	30%	12%	3%	0%	0%	0%
19:00	2%	12%	0%	21%	55%	67%	50%	27%	10%	0%	0%	0%
20:00	0%	7%	1%	32%	76%	88%	67%	39%	16%	1%	0%	0%
21:00	0%	3%	2%	39%	81%	100%	80%	43%	18%	4%	0%	0%
22:00	0%	2%	4%	41%	82%	97%	84%	48%	21%	4%	0%	0%
23:00	0%	1%	4%	41%	75%	82%	78%	50%	20%	3%	0%	0%
Promedio	1,7%	3,2%	2,5%	15,5%	28,6%	31,3%	26,4%	16,3%	7,3%	0,7%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.17. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Los Ángeles respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	17%	37%	92%	80%	52%	60%	26%	8%	0%	0%
1:00	0%	1%	18%	27%	72%	82%	45%	53%	20%	5%	0%	0%
2:00	0%	1%	16%	25%	52%	63%	36%	49%	16%	5%	0%	0%
3:00	0%	1%	14%	24%	44%	42%	24%	38%	12%	4%	0%	0%
4:00	0%	2%	10%	16%	44%	30%	24%	28%	9%	4%	0%	0%
5:00	0%	1%	8%	12%	33%	28%	19%	27%	7%	3%	0%	0%
6:00	0%	0%	9%	14%	32%	22%	17%	23%	6%	5%	0%	0%
7:00	0%	1%	6%	14%	31%	21%	14%	24%	10%	5%	0%	0%
8:00	0%	1%	4%	13%	27%	25%	16%	25%	8%	4%	0%	0%
9:00	0%	1%	2%	13%	29%	31%	25%	22%	7%	2%	0%	0%
10:00	0%	1%	2%	12%	26%	27%	28%	22%	4%	1%	0%	0%
11:00	0%	0%	1%	12%	28%	29%	30%	20%	1%	1%	0%	0%
12:00	0%	0%	1%	10%	26%	24%	18%	18%	2%	2%	0%	0%
13:00	0%	1%	1%	8%	18%	18%	15%	15%	3%	1%	0%	0%
14:00	0%	0%	0%	7%	17%	18%	13%	9%	4%	1%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	7%	16%	18%	13%	10%	3%	0%	0%	0%
16:00	1%	0%	1%	6%	19%	23%	13%	10%	4%	0%	0%	0%
17:00	4%	0%	2%	7%	33%	47%	26%	15%	5%	1%	0%	0%
18:00	4%	0%	2%	21%	58%	82%	79%	41%	11%	0%	0%	0%
19:00	0%	2%	1%	34%	65%	94%	97%	60%	30%	5%	0%	0%
20:00	1%	0%	0%	38%	72%	97%	87%	71%	31%	5%	0%	0%
21:00	3%	0%	1%	56%	76%	95%	78%	73%	41%	9%	0%	0%
22:00	0%	2%	0%	47%	77%	95%	65%	65%	32%	5%	0%	0%
23:00	0%	0%	5%	40%	87%	100%	58%	63%	19%	6%	0%	0%
Promedio	0,5%	0,8%	5,1%	20,8%	44,8%	49,6%	37,1%	35,1%	12,9%	3,4%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Los Ángeles respecto a máxima anual días semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	1%	6%	29%	50%	40%	65%	47%	15%	3%	0%	0%
1:00	0%	2%	6%	22%	47%	34%	53%	34%	9%	3%	0%	0%
2:00	0%	1%	7%	19%	39%	32%	47%	28%	8%	3%	0%	0%
3:00	0%	1%	6%	16%	23%	25%	37%	21%	6%	1%	0%	0%
4:00	0%	1%	6%	13%	18%	17%	27%	16%	5%	1%	0%	0%
5:00	0%	1%	6%	11%	15%	13%	22%	14%	6%	1%	0%	0%
6:00	0%	1%	8%	11%	13%	12%	19%	12%	6%	4%	0%	0%
7:00	0%	0%	10%	14%	18%	18%	23%	21%	10%	5%	0%	0%
8:00	0%	0%	8%	18%	23%	26%	33%	25%	8%	2%	0%	0%
9:00	0%	0%	6%	14%	24%	27%	36%	19%	6%	1%	0%	0%
10:00	0%	0%	4%	12%	20%	21%	30%	15%	5%	1%	0%	0%
11:00	0%	0%	3%	11%	16%	19%	26%	14%	3%	1%	0%	0%
12:00	0%	0%	4%	9%	16%	19%	19%	10%	4%	0%	0%	0%
13:00	0%	0%	2%	8%	12%	16%	15%	9%	4%	2%	0%	0%
14:00	0%	0%	1%	8%	13%	17%	15%	8%	3%	1%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	8%	16%	19%	15%	9%	3%	1%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	9%	19%	23%	16%	10%	4%	1%	0%	0%
17:00	0%	0%	1%	12%	30%	29%	30%	16%	6%	1%	0%	0%
18:00	0%	0%	4%	26%	61%	57%	64%	47%	13%	2%	0%	0%
19:00	0%	0%	6%	40%	80%	67%	90%	72%	27%	6%	0%	0%
20:00	0%	0%	11%	46%	86%	64%	100%	79%	27%	8%	0%	0%
21:00	0%	1%	12%	45%	89%	58%	100%	79%	23%	6%	0%	0%
22:00	0%	1%	11%	43%	78%	60%	99%	68%	22%	6%	0%	0%
23:00	0%	2%	11%	39%	65%	55%	84%	69%	19%	5%	0%	0%
Promedio	0,0%	0,6%	5,8%	20,1%	36,2%	32,0%	44,5%	30,9%	10,2%	2,8%	0,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.19. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Temuco y Padre Las Casas respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	2%	30%	61%	58%	32%	68%	47%	17%	3%	0%
1:00	0%	0%	1%	26%	53%	48%	25%	57%	35%	13%	3%	0%
2:00	0%	0%	2%	16%	40%	40%	17%	48%	26%	10%	2%	0%
3:00	0%	0%	1%	12%	28%	28%	13%	35%	22%	7%	2%	0%
4:00	0%	0%	0%	9%	19%	19%	12%	22%	14%	6%	1%	0%
5:00	0%	0%	0%	9%	15%	16%	12%	18%	12%	5%	1%	0%
6:00	0%	0%	1%	8%	14%	13%	10%	15%	10%	6%	0%	0%
7:00	0%	0%	2%	8%	13%	11%	8%	17%	14%	6%	0%	0%
8:00	0%	0%	3%	12%	16%	13%	10%	19%	13%	7%	0%	0%
9:00	0%	0%	4%	14%	20%	22%	18%	24%	13%	6%	0%	0%
10:00	0%	0%	4%	15%	23%	25%	22%	24%	12%	6%	0%	0%
11:00	0%	0%	3%	12%	23%	24%	21%	24%	10%	5%	0%	0%
12:00	0%	1%	1%	10%	23%	25%	19%	21%	7%	3%	0%	0%
13:00	0%	2%	0%	7%	23%	22%	15%	18%	6%	3%	0%	0%
14:00	0%	1%	1%	7%	21%	17%	14%	14%	6%	4%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	6%	20%	16%	14%	14%	6%	3%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	7%	21%	20%	18%	14%	7%	3%	0%	0%
17:00	0%	2%	1%	10%	31%	38%	28%	17%	6%	3%	0%	0%
18:00	0%	2%	3%	26%	57%	66%	51%	37%	11%	4%	0%	0%
19:00	0%	0%	4%	44%	73%	80%	72%	62%	23%	10%	1%	0%
20:00	0%	0%	4%	52%	75%	98%	88%	63%	28%	11%	2%	0%
21:00	0%	0%	5%	56%	75%	100%	83%	65%	37%	13%	2%	0%
22:00	0%	0%	4%	53%	82%	85%	89%	65%	39%	12%	3%	0%
23:00	0%	0%	4%	50%	62%	69%	77%	62%	42%	15%	3%	0%
Promedio	0.0%	0.3%	2.2%	20.8%	37.0%	39.8%	32.0%	34.3%	18.6%	7.5%	1.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria comunas PDA de Temuco y Padre Las Casas respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	2%	38%	69%	52%	72%	56%	32%	14%	2%	0%
1:00	0%	0%	2%	31%	59%	36%	60%	45%	27%	11%	2%	0%
2:00	0%	0%	2%	22%	40%	28%	49%	41%	21%	8%	1%	0%
3:00	0%	0%	1%	18%	27%	21%	37%	28%	15%	7%	1%	0%
4:00	0%	0%	1%	14%	19%	16%	26%	22%	12%	5%	1%	0%
5:00	0%	0%	1%	12%	16%	12%	20%	18%	10%	6%	1%	0%
6:00	0%	0%	2%	12%	14%	10%	17%	17%	12%	10%	1%	0%
7:00	0%	0%	4%	15%	18%	14%	20%	22%	18%	10%	1%	0%
8:00	0%	0%	4%	17%	24%	21%	29%	32%	17%	7%	0%	0%
9:00	0%	1%	3%	17%	25%	26%	35%	34%	15%	5%	0%	0%
10:00	0%	1%	2%	14%	25%	26%	29%	27%	12%	3%	0%	0%
11:00	0%	1%	1%	10%	21%	25%	25%	20%	9%	2%	0%	0%
12:00	0%	0%	9%	9%	20%	26%	24%	17%	9%	2%	0%	0%
13:00	0%	0%	0%	8%	18%	24%	22%	14%	7%	2%	0%	0%
14:00	0%	0%	0%	8%	17%	24%	20%	14%	7%	2%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	8%	18%	24%	19%	15%	6%	2%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	8%	19%	26%	22%	17%	8%	3%	0%	0%
17:00	0%	0%	2%	12%	35%	42%	36%	23%	9%	4%	0%	0%
18:00	0%	0%	2%	26%	67%	69%	64%	46%	16%	6%	1%	0%
19:00	0%	0%	3%	36%	86%	75%	77%	66%	26%	13%	1%	0%
20:00	0%	0%	2%	40%	95%	76%	87%	75%	33%	15%	2%	0%
21:00	0%	0%	2%	43%	100%	79%	96%	80%	37%	19%	2%	0%
22:00	0%	0%	2%	46%	99%	79%	90%	85%	39%	19%	3%	0%
23:00	0%	0%	2%	44%	88%	73%	76%	83%	36%	18%	3%	0%
Promedio	0.0%	0.1%	2.1%	21.1%	42.5%	37.7%	43.8%	37.4%	18.0%	8.0%	1.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.21. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Valdivia respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	2%	40%	46%	66%	66%	64%	35%	10%	10%	0%
1:00	0%	0%	1%	32%	34%	36%	44%	48%	39%	7%	4%	0%
2:00	0%	0%	1%	28%	19%	28%	46%	40%	31%	8%	3%	0%
3:00	0%	0%	0%	17%	11%	28%	31%	34%	28%	7%	3%	0%
4:00	0%	0%	1%	17%	11%	22%	23%	20%	18%	6%	2%	0%
5:00	0%	0%	1%	9%	8%	15%	20%	11%	17%	3%	1%	0%
6:00	0%	0%	1%	8%	8%	11%	14%	10%	13%	3%	0%	0%
7:00	0%	0%	0%	9%	8%	12%	17%	9%	14%	3%	0%	0%
8:00	0%	0%	1%	9%	9%	17%	23%	12%	13%	4%	1%	0%
9:00	0%	0%	1%	8%	12%	22%	22%	15%	14%	3%	0%	0%
10:00	0%	0%	2%	11%	16%	20%	21%	19%	10%	4%	0%	0%
11:00	0%	0%	2%	5%	14%	14%	21%	15%	8%	4%	0%	0%
12:00	0%	0%	1%	6%	13%	19%	16%	11%	6%	3%	1%	0%
13:00	0%	0%	1%	5%	11%	18%	14%	15%	6%	3%	1%	0%
14:00	0%	0%	1%	4%	12%	15%	14%	11%	6%	3%	1%	0%
15:00	0%	0%	1%	3%	12%	14%	16%	13%	6%	3%	1%	0%
16:00	0%	0%	1%	4%	15%	23%	23%	16%	7%	4%	1%	0%
17:00	0%	0%	0%	6%	22%	47%	33%	20%	9%	5%	1%	0%
18:00	0%	0%	0%	16%	41%	81%	46%	32%	15%	7%	0%	0%
19:00	0%	0%	5%	31%	61%	88%	64%	44%	32%	13%	1%	0%
20:00	0%	0%	7%	28%	64%	100%	80%	49%	47%	17%	3%	0%
21:00	0%	0%	6%	29%	73%	89%	88%	55%	54%	16%	4%	0%
22:00	0%	0%	3%	43%	66%	87%	83%	53%	51%	19%	7%	0%
23:00	0%	0%	1%	35%	51%	74%	74%	42%	38%	16%	7%	0%
Promedio	0.0%	0.0%	1.6%	16.8%	26.5%	39.5%	37.5%	27.5%	21.7%	7.1%	2.1%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Valdivia respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	2%	39%	56%	41%	78%	73%	36%	22%	4%	0%
1:00	0%	0%	2%	33%	49%	32%	55%	63%	27%	17%	4%	0%
2:00	0%	0%	1%	28%	34%	25%	48%	46%	23%	12%	3%	0%
3:00	0%	0%	0%	22%	24%	17%	34%	37%	17%	9%	0%	1%
4:00	0%	0%	0%	14%	16%	16%	28%	26%	13%	6%	1%	0%
5:00	0%	0%	0%	10%	12%	13%	20%	22%	12%	8%	1%	0%
6:00	0%	0%	1%	10%	10%	13%	19%	19%	15%	11%	1%	0%
7:00	0%	0%	2%	13%	15%	17%	23%	23%	19%	12%	1%	0%
8:00	0%	0%	2%	14%	20%	26%	32%	29%	18%	12%	1%	0%
9:00	0%	0%	1%	13%	23%	30%	31%	30%	16%	6%	1%	0%
10:00	0%	0%	2%	12%	23%	26%	33%	22%	11%	5%	1%	0%
11:00	0%	0%	1%	10%	21%	19%	26%	21%	8%	4%	1%	0%
12:00	0%	0%	0%	9%	18%	18%	21%	19%	6%	4%	0%	0%
13:00	0%	0%	0%	6%	16%	17%	21%	17%	6%	4%	1%	0%
14:00	0%	0%	0%	5%	15%	16%	19%	20%	6%	3%	1%	0%
15:00	0%	0%	0%	6%	14%	19%	20%	17%	7%	4%	1%	0%
16:00	0%	0%	1%	9%	17%	23%	20%	15%	8%	4%	1%	0%
17:00	0%	0%	1%	13%	33%	33%	31%	24%	10%	5%	1%	0%
18:00	0%	0%	2%	25%	66%	49%	56%	47%	19%	8%	1%	0%
19:00	0%	0%	3%	47%	86%	51%	75%	74%	36%	16%	2%	0%
20:00	0%	0%	3%	62%	83%	58%	85%	89%	50%	27%	2%	0%
21:00	0%	0%	4%	67%	77%	59%	91%	100%	44%	27%	4%	0%
22:00	0%	0%	3%	58%	72%	47%	77%	99%	44%	25%	6%	0%
23:00	0%	0%	3%	51%	65%	43%	70%	91%	40%	19%	7%	0%
Promedio	0.0%	0.0%	1.5%	24.0%	36.2%	29.5%	42.1%	42.6%	20.4%	11.2%	1.9%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.23. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Osorno respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	3%	35%	39%	34%	36%	28%	25%	8%	7%	0%
1:00	0%	0%	2%	34%	29%	26%	34%	26%	33%	7%	8%	0%
2:00	0%	0%	2%	30%	18%	22%	30%	26%	23%	9%	6%	0%
3:00	0%	0%	2%	20%	17%	22%	23%	23%	16%	7%	3%	0%
4:00	0%	0%	2%	9%	11%	19%	19%	17%	12%	3%	2%	0%
5:00	0%	0%	2%	8%	8%	17%	15%	16%	10%	3%	1%	0%
6:00	0%	0%	1%	6%	8%	16%	12%	15%	8%	3%	1%	0%
7:00	0%	0%	2%	11%	8%	23%	11%	14%	12%	5%	0%	0%
8:00	0%	0%	4%	12%	13%	31%	16%	15%	13%	3%	0%	0%
9:00	0%	0%	4%	12%	17%	42%	22%	11%	8%	3%	0%	0%
10:00	0%	0%	2%	8%	14%	32%	21%	10%	6%	2%	0%	0%
11:00	0%	0%	2%	5%	10%	22%	17%	8%	5%	0%	1%	0%
12:00	0%	0%	1%	3%	8%	12%	12%	8%	3%	0%	0%	0%
13:00	0%	0%	0%	3%	9%	15%	10%	9%	3%	0%	0%	0%
14:00	0%	0%	1%	3%	7%	14%	10%	10%	4%	1%	0%	0%
15:00	0%	0%	0%	3%	6%	15%	11%	11%	3%	1%	0%	0%
16:00	0%	0%	0%	6%	10%	19%	13%	11%	3%	2%	0%	0%
17:00	0%	0%	0%	9%	22%	43%	27%	13%	6%	3%	1%	0%
18:00	0%	0%	2%	17%	42%	81%	64%	29%	14%	4%	1%	0%
19:00	0%	0%	5%	30%	43%	98%	81%	39%	18%	6%	1%	0%
20:00	0%	0%	6%	41%	41%	82%	97%	52%	21%	9%	2%	0%
21:00	0%	0%	3%	32%	38%	94%	93%	52%	26%	16%	3%	0%
22:00	0%	0%	3%	38%	45%	64%	100%	39%	35%	10%	5%	0%
23:00	0%	0%	2%	47%	49%	63%	80%	28%	36%	9%	2%	0%
Promedio	0.0%	0.0%	2.1%	17.5%	21.4%	37.8%	35.6%	21.2%	14.3%	4.8%	1.9%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA comuna de Osorno respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	1%	48%	68%	33%	78%	53%	29%	15%	3%	0%
1:00	0%	0%	2%	40%	57%	28%	66%	42%	26%	9%	2%	0%
2:00	0%	0%	1%	28%	45%	22%	51%	30%	19%	9%	1%	0%
3:00	0%	0%	1%	20%	32%	16%	33%	25%	16%	8%	1%	0%
4:00	0%	0%	1%	13%	22%	15%	26%	19%	12%	6%	1%	0%
5:00	0%	0%	1%	10%	16%	8%	23%	13%	12%	6%	1%	0%
6:00	0%	0%	3%	10%	11%	7%	17%	14%	13%	12%	1%	0%
7:00	0%	0%	6%	15%	17%	14%	20%	24%	21%	10%	0%	0%
8:00	0%	0%	6%	21%	24%	29%	36%	31%	19%	7%	0%	0%
9:00	0%	0%	3%	16%	23%	29%	44%	25%	14%	4%	0%	0%
10:00	0%	0%	1%	10%	22%	23%	35%	16%	7%	2%	1%	0%
11:00	0%	0%	1%	6%	23%	20%	29%	11%	7%	2%	0%	0%
12:00	0%	0%	1%	5%	18%	16%	28%	9%	4%	2%	0%	0%
13:00	0%	0%	0%	4%	14%	14%	21%	6%	2%	1%	0%	0%
14:00	0%	0%	0%	3%	11%	12%	17%	5%	1%	1%	0%	0%
15:00	0%	0%	0%	3%	12%	14%	16%	7%	2%	1%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	4%	15%	17%	20%	9%	3%	2%	0%	0%
17:00	0%	0%	1%	8%	32%	34%	32%	15%	5%	2%	0%	0%
18:00	0%	0%	2%	25%	74%	49%	61%	40%	12%	5%	1%	0%
19:00	0%	0%	3%	45%	85%	58%	74%	62%	23%	10%	1%	0%
20:00	0%	0%	3%	54%	100%	54%	84%	72%	25%	12%	2%	0%
21:00	0%	0%	3%	47%	88%	55%	75%	83%	29%	12%	2%	0%
22:00	0%	0%	4%	51%	78%	45%	60%	87%	23%	13%	2%	0%
23:00	0%	0%	2%	43%	67%	46%	59%	63%	21%	13%	2%	0%
Promedio	0.0%	0.0%	2.0%	22.0%	39.7%	27.4%	41.9%	31.8%	14.4%	6.8%	0.9%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tabla 4.25. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA ciudad de Coyhaique respecto a máxima anual fines de semana.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	1%	8%	24%	72%	73%	29%	16%	6%	0%	0%
1:00	0%	0%	1%	8%	23%	65%	79%	20%	17%	7%	0%	0%
2:00	0%	0%	2%	4%	17%	58%	60%	16%	9%	4%	0%	0%
3:00	0%	0%	1%	3%	16%	43%	48%	16%	9%	3%	0%	0%
4:00	0%	0%	1%	3%	15%	36%	39%	11%	8%	2%	0%	0%
5:00	0%	0%	0%	2%	11%	30%	31%	8%	6%	2%	0%	0%
6:00	0%	1%	2%	1%	9%	25%	26%	7%	7%	3%	0%	0%
7:00	0%	1%	6%	5%	14%	27%	26%	9%	13%	2%	0%	0%
8:00	0%	0%	4%	10%	22%	35%	38%	17%	16%	2%	0%	0%
9:00	0%	0%	1%	9%	30%	54%	48%	17%	8%	4%	0%	0%
10:00	0%	0%	1%	7%	26%	43%	35%	15%	8%	2%	0%	0%
11:00	0%	0%	0%	8%	20%	35%	36%	13%	7%	2%	0%	0%
12:00	0%	0%	0%	7%	15%	26%	29%	12%	5%	2%	0%	0%
13:00	0%	0%	0%	7%	14%	25%	28%	10%	5%	2%	0%	0%
14:00	0%	0%	0%	7%	16%	27%	28%	10%	5%	2%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	9%	18%	30%	27%	11%	5%	2%	0%	0%
16:00	0%	0%	1%	10%	22%	42%	34%	14%	7%	2%	0%	0%
17:00	0%	0%	1%	14%	31%	75%	60%	21%	10%	5%	1%	0%
18:00	0%	0%	4%	26%	40%	94%	85%	38%	17%	6%	2%	0%
19:00	0%	0%	9%	21%	45%	93%	98%	55%	27%	11%	2%	0%
20:00	0%	0%	8%	26%	51%	96%	100%	68%	28%	8%	2%	0%
21:00	0%	0%	3%	22%	46%	82%	94%	64%	25%	6%	1%	0%
22:00	0%	0%	4%	22%	40%	80%	80%	47%	16%	7%	1%	0%
23:00	0%	0%	3%	17%	35%	79%	89%	43%	12%	3%	0%	0%
Promedio	0.0%	0.1%	2.3%	10.7%	25.0%	52.9%	53.8%	23.9%	11.9%	3.9%	0.5%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.26. Distribución porcentual de emisiones sobre la línea base horaria PDA ciudad de Coyhaique respecto a máxima anual días semana

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	0%	0%	4%	25%	40%	53%	66%	38%	13%	8%	1%	0%
1:00	0%	0%	2%	18%	31%	56%	54%	29%	13%	7%	0%	0%
2:00	0%	0%	2%	13%	23%	38%	45%	21%	10%	6%	0%	0%
3:00	0%	0%	2%	10%	14%	28%	33%	17%	7%	4%	0%	0%
4:00	0%	0%	1%	7%	9%	23%	29%	13%	7%	4%	0%	0%
5:00	0%	0%	2%	5%	6%	15%	23%	10%	7%	5%	0%	0%
6:00	0%	0%	9%	9%	10%	17%	18%	17%	15%	12%	0%	0%
7:00	0%	0%	14%	19%	27%	39%	36%	36%	29%	9%	0%	0%
8:00	0%	0%	10%	21%	37%	60%	57%	41%	17%	6%	0%	0%
9:00	0%	0%	4%	13%	29%	56%	57%	24%	10%	5%	0%	0%
10:00	0%	0%	3%	9%	19%	39%	43%	15%	8%	4%	1%	0%
11:00	0%	0%	1%	6%	15%	32%	33%	13%	7%	3%	1%	0%
12:00	0%	0%	2%	6%	12%	29%	25%	11%	6%	2%	0%	0%
13:00	0%	0%	1%	5%	13%	26%	25%	11%	5%	2%	0%	0%
14:00	0%	0%	1%	5%	13%	24%	28%	11%	5%	2%	0%	0%
15:00	0%	0%	1%	6%	14%	27%	28%	11%	5%	2%	0%	0%
16:00	0%	0%	2%	7%	19%	31%	33%	13%	8%	3%	0%	0%
17:00	0%	0%	2%	14%	31%	51%	48%	22%	10%	4%	0%	0%
18:00	0%	0%	5%	25%	42%	65%	81%	37%	21%	7%	1%	0%
19:00	0%	0%	10%	39%	50%	72%	88%	47%	27%	11%	1%	0%
20:00	0%	0%	11%	38%	52%	71%	100%	53%	23%	18%	2%	0%
21:00	0%	0%	9%	36%	49%	75%	97%	59%	26%	16%	1%	0%
22:00	0%	0%	9%	36%	46%	67%	94%	49%	20%	12%	1%	0%
23:00	0%	0%	8%	32%	41%	65%	91%	47%	16%	14%	1%	0%
Promedio	0.0%	0.0%	4.7%	16.8%	26.8%	44.1%	51.4%	26.8%	13.2%	6.8%	0.5%	0.0%

Fuente: Elaboración propia

4.5. Perfiles

4.5.1. Mensuales

Tabla 4.27. Perfiles mensuales de calefacción según Plan de Descontaminación Atmosférica

Zona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
1.Valle Central O'Higgins	off	off	off	on	on	on	on	on	on	off	off	off
2.Talca y Maule	off	off	on	on	on	on	on	on	on	off	off	off
3.Valle Central Curicó	off	off	on	on	on	on	on	on	on	off	off	off
4.Chillán y Chillán Viejo	off	off	on	on	on	on	on	on	on	off	off	off
5.Concepción Metropolitano	off	off	off	on	on	on	on	on	on	off	off	off
6.Los Ángeles	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off
7.Temuco y Padre las Casas	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off
8.Valdivia	off	off	off	on	on	on	on	on	on	on	off	off
9.Osorno	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off
10.Coyhaique	off	off	on	on	on	on	on	on	on	on	off	off

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.27La Tabla 4.27 muestra los perfiles mensuales de calefacción propuestos. Su construcción se realizó por medio del análisis a las distribuciones de emisiones descritas en los resultados del apartado 4.4. La tabla presenta dos perfiles, cada uno de ellos representa una intensidad diferente respecto al uso de calefacción. El primero de ellos (color verde) involucra principalmente los meses de otoño e inicio de primavera, lo que da cuenta de una intensidad más bien media. Por otra parte, el segundo (color azul) representa un uso más intensivo en la calefacción, pues tiene en cuenta mayoritariamente los meses de invierno. Excepciones son las zonas 6 y 7 donde los resultados sugieren un incremento a partir del mes de abril mientras que en la zona 8 el periodo se extiende hasta el mes de septiembre. Considerando que la temperatura es una variable diferenciadora en ambos casos, al primer grupo se le denominó perfil para “meses fríos” y al segundo, perfil para “meses muy fríos”.

4.5.2. Horarios

Junto a la confección de los perfiles mensuales se desarrollaron dos perfiles horarios asociados a cada uno de los definidos en el apartado 4.5.1. Su construcción se generó en dos etapas según lo planteado en apartado 3.6; la primera aplicando el algoritmo a cada una de las zonas con PDA y cuyos resultados se aprecian desde la Figura 4.5 a la Figura 4.8. En términos generales, los resultados muestran en su mayoría intermitencia en el uso de calefacción, sin embargo, se distingue en cierto grado la presencia de dos periodos más relevantes, uno en la mañana y otro en la tarde.

Capítulo 4. Resultados

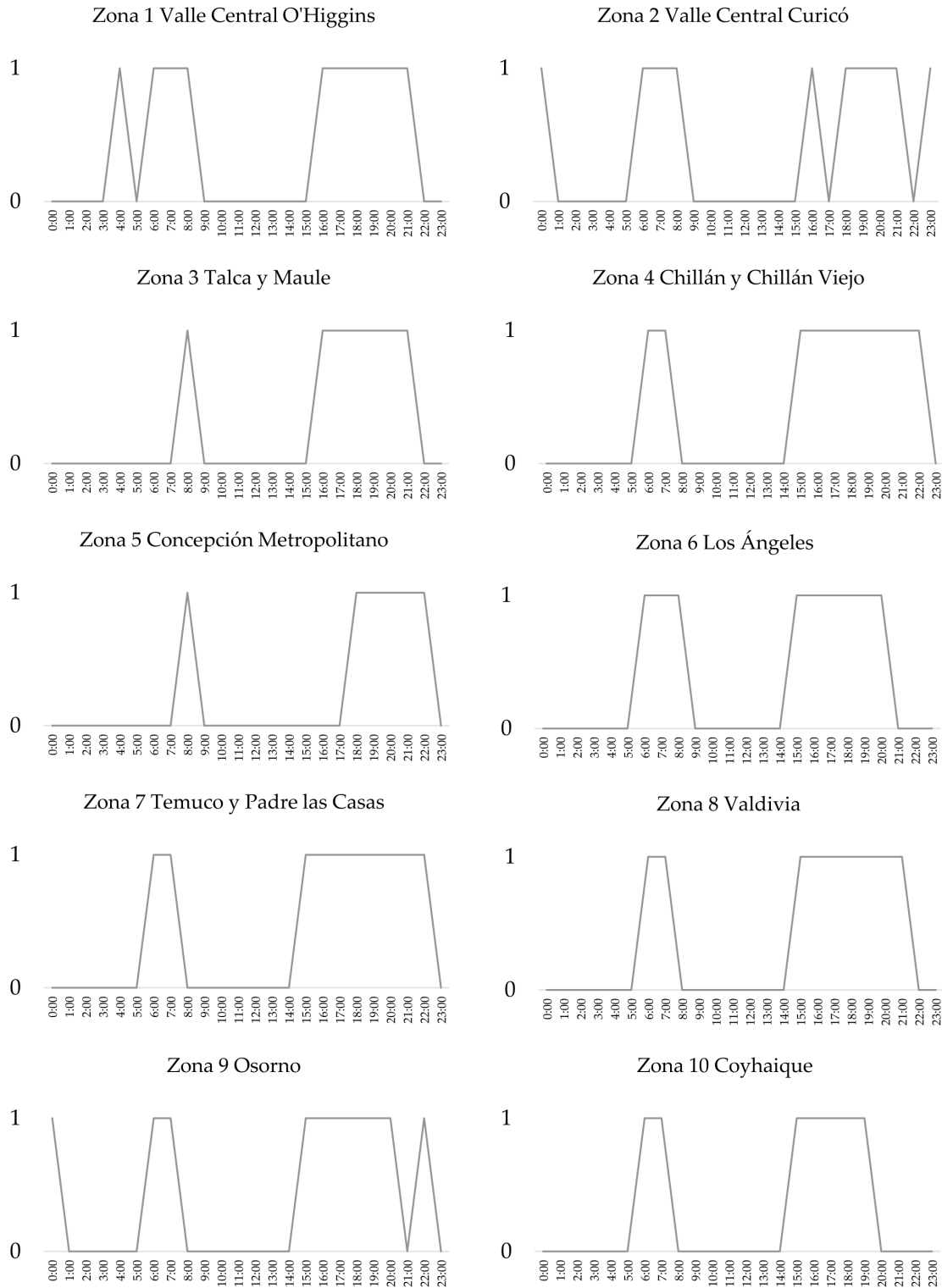


Figura 4.5. Diagrama para perfiles horarios de calefacción días de semana meses fríos.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

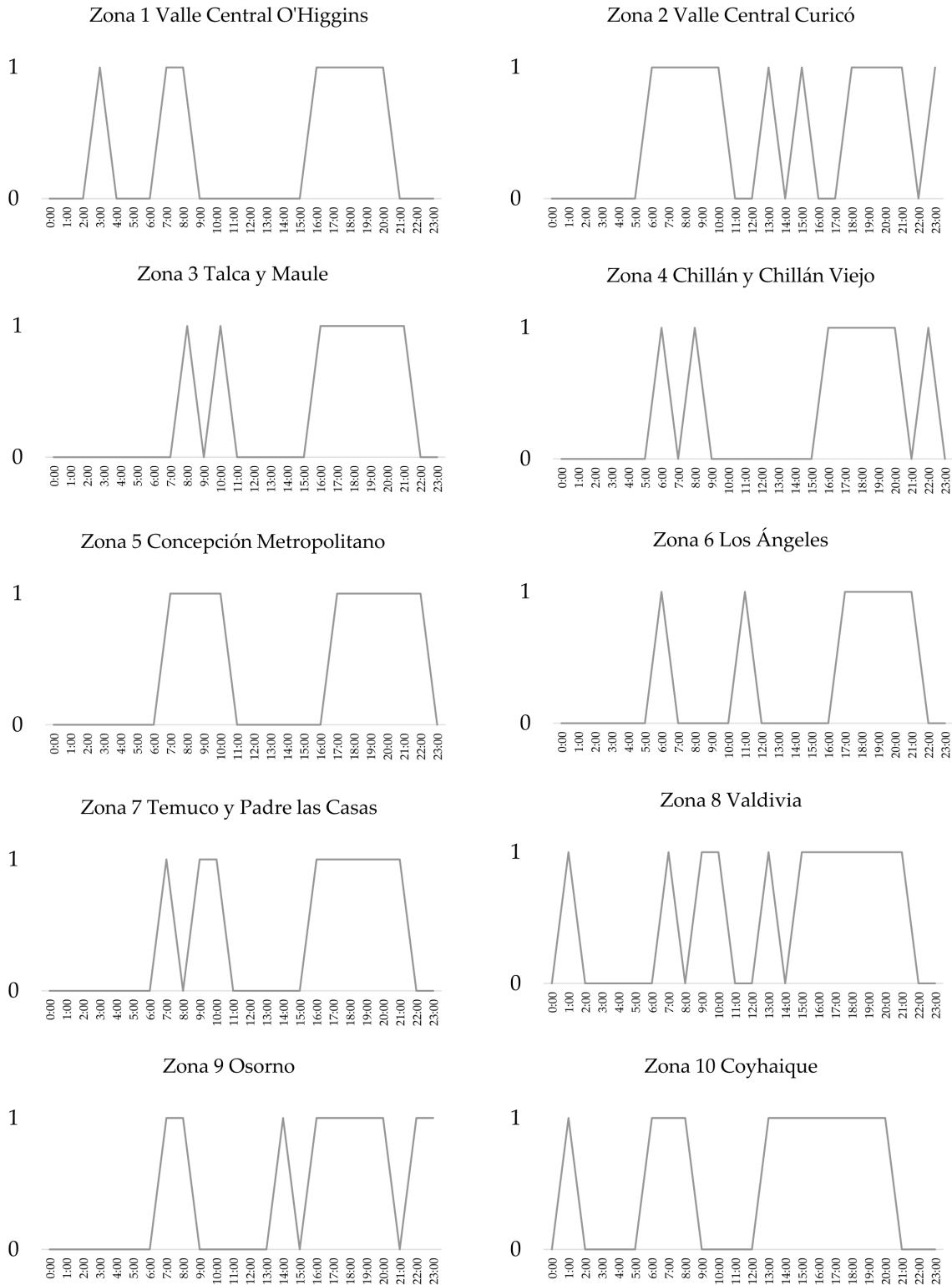


Figura 4.6. Diagrama para perfiles horarios de calefacción fines de semana meses fríos

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

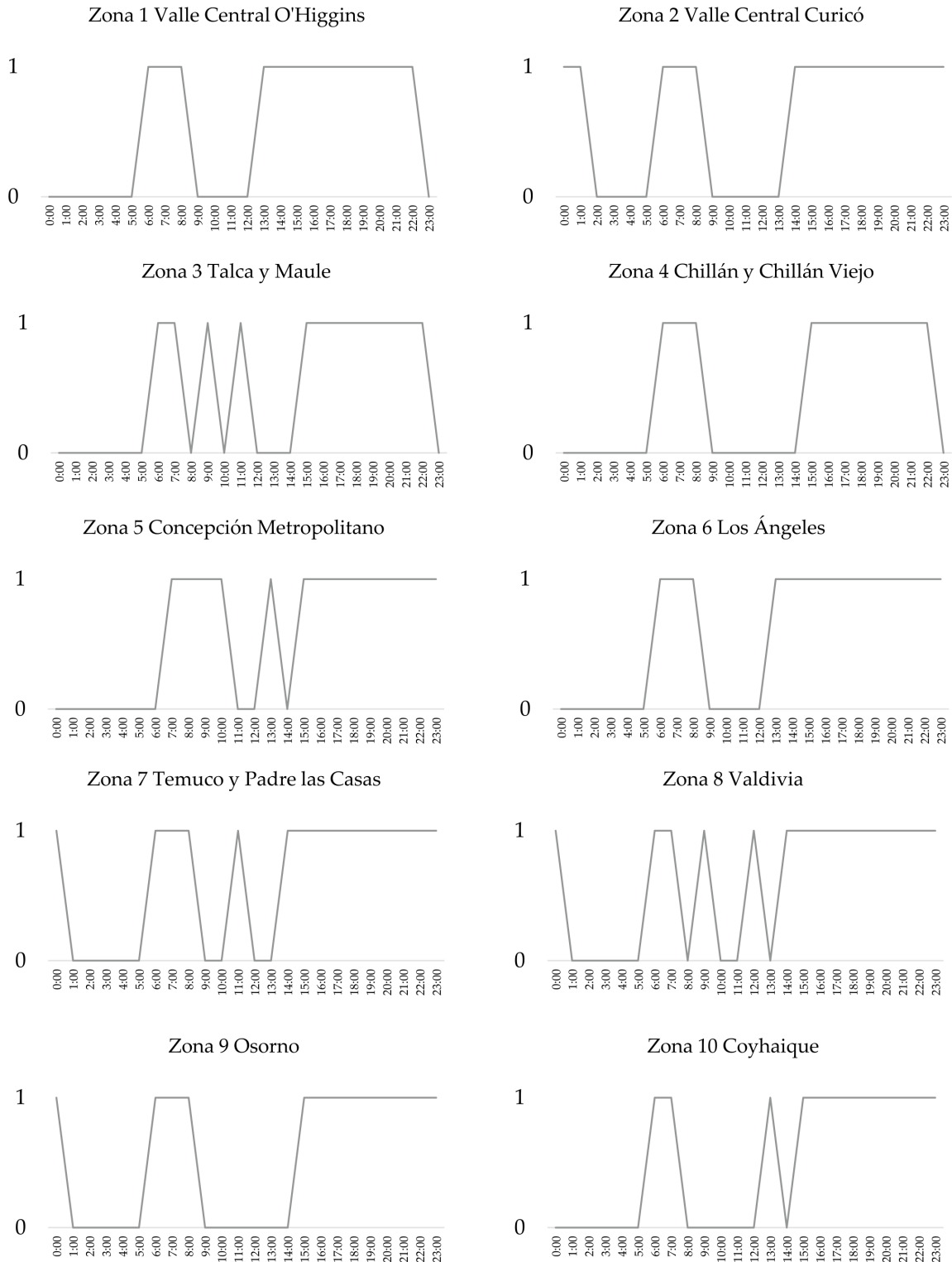


Figura 4.7. Diagrama para perfiles horarios de calefacción días de semana meses muy fríos.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

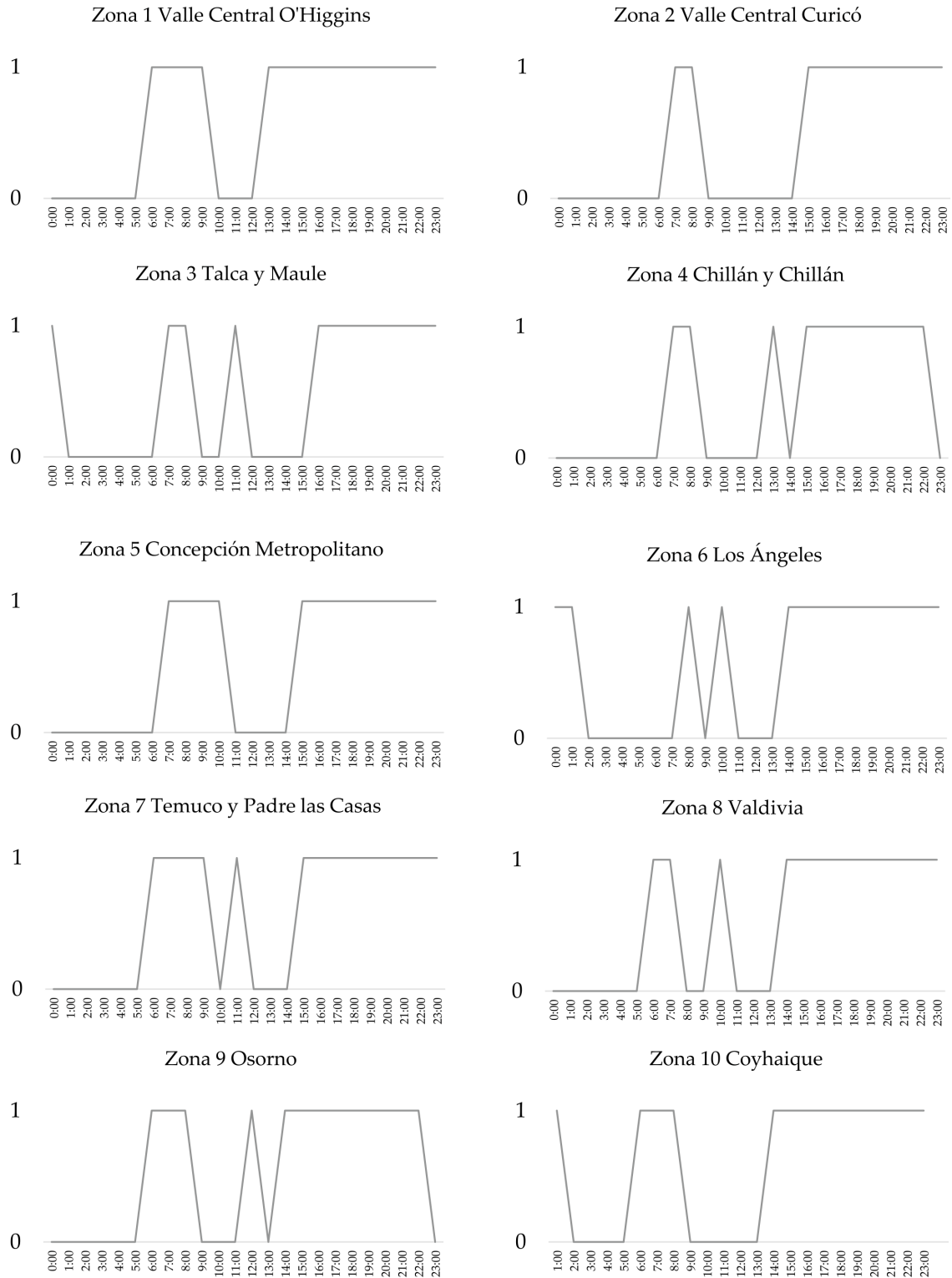


Figura 4.8. Diagrama para perfiles horarios de calefacción fines de semana meses muy fríos.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Resultados

Tener en cuenta el 60% del máximo de emisiones permite inferir que, entre las estufas a combustión presentes en cada zona, la mayor parte de ellas se mantiene en funcionamiento durante la hora estudiada. Por otra parte, tomar en cuenta los resultados de las horas previas permite detectar los momentos donde se producen los cambios en el comportamiento de la población, lo que ayuda a predecir el inicio y fin de los periodos de calefacción a lo largo del día.

Tabla 4.28. Perfiles sobre la moda horaria de calefacción en zonas con PDA del centro sur de Chile

Hora	Meses fríos		Meses muy fríos	
	Semana	Fines de semana	Semana	Fines de semana
0:00	off	off	off	off
1:00	off	off	off	off
2:00	off	off	off	off
3:00	off	off	off	off
4:00	off	off	off	off
5:00	off	off	off	off
6:00	on	off	on	on
7:00	on	on	on	on
8:00	on	on	on	on
9:00	off	off	off	off
10:00	off	off	off	off
11:00	off	off	off	off
12:00	off	off	off	off
13:00	off	off	off	off
14:00	off	off	off	on
15:00	on	off	on	on
16:00	on	on	on	on
17:00	on	on	on	on
18:00	on	on	on	on
19:00	on	on	on	on
20:00	on	on	on	on
21:00	on	on	on	on
22:00	off	off	on	on
23:00	off	off	on	on

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.28 resume los perfiles horarios de calefacción generados por medio del análisis de la moda horaria en los diez PDA de la zona centro sur de Chile. Los datos dan cuenta de un uso intermitente a lo largo del día caracterizado por dos periodos.

Para meses fríos los resultados indican que, la calefacción se inicia alrededor de las 06:00 de la mañana en días de semana y a las 07:00 horas en fines de semana, finalizando en ambos casos alrededor de las 09:00 horas. En las tardes el periodo de calefacción inicia a las 15:00 horas en días de semana y a las 16:00 horas en fines de semana; en ambos casos el termino se da a eso de las 22:00 horas.

Capítulo 4. Resultados

Por otra parte, los meses muy fríos no muestran diferencias entre los días de semana y fines de semana, pero si una mayor extensión horaria respecto a los meses fríos. El inicio se da a las 06:00 y el término a las 09:00 horas, mientras que en las tardes el periodo comprende desde las 14:00 horas hasta alrededor de las 00:00 horas. El diagrama puede verse más claramente por medio de la Figura 4.9.

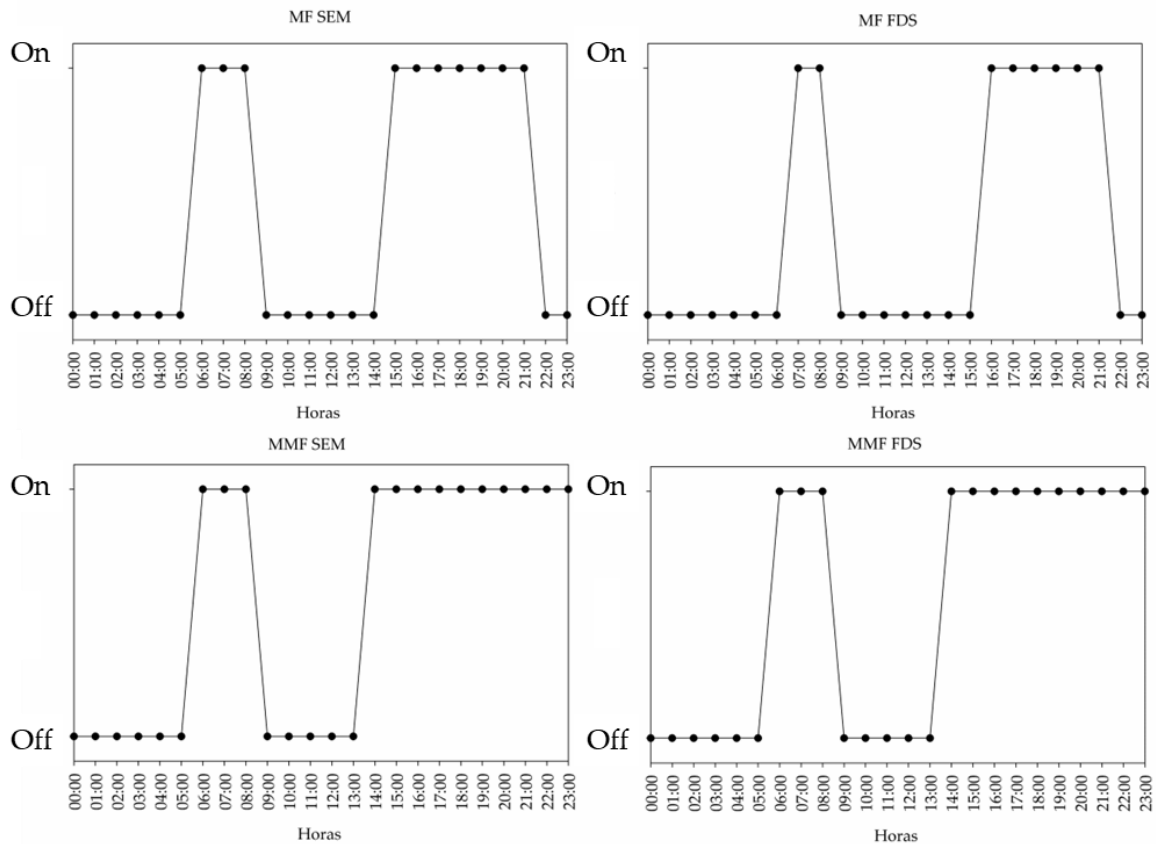


Figura 4.9. Diagrama sobre la moda horaria de perfiles de calefacción en zonas con PDA del centro sur de Chile.

Fuente: Elaboración propia

4.6. Validación

Los perfiles propuestos evidencian un comportamiento intermitente en el uso de la calefacción domiciliaria. Una de las causas que pueden justificar dicha situación es el comportamiento asociado a la ocupación residencial. Teniendo en cuenta esto se procedió a validar los perfiles propuestos mediante el análisis de la ocupación existente en una muestra de 40 viviendas pertenecientes a comunas del PDA de Concepción (zona 5).

Los datos fueron tabulados y con ellos se procedió a construir perfiles de ocupación para días de semana y fines de semana, posteriormente, estos datos fueron contrastados con los perfiles de

Capítulo 4. Resultados

calefacción desarrollados a partir del análisis de emisiones, lo que puede revisarse con más detalle en la Figura 4.10.

Los resultados muestran que existe bastante concordancia entre el uso de la calefacción y los cambios que se producen en la ocupación de las viviendas durante el día. En todos los perfiles los niveles más bajos de ocupación coinciden con los periodos de ausencia de calefacción.

Por otra parte, en las mañanas la reducción de la ocupación está relacionada por el comienzo de la jornada laboral y/o escolar. Esto conlleva que las viviendas requieran de un ambiente interior confortable mientras los ocupantes se preparan para salir. En las tardes, el incremento en los niveles de ocupación coincide con un uso más intensivo de la calefacción, al menos hasta alrededor de las 22:00 en los meses fríos y las 00:00 horas en los meses muy fríos. Finalmente, si bien los mayores niveles de ocupación se producen en las noches, la calefacción se ausenta en estas horas, lo que demuestra que la mayor parte de la población no tiene hábitos asociados a una calefacción nocturna en sus viviendas.

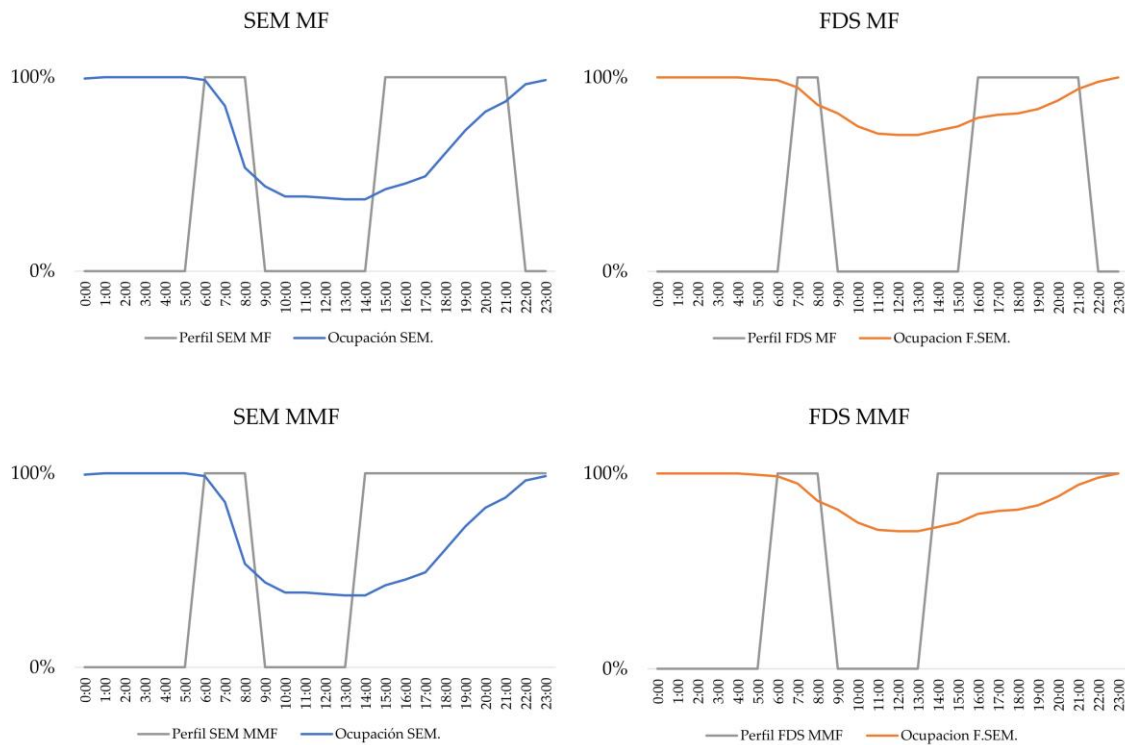


Figura 4.10. Perfiles de calefacción propuestos vs ocupación muestra de 41 viviendas.

Fuente: Elaboración propia

4.7. Revisión de perfiles

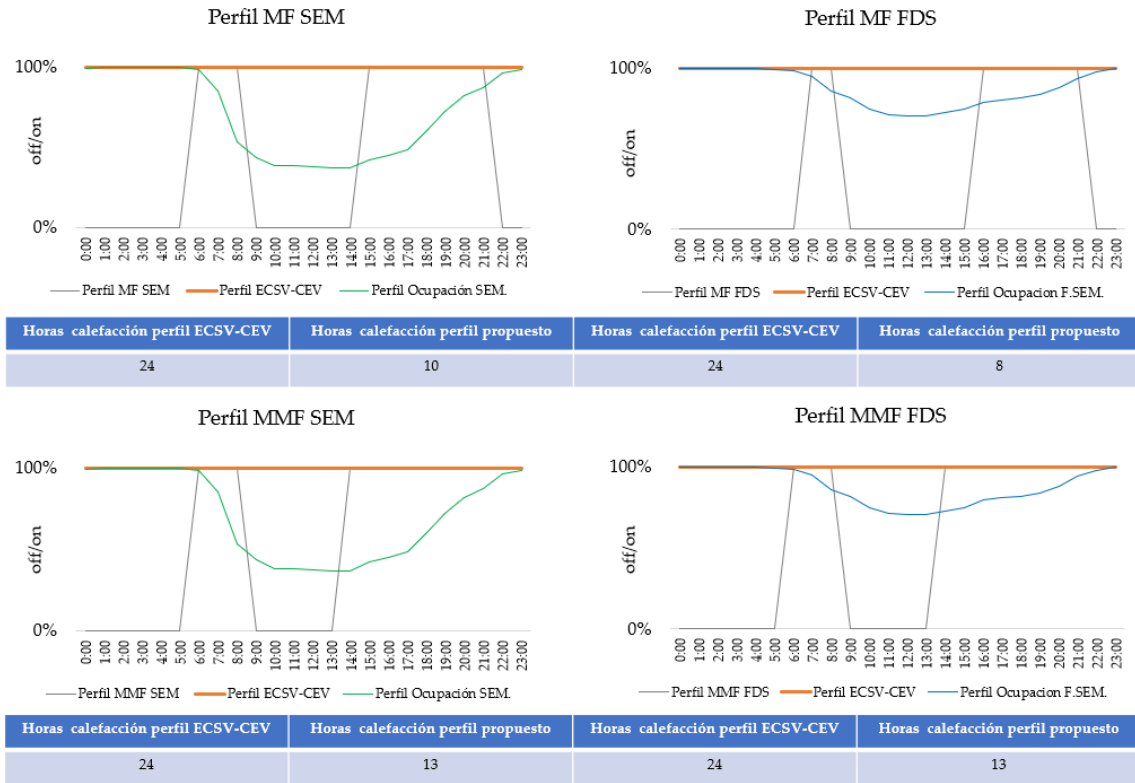


Figura 4.11. Perfiles propuestos vs criterio ECSV-CEV

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4.11 muestra la comparativa entre los perfiles propuestos para los cuatro escenarios y el perfil que surge del criterio de evaluación que emplean las metodologías de la CEV y los ECSV. En esta se aprecia que el perfil de calefacción derivado de los ECSV y la CEV, para los procesos de simulación energética, tiene en cuenta un uso de calefacción constante. Esto aplica mientras sea necesario para alcanzar el nivel de confort predefinido, además según se explica en sus metodologías es independiente del horario de uso real de las viviendas.

Al comparar ambos perfiles es posible establecer que en los perfiles para meses fríos (MF) el criterio de la CEV y los ECSV significa una diferencia de 14 y 16 horas en el uso de calefacción respecto al perfil propuesto en días de semana y fines de semana. Por su parte en los meses muy fríos (MMF), la diferencia es de 11 horas para los días de semana y fines de semana.

4.8. Discusión

En el presente trabajo se investigó el uso de registros de $MP_{2,5}$ provenientes de comunas con elevados niveles de contaminación en la zona centro sur de Chile, para la elaboración de perfiles de calefacción en viviendas sociales. Los principales resultados obtenidos indican que, las concentraciones más altas de emisiones se corresponden con los meses más fríos del año, y la ubicación geográfica de cada zona evaluada. En meses con temperaturas más altas se observó una disminución drástica de las emisiones en la mayor parte de las estaciones de monitoreo. Respecto a los perfiles desarrollados, los datos mostraron que, en las zonas evaluadas la mayor parte de la población mantiene un uso intermitente de la calefacción, tanto en días de semana como fines de semana. De acuerdo con la validación realizada, la intermitencia es concordante con los perfiles de ocupación en viviendas sociales, donde las horas de inicio para las actividades en las mañanas y el regreso en las tardes muestran ser los periodos donde se presentan los cambios en el uso de calefacción (encendido y apagado). Finalmente, se encontraron diferencias importantes entre los perfiles propuestos y los actuales criterios utilizados en los procesos de simulación energética en el país, parte de estos hallazgos son discutidos a continuación.

Varias son las publicaciones que abordan métodos para mejorar la precisión de los resultados asociados a la determinación de la demanda energética. La mayor parte de ellos, relaciona los perfiles de ocupación con los periodos de calefacción para establecer el desempeño del edificio, sin embargo, este tipo de análisis tiende a ser propio de edificios comerciales, escuelas y oficinas, por la relación directa entre los periodos de ocupación y los requerimientos energéticos de equipos y sistemas (C. Duarte et al., 2013; Wu et al., 2020). En viviendas se ha estudiado la determinación de los periodos de calefacción, pero basados en otras metodologías. Por ejemplo Shipworth et al. (2010) desarrolló un estudio en que la determinación de los patrones de calefacción se realizó mediante el análisis de los datos de encuestas aplicadas a hogares ingleses, sus resultados consideraron también la medición de temperaturas mediante sensores. En base a ello, se estimó un periodo de calefacción promedio de 8,2 horas en días de semana y 8,4 horas en fines de semana. Por su parte Kane et al. (2015), profundizó en los datos de temperatura ambiente del periodo 2009-2010, sus resultados mostraron que en el 51% de las viviendas, se observaba un patrón doble de calefacción (mañana -tarde/noche), mientras que el 31% mostró un patrón único, sus datos no mostraron diferencias evidentes entre los patrones para días de semana y fines de semana, pero si se observó que el patrón individual era más común en viviendas con ocupantes jubilados o que no trabajaban. Por otro lado, sus datos indicaron que el

Capítulo 4. Resultados

patrón doble tenía la mediana de sus datos entre 06:00 y 09:00 horas en la mañana y de 15:00 a 22:00 horas en la tarde/noche. Por su parte, el patrón único se identificó entre las 07:00 y 23:00 horas. Los trabajos de los autores antes mencionados, forman parte de una serie de estudios elaborados en Reino Unido durante los últimos años. En general, se puede apreciar que los resultados de estos estudios se asemejan bastante a los obtenidos en la presente investigación, donde el incremento y disminución de las emisiones dieron lugar a perfiles con dos periodos de calefacción (mañana y tarde/noche). Esto resulta coincidente con lo planteado por Hanmer et al. (2019), respecto a que en Reino Unido la calefacción funciona comúnmente en forma intermitente, manteniéndose apagada en los periodos de sueño y de ausencia de personas en las viviendas.

Por otro lado, la cantidad de horas en que se contempla calefacción, si bien muestra algunas diferencias, estas son bastante menores. Mientras el perfil derivado del análisis a los PDA varía entre las 8 y 13 horas según cual sea el periodo analizado, los datos de los estudios en Reino Unido muestran una variación que va desde las 8,2 a las 15 horas. Esto resulta más realista, en comparación al criterio de los ECSV y la CEV que tienen en cuenta las 24 horas del día; condición difícil de cumplir si se considera que al menos el 50% de la población del país se ubica en los dos segmentos socioeconómicos más bajos (In-Data SpA & CDT, 2019a). Esto hace más probable encontrar hogares con algún grado de pobreza energética, lo que resulta relevante puesto que, tanto los ECSV como la CEV establecen porcentajes de ahorro que pueden verse afectados, debido a que tal como indican Galvin & Sunikka-Blank (2016), los hogares pobres por lo general no consumen la energía requerida para alcanzar el confort térmico.

En Reino Unido a diferencia de Chile, los análisis de rendimiento energético son realizados mediante el modelo SAP (Standard Assessment Procedure), una versión simplificada del modelo energético doméstico BRE (BREDEM). Los perfiles planteados en esta herramienta muestran mayor coincidencia con los estudios realizadas en Reino Unido y en cierto modo también con la presente investigación.

Lamentablemente, no se encontraron estudios a nivel nacional que profundizaran en propuestas para nuevos perfiles de calefacción asociados a los procesos de simulación energética, lo que puede deberse a lo reciente que son estos temas en el país.

Los perfiles desarrollados entregan una alternativa para cubrir el vacío asociado a los hábitos reales de calefacción de una parte importante de la población del país (viviendas sociales). Grupo

Capítulo 4. Resultados

altamente susceptible a los análisis de desempeño energético en la actualidad, ya que, mediante ellos se resuelven decisiones del diseño y se justifica la utilización de recursos públicos.

Finalmente, es necesario mencionar algunas limitaciones. El estudio tomó en cuenta bastante información levantada por fuentes externas, los datos de concentraciones provienen de registros del SINCA por lo que el investigador no tuvo oportunidad de conocer el procedimiento de obtención, o bien información asociada a la calibración de los equipos, no obstante, en la primera etapa de la investigación se revisaron los registros para descartar variables que pudiesen alterar la representatividad de los datos, además por lo general se consideraron los promedios de más de una estación de monitoreo, lo que ayuda a reducir la influencia de cualquier alteración en el ambiente producto de otras causas. Otra limitación está asociada a la cantidad de zonas evaluadas. Si bien se levantaron datos de todas las zonas con PDA, no todas ellas presentaban alguna estación de monitoreo, situación que se dio mayoritariamente en las comunas de la zona más central del país. Finalmente, otro aspecto a mencionar, es que la validación fue realizada con datos de comunas pertenecientes a un solo PDA (Zona 5 Concepción), puesto que, solo de ellas se tenían registros de encuestas a viviendas. En este sentido, los registros de ocupación medidos en la semana (ver Figura 4.10) no difieren mayormente respecto del perfil de ocupación horaria descrito en la CEV, pero sí en los fines de semana, ya que la CEV entrega solamente un perfil (ver Figura 2.6). Estos son aspectos que podrían ser abordados en futuras investigaciones, mediante el levantamiento de la ocupación en otras zonas que permitan discutir sobre la necesidad de generar un perfil de ocupación diferenciado para días de semana y fines de semana. Además, si bien el análisis fue desarrollado para viviendas sociales, es posible verificar su aplicabilidad en viviendas de otros grupos de la población, puesto que los registros de emisiones utilizados como fuente de información, tienen incorporado el aporte de todas las viviendas que utilizan leña como energético.

Capítulo 5. Conclusiones

En la presente investigación se han establecido perfiles de calefacción para viviendas sociales de la zona centro sur de Chile mediante los registros de monitoreo ambiental, esto en conjunto a los demás objetivos desarrollados, permite validar la hipótesis propuesta. Estos perfiles son una alternativa aplicable dentro de los procesos de simulación energética, sobre todo cuando los criterios recomendados en otras guías e instrumentos no consiguen reflejar los patrones de calefacción de ciertos grupos de la población; por ejemplo, la de bajos ingresos. Gran parte de la información utilizada para construir los modelos de simulación proviene de normas u otros documentos de base teórica. Los perfiles de calefacción no son la excepción, puesto que, para una mayor representatividad de ellos, es necesario levantar información que muchas veces resulta difícil de conseguir por los recursos involucrados en el proceso.

Para hacer frente a la falta de información necesaria para la elaboración de los perfiles, el estudio recurrió a los registros de emisiones. En este sentido la revisión de información proveniente del SINCA fue un paso fundamental para obtener los datos necesarios para la realización del estudio, la clasificación de los datos por otro lado, permitió descartar aquellos registros anómalos o poco representativo de los criterios de inclusión definidos inicialmente.

El análisis realizado a los registros de emisiones mensuales mediante la comparación de la mediana de sus datos, evidencio que la mayor parte de las concentraciones se producen en los meses de otoño, invierno e inicio de primavera. Los meses de verano presentaron los registros más bajos del año, no obstante, en la zona de Concepción la diferencia con los meses de invierno fue menos evidente que en las demás zonas. En base a ello, se infirió que es la zona con la contaminación de fondo más alta, pese a tener los registros promedios anuales más bajos de todos los PDA, sin embargo, el resultado es concordante al tener en cuenta la influencia de la industria en ciertas comunas que lo conforman.

Mediante la evaluación de los registros mensuales se evidenció un comportamiento claro respecto a los meses con mayor dependencia del uso de calefacción, algunas de ellas con periodos algo más extensos que otras, producto de sus condiciones climáticas, no obstante, en términos generales su extensión contempló entre 6 y 8 meses. Dado que la extensión es amplia, uno de los principales

Capítulo 5. Conclusiones

aportes del estudio fue dividir el periodo de calefacción mensual en dos perfiles, a fin de lograr una mayor representatividad de los patrones de calefacción en el año.

Respecto a las distribuciones horarias, la revisión de sus resultados mostró que el incremento en las concentraciones se produce mayoritariamente en dos periodos del día, en las mañanas y en la tarde/noche. El comportamiento es similar en todas las zonas evaluadas, no obstante, la duración de cada periodo presentó ciertas diferencias entre ellas. Para conseguir el objetivo planteado, las diferencias entre los patrones horarios de cada localidad fueron resueltos analizando la moda horaria con datos de las diez zonas evaluadas. Esto permitió reducir el trabajo final a cuatro perfiles, compuestos por dos según la época del año (meses fríos y meses muy fríos), y dos según sus días de la semana (semana y fines de semana).

En relación al proceso de validación, los resultados del estudio mostraron que en viviendas sociales el perfil de ocupación es concordante con los perfiles de calefacción propuestos. Esto se evidencia al observar que las horas donde se producen cambios en las concentraciones coinciden con aquellas donde las viviendas ven reducidas o aumentada su carga de ocupación.

Finalmente, la revisión de los criterios aplicados en las principales guías o instrumentos para los procesos de simulación energética mostró diferencias importantes respecto a los perfiles propuestos.

Los resultados planteados de este estudio permiten extraer algunas conclusiones importantes a destacar. La primera es constatar que la información disponible en la red de monitoreo ambiental del SINCA es una fuente valiosa para la elaboración de perfiles de calefacción en el país, además estos registros brindan la oportunidad de aprovecharse de un problema como lo son los elevados niveles de contaminación para resolver la falta de información de base real, sobre los patrones de calefacción de la población nacional.

Otro resultado que merece la pena resaltar es que los perfiles propuestos difieren bastante de los criterios de evaluación energética utilizados en la actualidad. Tanto los ECSV como la CEV plantean una condición de calefacción permanente en las viviendas que resulta muy difícil de alcanzar, lo que se ve reflejado en las distribuciones de emisiones horarias y, por ende, también en los perfiles propuestos. Este es un aspecto que debiese ser revisado por los organismos encargados, puesto que, estas diferencias pueden conducir a una sobreestimación de los ahorros energéticos en ciertos grupos de la población. Dado que los estándares y lineamientos asociados a los procesos de evaluación

Capítulo 5. Conclusiones

energética están en constante actualización, se propone tener en cuenta el método basado en el estudio de los registros de emisiones, como una alternativa para abordar el vacío de información existente.

Finalmente, las conclusiones también señalan que existe la posibilidad de aplicar los perfiles de calefacción desarrollados en viviendas de otros contextos socioeconómicos, lo que podría realizarse en futuras investigaciones.

Referencias bibliográficas

- Adha, R., Hong, C. Y., Firmansyah, M., & Paranata, A. (2021). Rebound effect with energy efficiency determinants: a two-stage analysis of residential electricity consumption in Indonesia. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.019>
- Barría, R. M., Calvo, M., & Pino, P. (2016). Contaminación intradomiciliaria por material particulado fino (MP2,5) en hogares de recién nacidos. *Revista Chilena de Pediatría*, 87(5), 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2016.04.007>
- Bianchi, C., Zhang, L., Goldwasser, D., Parker, A., & Horsey, H. (2020). Modeling occupancy-driven building loads for large and diversified building stocks through the use of parametric schedules. *Applied Energy*, 276(March), 115470. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115470>
- Chong, A., Gu, Y., & Jia, H. (2021). Calibrating building energy simulation models: A review of the basics to guide future work. *Energy and Buildings*, 253, 111533. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111533>
- CITEC-UBB; DECON-UC; MOP. (2016). *TDRé, Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios*.
- CITEC-UBB. (2018). *Manual de control de la condensación del gran Concepción* (pp. 1–40).
- CITEC -UBB & DECON-UC. (2014). *Proyecto Financiado Por*. www.cdt.cl
- Ciudades más contaminadas del mundo en 2020: Ranking PM2.5 | AirVisual*. (s. f.). Recuperado 7 de marzo de 2022, de <https://www.iqair.com/es/world-most-polluted-cities?continent=&country=&state=&page=1&perPage=50&cities=>
- Comisión Nacional de Energía. (2019). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ENERGÍA 2019 Chile*. <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas/>
- Cuerda, E., Guerra-Santin, O., Sendra, J. J., & Neila, F. J. (2020). Understanding the performance gap in energy retrofitting: Measured input data for adjusting building simulation models. *Energy and Buildings*, 209, 109688. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109688>
- De Wilde, P. (2014). The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. *Automation in Construction*, 41, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.009>
- Desvallées, L. (2022). Low-carbon retrofits in social housing: Energy efficiency, multidimensional energy poverty, and domestic comfort strategies in southern Europe. *Energy Research and Social Science*, 85(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102413>
- Dorokhova, M., Ballif, C., & Wyrsh, N. (2020). Rule-based scheduling of air conditioning using occupancy forecasting. *Energy and AI*, 2, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2020.100022>
- Duarte, C., Van Den Wymelenberg, K., & Rieger, C. (2013). Revealing occupancy patterns in an office building through the use of occupancy sensor data. *Energy and Buildings*, 67, 587–595. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.08.062>
- Duarte, R., Miranda-Buetas, S., & Sarasa, C. (2021). Household consumption patterns and income inequality in EU countries: Scenario analysis for a fair transition towards low-carbon economies. *Energy Economics*, 104, 105614. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105614>

Referencias Bibliográficas

- Ekström, T., Burke, S., Wiktorsson, M., Hassanie, S., Harderup, L. E., & Arfvidsson, J. (2021). Evaluating the impact of data quality on the accuracy of the predicted energy performance for a fixed building design using probabilistic energy performance simulations and uncertainty analysis. *Energy and Buildings*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111205>
- Escandón, R., Suárez, R., & Sendra, J. J. (2017). On the assessment of the energy performance and environmental behaviour of social housing stock for the adjustment between simulated and measured data: The case of mild winters in the Mediterranean climate of southern Europe. *Energy and Buildings*, 152, 418–433. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.063>
- Fulzele, R., Fulzele, V., & Dharwal, M. (2021). Mapping the impact of COVID-19 crisis on the progress of sustainable Development Goals (SDGs) - a focus on global environment and energy efficiencies. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.517>
- Galvin, R., & Sunikka-Blank, M. (2016). Quantification of (p)rebound effects in retrofit policies - Why does it matter? *Energy*, 95, 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.034>
- Galvin, R., & Sunikka-Blank, M. (2018). Economic Inequality and Household Energy Consumption in High-income Countries: A Challenge for Social Science Based Energy Research. *Ecological Economics*, 153(January), 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.07.003>
- Guyot, D., Giraud, F., Simon, F., Corgier, D., Marvillet, C., & Tremeac, B. (2020). Building energy model calibration: A detailed case study using sub-hourly measured data. *Energy and Buildings*, 223, 110189. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110189>
- Hanmer, C., Shipworth, M., Shipworth, D., & Carter, E. (2019). How household thermal routines shape UK home heating demand patterns. *Energy Efficiency*, 12(1), 5–17. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9632-x>
- Huo, T., Cai, W., Zhang, W., Wang, J., Zhao, Y., & Zhu, X. (2021). How does income level impact residential-building heating energy consumption? Micro-level evidence from household surveys. *Environmental Impact Assessment Review*, 91(April), 106659. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106659>
- IEA. (2021a). Energy Efficiency Market Report. *Iea*, 1–12. <https://webstore.iea.org/download/direct/4259>
- IEA. (2021b). *Heating - Fuels & Technologies - IEA*. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/heating>
- In-Data SpA & CDT. (2019a). Informe Final Uso de la Energía Hogares Chile 2018. En *Diciembre 2019*. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf
- In-Data SpA & CDT. (2019b). *Resumen ejecutivo de usos de la energía de los hogares Chile 2018*.
- INE. (2017). *Descargue aquí resultados de comunas – Censo 2017*. <http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/>
- IQAir. (2020). 2020 World Air Quality Report: Region & City PM2.5 Ranking. *IQAir, August, 2020*, 1–41. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2020-en.pdf> Aonline air quality information platform

Referencias Bibliográficas

- Jin, H., & Zhao, J. (2021). Real-time energy consumption detection simulation of network node in internet of things based on artificial intelligence. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44(July 2020), 101004. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101004>
- Kane, T., Firth, S. K., & Lomas, K. J. (2015). How are UK homes heated? A city-wide, socio-technical survey and implications for energy modelling. *Energy and Buildings*, 86, 817–832. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.011>
- Karakosta, C., Mylona, Z., Karásek, J., Papapostolou, A., & Geiseler, E. (2021). Tackling covid-19 crisis through energy efficiency investments: Decision support tools for economic recovery. *Energy Strategy Reviews*, 38(November). <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100764>
- Kleiminger, W., Mattern, F., & Santini, S. (2014). Predicting household occupancy for smart heating control: A comparative performance analysis of state-of-the-art approaches. *Energy and Buildings*, 85, 493–505. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.046>
- Ministerio de Energía. (2021). *Ley y Plan de Eficiencia Energética* | Ministerio de Energía. <https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Estándares de Construcción Sustentable para viviendas de Chile. Tomo II Energía. En *Nuevos sistemas de comunicación e información*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2019). *Manual de procedimientos calificación energética de viviendas en Chile*.
- Pallikere, A., Qiu, R., Delgoshaei, P., & Negahban, A. (2020). Incorporating occupancy data in scheduling building equipment: A simulation optimization framework. *Energy and Buildings*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109655>
- Pérez-Fargallo, A., Pulido-Arcas, J. A., Rubio-Bellido, C., Trebilcock, M., Piderit, B., & Attia, S. (2018). Development of a new adaptive comfort model for low income housing in the central-south of Chile. *Energy and Buildings*, 178, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.030>
- Rau, H., Moran, P., Manton, R., & Goggins, J. (2020). Changing energy cultures? Household energy use before and after a building energy efficiency retrofit. *Sustainable Cities and Society*, 54(December 2019), 101983. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101983>
- Scheer, J., Clancy, M., & Hógáin, S. N. (2013). Quantification of energy savings from Ireland's Home Energy Saving scheme: An ex post billing analysis. *Energy Efficiency*, 6(1), 35–48. <https://doi.org/10.1007/s12053-012-9164-8>
- Schueftan, A., & González, A. D. (2015). Proposals to enhance thermal efficiency programs and air pollution control in south-central Chile. *Energy Policy*, 79, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.008>
- Shipworth, M., Firth, S. K., Gentry, M. I., Wright, A. J., Shipworth, D. T., & Lomas, K. J. (2010). Central heating thermostat settings and timing: Building demographics. En *Building Research and Information* (Vol. 38, Número 1). <https://doi.org/10.1080/09613210903263007>
- Sunikka-Blank, M., & Galvin, R. (2012). Introducing the prebound effect: The gap between performance and actual energy consumption. *Building Research and Information*, 40(3), 260–273. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.690952>
- Tianzhen, H., Langevin, J., & Sun, K. (2018). 14. Building simulation: Ten challenges Article History. *Building Simulation*, 871–898. <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0444-x>

Referencias Bibliográficas

- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118.
<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>
- Ueno, T., & Meier, A. (2020). A method to generate heating and cooling schedules based on data from connected thermostats. *Energy and Buildings*, 228, 110423.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110423>
- World Health Organization. (2016). *Ambient air pollution*. 9789241511353, 121.
- Wu, W., Dong, B., Wang, Q. (Ryan), Kong, M., Yan, D., An, J., & Liu, Y. (2020). A novel mobility-based approach to derive urban-scale building occupant profiles and analyze impacts on building energy consumption. *Applied Energy*, 278(July), 115656.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115656>

Anexo A